



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

---

---

**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**“ÍNDICES DE INCENDIOS FORESTALES”**

**TRABAJO MONOGRÁFICO  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTA**

**ALFONSO QUETZALCOATL CARBAJAL PEREZ**

**DIRECTOR**

**ING. JOSÉ LUÍS GUEVARA FRANCO**

Ø59551



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISION DE CIENCIAS E INGENIERIA**

---

Chetumal, Quintana Roo, Septiembre 2008

**Lic. Cristina Caamal**  
**Jefa del Área de Titulación**

Por este medio se notifica que el trabajo Monográfico que lleva por título "Incendios Forestales" realizado por el alumno **Alfonso Quetzalcoatl Carbajal Perez**, se revisó y aprobó por el siguiente comité de supervisión, como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

---

**I.Q. José Luis Guevara Franco**

---

**Biol. Laura Patricia Flores Castillo**

---

**M.C. Juan Carlos Ávila Reveles**

## **Dedicatoria y Agradecimientos**

Este trabajo sólo es el fin y el inicio de un largo período de esfuerzos interminables...

Evitaré con esta dedicatoria caer en el olvido de alguien quien haya contribuido a la culminación de este trabajo y no sea mencionado, por ello, simplemente dedico a Dios y su creación Universal el fruto final de un momento tan fantástico dentro de mi vida.

A todas las personas que han ocupado y compartido un momento de apoyo en esta carrera profesional, dentro y fuera de la Universidad de Quintana Roo, le agradezco sus consejos. Al tan valioso cuerpo docente, y a los compañeros con los cuales nos fortalecemos a cada momento en nuestro caminar incesante por la vida.

En lo personal, a mi fuerza y mi centro que me acompaña, motiva y guía con su luz de amor, también a mi padre, madre y a mi hermana.

En especial, a mis padres Universitarios Guevara y Familia, que me fueron guiando paso a paso.

Prof. Juan Carlos por su incomparable apoyo incondicional, con el cual compartimos triunfos y esfuerzos de aprendizaje, (por no llamarlos fracasos) durante estos inolvidables cinco años.

A la oportunidad que tuve de representar en Consejo Universitario a la División de Ciencias e Ingeniería, experiencia que me ha permitido tener una visión más amplia en el acontecer real de la toma de decisiones y las relaciones humanas dentro de parámetros de educación, burocracia y etiqueta Universal.

Ya que nunca lo había visto de esta forma, no sólo agradezco a las personas sino a los equipos y los demás elementos que hacen posible que el aprendizaje siga adelante; dentro de las más relevantes, hablo de mi computadora y la maravilla llamada Internet, la cual, fuera de toda la contracción que atenta contra nuestros tradicionales libros, también hay que reconocer que acelera mucho los procesos de búsqueda de información.

Bajo este argumento cabe señalar que el nuevo aprendizaje, creo, debe basarse más en la práctica, la cual con su naturaleza tangible y lúdica nos da, a mi parecer, mayores elementos de cotidiana utilidad.

A las paredes, pisos y aires acondicionados que en aras de la modernidad y el confort, siguen dañando cada día mas nuestra tierra.

Entrando en tema: "En cada incendio, algo nuestro se quema" no puedo dejar de agradecer a los hombres y mujeres que con su vida le han dado un valor diferente a los pulmones de nuestra naturaleza, los valerosos e intrépidos combatientes del fuego en los incendios forestales.

**Trabajo Monográfico:**  
**Índices de incendios forestales.**

**Presenta:**  
**Alfonso Quetzalcoatl Carbajal Perez**

**Comité de supervisión:**  
**Ing. José Luís Guevara Franco**  
**Biol. Laura Patricia Flores Castillo**  
**M.C. Juan Carlos Ávila Reveles**

**Septiembre de 2008**

<b>Índice</b>	<b>Pág.</b>
Resumen.....	4
Justificación.....	4
Metodología.....	5
<b>Capítulo I</b>	
<b>Los incendios forestales</b>	
1.1.- Descripción general de los incendios forestales.....	6
1.2.- Tipos de incendios forestales.....	6
1.3.- Factores de riesgo para que se presente un incendio forestal.....	7
1.4.- Combustibles.....	10
1.5.- Causas que originan los incendios forestales.....	12
1.6.- Consecuencias de un Incendio Forestal .....	14
1.7.- Pérdidas a causa de los incendios forestales.....	16
1.8.- Un panorama Global.....	16
1.8.1.- Panorama Mexicano.....	17
1.8.2.- Panorama en el Estado de Quintana Roo.....	17
1.9.- Efectos en la superficie forestal después del paso de fenómenos meteorológicos.....	20
1.10.- Incendios forestales en el año 2008.....	20
<b>Capítulo II</b>	
<b>Índices de riesgo para la prevención de incendios forestales</b>	
2.1.- Índices de incendio forestal.....	21
2.2.- Descripción de Los principales índices de incendio Forestal	
2.2.1.- Índice de Nesterov.....	22
2.2.2.- Índice de Telysin.....	23
2.2.3.- Índice de Monte Alegre.....	23
2.2.4.-Índice de peligro Francés.....	25
2.2.5.- Índice de peligro de propagación de incendios forestales, desarrollado por Rodríguez y Moretti.....	25
2.2.6.- Sistema de evaluación de peligro de incendios de los Estados Unidos.....	27
2.2.7.- Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro de Incendio Forestal.....	29
2.2.8.- Índices de incendio forestal en México.....	32
2.2.8.1.- Índice de humedad del combustible ligero.....	32
2.2.8.2.- Índice de humedad del humus.....	32
2.2.8.3.- Índice de propagación.....	32
2.2.8.4.- Índice de consumo.....	32

2.3 Detección de Incendios Forestales.....	33
--	----

**Capítulo III**  
**Políticas de prevención**

3.1.- Políticas de prevención a nivel Mundial.....	35
3.2.- Políticas Nacionales.....	38
3.3.-Políticas Estatales.....	39

**Capitulo IV**

Conclusiones y recomendaciones .....	40
--------------------------------------	----

<b>Bibliografía</b> .....	41
---------------------------	----

**Anexos**

Anexo num. 1 Comparativo estadístico nacional del número de incendios forestales y superficie afectada, 1998 a 2007.....	46
--	----

Anexo num. 2 Entidades federativas con mayor superficie afectada por incendios forestales, 2006.....	48
--	----

Anexo num. 3 Número de incendios forestales y superficie afectada por entidad federativa, 2007.....	49
---	----

## Resumen

Los incendios forestales son una de las principales causas de deforestación en México y dado el valor que en nuestro país representa la cobertura vegetal, los incendios forestales son una amenaza grave cuando se salen de control. Año tras año, la frecuencia del impacto de desastres naturales sobre las poblaciones ha aumentado, ya sea por el "cambio climático" o por el acelerado crecimiento de la población que habita zonas de riesgo, tanto que los efectos son mayores y los daños han aumentado considerablemente desencadenando muchas reacciones secundarias. Si bien es difícil controlar totalmente un incendio, existen alrededor del mundo herramientas conocidas como "índices" que funcionan para la prevención, mitigación y el cálculo del daño de estos eventos. Este trabajo monográfico presenta los principales índices de incendios forestales, destacando los índices de: Nesterov, Tellysin, Monte Alegre, de peligro Francés, Rodríguez y Moretti, así como el Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro de Incendio Forestal, sobre el cual está basado el Índice de incendio forestal Mexicano. Quintana Roo debido a su ubicación geográfica, está expuesto a una temporada anual de huracanes entre los meses de junio a noviembre, y en promedio se tiene la incidencia de 8 huracanes por año (Bitrán, 2001). A manera de conclusión se puede estimar que el daño de un incendio forestal, en el estado de Quintana Roo, aumenta tras el paso de huracanes debido a la cantidad excesiva de combustible disponible, y que los meses más propensos para que se presenten incendios forestales de manera masiva son marzo, abril y mayo debido a la escasa precipitación pluvial, y que mediante el uso del índice mexicano y la detección satelital el sistema de control de incendios, en nuestra región, es eficaz.

## **Justificación**

Los incendios representan el principal peligro natural que amenaza los ecosistemas. Se estima que cada año se queman en el mundo: De 10 a 15 millones de hectáreas de bosques boreales y de zonas templadas; de 20 a 40 millones de hectáreas de bosques tropicales, y de 500 a 1000 millones de hectáreas de sabanas y bosques claros, tanto tropicales como subtropicales.(Arnaldos et al, 2004).

En los años caracterizados por graves y prolongadas sequías se duplican las superficies afectadas por los incendios. Esto sucede incluso en las zonas con un clima tropical húmedo, como la cuenca amazónica. Ya que las consecuencias como smog denso, problemas de salud humana, destrucción de los recursos ecológicos, desplazamiento de la población y pérdidas de vidas humanas son muy graves, los gobiernos han incluido dentro de sus políticas nacionales la consideración de este tipo de Fenómenos, desarrollando herramientas que les ayudan a tener un mejor conocimiento en materia de prevención y combate.

Quintana Roo por su ubicación Geográfica está constantemente expuesto al enviste de huracanes, los cuales provocan grandes daños a la cobertura vegetal, la cual se va transformando en combustible para los incendios forestales aumentando su intensidad y magnitud. Es por esta razón que se deben realizar estudios más precisos acerca de las relaciones directas entre ciclones e incendios forestales.

## **Metodología**

Para la elaboración de este trabajo monográfico, se analizaron reportes técnicos y diagnósticos presentados en eventos internacionales, se hicieron búsquedas en Internet, se establecieron contactos con especialistas y se llevó a cabo una investigación bibliográfica y estadística.

## **Capítulo I**

### **Los incendios forestales**

#### **Resumen del Capítulo**

Se realiza una descripción amplia de los incendios forestales, se recopilan datos acerca del estado de Quintana Roo sobre la cantidad y magnitud de incendios en el periodo de 1999-2006 para compararlos tras la temporada de huracanes, se da un pequeño panorama actual donde se considera el peligro de incendios forestales para el año 2008 en este estado.

#### **1.1.- Descripción general de los incendios forestales**

El fuego desempeña un importante factor dentro del ciclo vital de los ecosistemas forestales que, al igual que otros fenómenos naturales, frecuentemente se convierte en problema a partir de la intervención humana (CONAFOR, 2006). Para que se inicie un incendio deben existir tres elementos básicos: una fuente de calor, el oxígeno del aire y algún elemento combustible. La formación de un fuego se inicia cuando una fuente de calor calienta un combustible, cuyo proceso produce gases que, en combinación con el oxígeno del aire, inician el proceso de ignición (Navarrete, 2007).

La Comisión Nacional Forestal CONAFOR define de dos formas a los incendios forestales. La primera nos dice que un incendio forestal es la propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación en los bosques, selvas y zonas áridas y semiáridas. En este contexto el fuego es la liberación y desprendimiento de energía en forma de luz y calor producido por la combustión de vegetación forestal cuya ignición no estaba prevista, lo que obliga a realizar su extinción. Bajo este concepto están sustentados los programas de control de incendios.

La segunda definición plantea que un incendio forestal es un fuego causado en forma natural, accidental o intencional debido al cual se afectan, de manera imprevista, combustibles naturales situados en áreas boscosas, sin embargo en esta definición no existe ningún compromiso para controlar estos eventos.

#### **1.2.- Tipos de incendios forestales**

Existen tres tipos de incendios, determinados básicamente por el tipo de combustible que se quema: (CONAFOR, 2006)

1. **Incendio superficial.** En este tipo el fuego se propaga en forma horizontal sobre la superficie del terreno, afectando combustibles vivos y muertos, compuestos por pastizales, hojas, ramas, ramillas, arbustos o pequeños árboles de regeneración natural o plantación, troncos y humus entre otros que se encuentran desde la superficie del suelo y hasta 1.5 metros de altura. Son los incendios más comunes en México (90%).
2. **Incendio subterráneo.** El fuego se inicia en forma superficial, propagándose bajo el suelo mineral debido a la acumulación y compactación de los combustibles, así como por su aglomerado en los afloramientos rocosos en donde se encuentran mantillo, raíces, hojas y otros materiales vegetales. Por lo general no produce llama y emite poco humo. Aunque no son muy comunes (menos de 2% de los incendios en nuestro país), cuando se presentan son peligrosos y difíciles de controlar.
3. **Incendio de copa o aéreo.** En estos incendios el fuego consume la totalidad de la vegetación, son muy destructivos, peligrosos y muy difíciles de controlar. Se inician en forma superficial, transformándose en uno de copa o aéreo debido a la continuidad vertical de los combustibles del suelo hacia las copas de los árboles, se presentan con fuertes vientos y en lugares de pendientes muy pronunciadas, por lo que su propagación es tanto de copa en copa de los árboles como en la vegetación superficial. Estos incendios dañan severamente al ecosistema donde se presentan. En México son menos del 8%.

La ocurrencia de incendios forestales y su potencial de destrucción, así como la dificultad para controlarlos y extinguirlos, tiene relación directa con la existencia y particularidades de una serie de factores de riesgo.

### **1.3.- Factores de riesgo para que se presente un incendio forestal**

Los factores de riesgo para que se presente un incendio forestal se clasifican en dos grandes tipos **permanentes y transitorios**.

**Los Transitorios** están en cambio constante, y son los factores meteorológicos como la Temperatura, Humedad relativa, Velocidad, Dirección del viento y la Precipitación pluvial (lluvias), lo que definen el riesgo de incendio.

**Los permanentes** no varían continuamente, sino que permanecen estables durante periodos más o menos largos, por lo que su influencia es constante y dependen de las especies vegetales, la topografía y la composición de los combustibles.

A continuación se describe más detalladamente cada una de estas variables para su mejor comprensión en la influencia de un incendio forestal.

## **Temperatura**

Esta variable afecta el comportamiento del fuego acelerando el secado y la disponibilidad de los combustibles, aumentando la probabilidad de ignición, la ocurrencia de focos secundarios y la inflamabilidad a través de la liberación de sustancias volátiles de la vegetación. Las diferencias de temperatura entre superficies afectan la intensidad, la velocidad y la dirección de propagación y la altura de la llama, entre otros parámetros de comportamiento. Asimismo, la exposición, la altura y la proximidad del agua tienen una estrecha incidencia con esta variable. Las superficies cercanas al agua poseen menor inversión térmica.

## **Humedad Relativa**

El contenido de humedad del aire afecta directamente la disponibilidad de los combustibles y el contenido de humedad de los mismos. Por este motivo una disminución de la humedad relativa está asociada con un mayor peligro de ignición y de focos secundarios, aunque también tiene importancia en la intensidad y en la velocidad de propagación. Menor humedad relativa en el ambiente inducirá a una mayor tasa de secado de los combustibles, incrementando el peligro de incendios. Asimismo, esta variable se encuentra relacionada con la temperatura. La relación establecida es que a mayor temperatura habrá una menor humedad relativa. Generalmente, la mínima humedad relativa se produce a la hora de máxima temperatura.

## **Velocidad y dirección del Viento**

El viento es una de las variables que más influyen sobre el desarrollo de un incendio. Las variaciones espaciales y temporales del viento pueden ser muy bruscas. Estas diferencias de velocidad y dirección, que pueden ocurrir en períodos muy cortos de tiempo y entre áreas muy cercanas, se ven afectadas por la topografía y la vegetación circundante. Un aumento en la velocidad del viento acelera el proceso de secado de los combustibles, acelera la provisión de oxígeno favoreciendo la combustión y el precalentamiento de los combustibles próximos a las llamas. Asimismo, dicho aumento modifica la dirección y velocidad de propagación y transporta el material inflamado hacia zonas donde es posible que se generen focos secundarios.

## Precipitaciones

La cantidad, distribución e intensidad de la precipitación a lo largo del año son factores condicionantes del comienzo, final, duración e intensidad de la temporada de incendios. Períodos prolongados de sequía crean condiciones apropiadas para la ignición y una rápida velocidad de propagación, Generalmente el combustible es el factor principal que determina si se inicia o no un incendio, así como la dificultad para controlarlo y la probabilidad de su comportamiento extremo o irregular.

## Especies vegetales

Existen especies que contribuyen a detener el avance del fuego debido a que su hábitat les permite retener humedad ya sea en el suelo, en sus tejidos o por su composición química. Por ejemplo las especies del género *Quercus* (la encina, el roble, etc.) o los enebros están más adaptadas al fuego, lo resisten mejor y se regeneran con más facilidad; el Eucalipto comparado con el pino, posee un riesgo menos frecuente pero más intenso. Su intolerancia a las malezas lleva a mantener limpio el monte en sus primeros años, no obstante, el daño que puede sufrir es mayor que el Pino debido a su delgada corteza y en consecuencia, la afectación puede ser mucho mayor.

El Pino es considerado como la especie más riesgosa, la resistencia a las malezas hace que no se realicen tareas de erradicación de las mismas, por ello, los montes de pinos tienen más combustible abajo en comparación con los montes de eucaliptos. Los incendios de copa pueden destruir la totalidad del monte, pero con un correcto manejo cultural (podas a 8 - 10 metros) la frecuencia de este tipo de incendio es baja.

## Topografía

La topografía es el componente del entorno del fuego más estable en el tiempo y uno de los componentes claves que deben evaluarse cuando se analiza la propagación potencial del fuego, bajo las siguientes consideraciones.

**Altura:** en áreas montañosas, la vegetación predominante variará en función de esta variable. La estratificación estará determinada por las diferentes condiciones de humedad y temperatura del hábitat.

**Exposición:** las diferencias en la radiación recibida de acuerdo a la orientación de la ladera afectan las características y la distribución de la vegetación. Las laderas que reciben mayor radiación solar presentan vegetación más espaciada, mientras que, en las más sombrías, la vegetación es más abundante.

La exposición noreste alcanza su máxima temperatura a las últimas horas de la mañana o primeras horas de la tarde, mientras que la noroeste lo hace a media tarde o un poco después. En las exposiciones sur, que reciben menor cantidad de radiación, la vegetación presenta mayor contenido de humedad.

**Pendiente:** este factor influye sobre la intensidad con la que llega la radiación solar a la superficie de la tierra. A mayor radiación solar, mayor temperatura y menor humedad relativa. Esto provoca diferencias de temperatura que promueven vientos ascendentes durante el día y descendentes por la noche. La pendiente es el factor más importante de la topografía debido a sus efectos sobre las variables que inciden en la dirección y velocidad de propagación del incendio. Una vez iniciado el incendio, a mayor pendiente, mayor transferencia de calor, lo que a su vez promueve un precalentamiento de los combustibles más rápido.

**Terreno:** los diversos accidentes que componen el terreno afectan el desarrollo de un incendio. En estos accidentes la vegetación, la pendiente y la dirección del viento son muy variables. El principal efecto asociado a estas formaciones es "el efecto chimenea" (aumento de actividad del fuego cuando el mismo es alimentado con el aire que asciende desde la base de estas áreas confinadas). Otras características del terreno pueden actuar como barreras para la propagación, frenando o retrasando el avance del fuego como los cursos de agua, el suelo rocoso, los mallines, las áreas recientemente quemadas o los cambios de vegetación.

#### **1.4.- Combustibles**

Se define como combustible a "Todo material vegetal vivo o muerto en condiciones de encenderse y mantener la combustión". (Flores, 2006)

Los combustibles afectan la ignición, el desarrollo y el comportamiento general del fuego más que cualquier otro factor del entorno. El combustible determina la velocidad de propagación del fuego y la intensidad del mismo, y se puede clasificar de distintas maneras, por su continuidad y por sus características.

Es importante destacar también la relevancia de la continuidad vertical y horizontal. Con respecto a la distribución vertical de los combustibles, se pueden clasificar en:

**a) Combustibles subterráneos:** estos conducen a fuegos subterráneos, están compuestos por material vegetal que se encuentra por debajo de la superficie del suelo (raíces, ramas enterradas, turba), son peligrosos, pues son difíciles de detectar y se desarrollan sin llamas avanzando muy lentamente, destruyen las raíces provocando la muerte del árbol.

**b) Combustibles superficiales:** determinarán fuegos de superficie. Se componen de material vegetal ubicado sobre la superficie del suelo y hasta una altura de 1,80 metros (hojarasca, arbustos bajos y medianos, troncos caídos), dependiendo de su intensidad (calorías liberadas), la velocidad del viento, la especie y la edad de los individuos del bosque, estos sufrirán más o menos el incendio.

**c) Combustibles aéreos:** sus componentes principales son el material vegetal vivo o muerto ubicado a una altura superior a los 1.80 metros, conducen a fuegos de copa que se propagan por las copas de los árboles o arbustos. Estos incendios son generalmente los más graves y los de mayor intensidad, en su avance queman hojas, ramas finas y provocan la muerte del árbol, por lo general son de rápido desplazamiento y son conducidos por el viento. Para que este tipo de incendio ocurra debe haber mucho material leñoso (+20% es riesgoso) y las ramas de la copa deben estar bajas.

**d) Combustibles en escalera:** se presentan distanciados, pueden ser verticales u horizontales. Cuando los combustibles superficiales y los aéreos presentan una continuidad vertical, facilitan el avance del fuego y la ocurrencia de fuegos de copa, aún con fuegos de superficie de baja intensidad. La continuidad horizontal se refiere a la proximidad de los combustibles sobre el terreno y determina cuánto se puede propagar un fuego de comportamiento uniforme en una distancia significativa. La distancia a la cual los combustibles dejan de ser continuos depende de las condiciones de quema y de la energía calórica liberada por el fuego.

Los combustibles también se pueden clasificar por sus características, forma y tamaño, su compactación y su carga.

De acuerdo a la **forma y tamaño** de los combustibles, varía la tasa de ganancia y pérdida de humedad por cada partícula de combustible muerto, por lo que también varía la cantidad de calor necesario para que estos alcancen su temperatura de ignición.

La relación *área/volumen* condiciona la rapidez de ignición de los combustibles. En este sentido, los combustibles, por su mayor facilidad a la quema, se pueden clasificar en:

- Combustibles ligeros: hierbas, hojas.
- Combustibles pesados; troncos, ramas raíces.

Respecto a la **compactación**, cuando hay mayor compactación del material vegetal existirá menor aire entre los mismos y menor será la tasa de propagación del incendio. La compactación determina si el material se quema en principio en la parte superior y luego en las capas interiores o si el fuego avanza progresivamente y toda la parte del material es consumida al mismo tiempo.

**La carga o peso seco** de los combustibles en un área, es aquella que está propensa a arder y facilitar la propagación. A modo de ejemplo, los combustibles superficiales, si bien son importantes para el inicio y propagación del fuego, si se encuentran húmedos, no constituyen la carga efectiva que puede iniciar el incendio.

Respecto al **contenido químico**, cabe mencionar que algunos combustibles vivos poseen extractos volátiles (aceites, ceras, resinas) y por ende son más inflamables que los combustibles muertos, aunque su contenido de humedad es generalmente elevado y otros combustibles poseen altos contenidos en minerales que retardan la combustión.

En cuanto al **contenido de humedad**, los combustibles intercambian constantemente humedad con el ambiente, hasta alcanzar un equilibrio con el mismo, dicho intercambio está regulado por las características del combustible como su relación área/volumen, su compactación, la velocidad del viento y su proximidad al suelo. Como regla general, a mayor contenido de humedad habrá menor capacidad de ignición. En este sentido, puede considerarse que el contenido de humedad es el parámetro más importante que afecta el comportamiento del fuego, determinando la ignición del combustible, la tasa de combustión y la cantidad de combustible consumido.

La humedad del combustible puede contribuir a detener la velocidad de propagación y la longitud de la llama, particularmente si el combustible es fino y posee cierta altura. Los factores que afectan el contenido de humedad de los combustibles vivos<sup>1</sup> son los períodos prolongados de sequías, las enfermedades naturales y los daños por insectos.

Por el contrario, los combustibles muertos regulan su contenido de humedad por las condiciones meteorológicas pasadas y presentes.

La suma y combinación de todas estas características dan origen a diversas asociaciones identificables de elementos combustibles que pueden exhibir un comportamiento del fuego característico bajo condiciones definidas de quema. Estas asociaciones se denominan "tipo de combustible", lo que significa un combustible homogéneo y extendido sobre un área extensa que puede sostener el comportamiento del fuego en equilibrio durante un período de tiempo considerable (Vélez, 2000).

### **1.5.- Causas que originan los incendios forestales**

Las causas que originan los incendios forestales se atribuyen principalmente a la actividad humana, aunque existen otras diversas, las cuales también se pueden clasificar en:

---

<sup>1</sup> Los combustibles vivos o combustibles verdes están constituidos por las plantas vivas con su follaje, tienen un elevado contenido de humedad y por ende el fuego para poder avanzar tendrá que secarlo previamente

**Accidentales:** Relacionados con accidentes automovilísticos, ferroviarios, aéreos y con ruptura de líneas eléctricas.

**Negligencias:** Tiene que ver con quemas agropecuarias no controladas, fogatas de excursionistas, fumadores, quema de basura, botellas, limpieza de vías en carreteras y uso del fuego en otras actividades productivas dentro de las áreas forestales, como la preparación de los terrenos pastizales para la actividad ganadera.

**Intencionales:** Se refiere a las quemas que se realizan en el contexto de conflictos entre personas o comunidades, tala ilegal o litigios, entre otros.

**Naturales:** Caída de rayos o erupciones volcánicas.

Los incendios forestales en México queman en su mayoría (70-90%) pastizales y arbustos. Los pastizales se recuperan totalmente en los primeros días de la temporada de lluvias; los arbustos tardan un poco más, en rangos que van desde unas semanas hasta un par de años, dependiendo de diversos factores, de acuerdo con la especie y otros factores los periodos de recuperación pueden ser desde 15 a 50 años, en promedio, se estima que 99 % del total nacional de incendios forestales tienen su origen en la actividad humana y sólo 1% tiene como causa fenómenos naturales derivados de eventos meteorológicos, como descargas eléctricas, o erupción de volcanes.<sup>2</sup>

La información estadística plasmada en la "Guía para comunicadores", editada por CONAFOR, registra que dentro del promedio anual de 1998 al 2005, del total de causas de incendios forestales originadas por intervención humana, las actividades agropecuarias aportaron un porcentaje de 44% respecto al total, siguiendo en orden de importancia las causas intencionales (litigios o rencillas), con 19%; fogatas, 12%; fumadores, 11%; y otras causas que suman en conjunto 14%. Sin embargo, estos datos no son confiables, ya que no existe una concordancia entre los datos reportados y los datos registrados (tabla 1.1); otro detalle que llama la atención es que durante todos estos años hubo un total exacto de cien causas por año.

Un grave problema en el manejo de la información es siempre el reporte de los resultados, que en muchas ocasiones son dispares entre las instituciones encargadas de proporcionar la información

---

<sup>2</sup> Consulta electrónica de la Gerencia de incendios forestales SEMARNAT, CONAFOR, disponible en [www.semarnat.gob.mx/naturaleza/emergencias/incendios.htm](http://www.semarnat.gob.mx/naturaleza/emergencias/incendios.htm)

**La carga o peso seco** de los combustibles en un área, es aquella que está propensa a arder y facilitar la propagación. A modo de ejemplo, los combustibles superficiales, si bien son importantes para el inicio y propagación del fuego, si se encuentran húmedos, no constituyen la carga efectiva que puede iniciar el incendio.

Respecto al **contenido químico**, cabe mencionar que algunos combustibles vivos poseen extractos volátiles (aceites, ceras, resinas) y por ende son más inflamables que los combustibles muertos, aunque su contenido de humedad es generalmente elevado y otros combustibles poseen altos contenidos en minerales que retardan la combustión.

En cuanto al **contenido de humedad**, los combustibles intercambian constantemente humedad con el ambiente, hasta alcanzar un equilibrio con el mismo, dicho intercambio está regulado por las características del combustible como su relación área/volumen, su compactación, la velocidad del viento y su proximidad al suelo. Como regla general, a mayor contenido de humedad habrá menor capacidad de ignición. En este sentido, puede considerarse que el contenido de humedad es el parámetro más importante que afecta el comportamiento del fuego, determinando la ignición del combustible, la tasa de combustión y la cantidad de combustible consumido.

La humedad del combustible puede contribuir a detener la velocidad de propagación y la longitud de la llama, particularmente si el combustible es fino y posee cierta altura. Los factores que afectan el contenido de humedad de los combustibles vivos<sup>1</sup> son los períodos prolongados de sequías, las enfermedades naturales y los daños por insectos.

Por el contrario, los combustibles muertos regulan su contenido de humedad por las condiciones meteorológicas pasadas y presentes.

La suma y combinación de todas estas características dan origen a diversas asociaciones identificables de elementos combustibles que pueden exhibir un comportamiento del fuego característico bajo condiciones definidas de quema. Estas asociaciones se denominan "tipo de combustible", lo que significa un combustible homogéneo y extendido sobre un área extensa que puede sostener el comportamiento del fuego en equilibrio durante un período de tiempo considerable (Vélez, 2000).

### **1.5.- Causas que originan los incendios forestales**

Las causas que originan los incendios forestales se atribuyen principalmente a la actividad humana, aunque existen otras diversas, las cuales también se pueden clasificar en:

---

<sup>1</sup> Los combustibles vivos o combustibles verdes están constituidos por las plantas vivas con su follaje, tienen un elevado contenido de humedad y por ende el fuego para poder avanzar tendrá que secarlo previamente

**Accidentales:** Relacionados con accidentes automovilísticos, ferroviarios, aéreos y con ruptura de líneas eléctricas.

**Negligencias:** Tiene que ver con quemas agropecuarias no controladas, fogatas de excursionistas, fumadores, quema de basura, botellas, limpieza de vías en carreteras y uso del fuego en otras actividades productivas dentro de las áreas forestales, como la preparación de los terrenos pastizales para la actividad ganadera.

**Intencionales:** Se refiere a las quemas que se realizan en el contexto de conflictos entre personas o comunidades, tala ilegal o litigios, entre otros.

**Naturales:** Caída de rayos o erupciones volcánicas.

Los incendios forestales en México queman en su mayoría (70-90%) pastizales y arbustos. Los pastizales se recuperan totalmente en los primeros días de la temporada de lluvias; los arbustos tardan un poco más, en rangos que van desde unas semanas hasta un par de años, dependiendo de diversos factores, de acuerdo con la especie y otros factores los periodos de recuperación pueden ser desde 15 a 50 años, en promedio, se estima que 99 % del total nacional de incendios forestales tienen su origen en la actividad humana y sólo 1% tiene como causa fenómenos naturales derivados de eventos meteorológicos, como descargas eléctricas, o erupción de volcanes.<sup>2</sup> La información estadística plasmada en la "Guía para comunicadores", editada por CONAFOR, registra que dentro del promedio anual de 1998 al 2005, del total de causas de incendios forestales originadas por intervención humana, las actividades agropecuarias aportaron un porcentaje de 44% respecto al total, siguiendo en orden de importancia las causas intencionales (litigios o rencillas), con 19%; fogatas, 12%; fumadores, 11%; y otras causas que suman en conjunto 14%. Sin embargo, estos datos no son confiables, ya que no existe una concordancia entre los datos reportados y los datos registrados (tabla 1.1); otro detalle que llama la atención es que durante todos estos años hubo un total exacto de cien causas por año.

Un grave problema en el manejo de la información es siempre el reporte de los resultados, que en muchas ocasiones son dispares entre las instituciones encargadas de proporcionar la información

---

<sup>2</sup> Consulta electrónica de la Gerencia de incendios forestales SEMARNAT, CONAFOR, disponible en [www.semarnat.gob.mx/naturaleza/emergencias/incendios.htm](http://www.semarnat.gob.mx/naturaleza/emergencias/incendios.htm)

**Tabla 1 Causas de incendios forestales (1998-2006)**

Año	Actividades agropecuarias (quema de pastos, roza, tumba y quema, etc)	Actividades silvícolas	Intencional	Fogatas	Fumadores	Derechos de vía	Otras causas (rayos, trenes, líneas eléctricas, cultivos ilícitos, basureros)	Otras actividades productivas	Total
1998	54	2	16	9	10	2	6	1	100
1999	44	4	23	12	11	1	4	1	100
2000	40	2	25	7	12	1	12	1	100
2001	48	3	17	16	8	1	6	1	100
2002	44	3	19	15	11	1	6	1	100
2003	41	2	26	11	12	1	6	1	100
2004	42	3	20	14	11	3	6	1	100
2005	41	5	7	12	11	2	20	2	100
2006	33	5	5	16	12	6	21	2	100

Fuente: SEMARNAT. CONAFOR. Reporte semanal de incendios forestales, 2006

## 1.6.- Consecuencias de un Incendio Forestal

Los incendios forestales, intencionados para cambiar el uso del suelo, amenazan con la desaparición del último 20% de los bosques vírgenes del planeta. Y con ellos desaparecerá una biodiversidad irrecuperable.

En México el problema de los incendios forestales es un asunto de Seguridad Nacional, tanto por su magnitud como por las consecuencias. Los incendios forestales, aparte de producir enormes daños ambientales, también involucran la pérdida de vidas humanas, grandes daños a los cultivos, viviendas y pérdidas económicas debido a las grandes inversiones necesarias para contrarrestar sus efectos.

Ya que son demasiado extensas, las consecuencias de los incendios forestales se han clasificado en tres grandes grupos para poder diferenciarlas e identificarlas mejor. Ambientales, Sociales y Económicas.

### Ambientales

Las consecuencias ambientales que se derivan de un incendio son principalmente la destrucción de la masa vegetal, desaparición de ecosistemas, pérdida y emigración de especies, procesos erosivos, aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera y desertificación.

**El impacto paisajístico y pérdida de masa vegetal** es el efecto más visible después de ocurrir un incendio forestal, debido a la destrucción de la cubierta vegetal. La pérdida de la vegetación inicia un ciclo de alteraciones que provoca disminución de diversidad y la aparición de procesos erosivos. Al quemarse la vegetación, se eliminan las plantas que generan oxígeno y afectan el clima del lugar.

**La afectación sobre la fauna** es un efecto inmediato de los incendios forestales, provocando la muerte de los animales que no pueden escapar del fuego; impacta directamente a insectos, invertebrados, vertebrados menores, crías con escasa movilidad, así como grandes herbívoros y carnívoros. La exposición a temperaturas mayores a los 70 grados centígrados en un lapso mayor de 10 minutos es capaz de eliminar a los hongos del suelo, así como a los protozoarios y algunas bacterias, que son los encargados de desintegrar a la materia orgánica.

A esto se le añade también el problema de la migración definitiva de la fauna que vivía en la zona donde ocurrió el incendio.

Otra consecuencia grave para la fauna silvestre es la pérdida de pastos naturales; las especies de herbívoros se ven obligadas a pastar en cultivos agrícolas, mientras que el agricultor, en la mayoría de los casos, mata a estas especies de monte que han entrado a sus terrenos a alimentarse.

**El efecto sobre el suelo** se observa a consecuencia de la pérdida de cobertura vegetal: el suelo queda expuesto a los efectos directos del viento y la lluvia. CONAFORT publicó, en el artículo "La corteza desnuda", que el impacto de una sola gota de lluvia es suficiente para dispersar y arrastrar las partículas de suelo que encuentre a su paso, así que, por ejemplo, las gotas de agua que caen en una tormenta pueden mover hasta 250 toneladas de material por hectárea, simplemente por medio de la salpicadura, esto nos da idea de las consecuencias de la pérdida de cobertura vegetal.

Las cenizas, por su parte, provocan un aumento en la alcalinidad elevando el pH generando una alteración de la estructura edáfica.

**La alteración del ciclo hídrico y de los cursos de agua** es consecuencia de la pérdida de suelo. La infiltración disminuye impactando directamente los acuíferos, asimismo, al reducirse la infiltración de agua en el suelo, se incrementa la escorrentía, provocando erosión y crecimiento acelerado en arroyos y ríos, así como el arrastre de muchos materiales sólidos y cenizas, los cuales incrementan la turbidez de los ríos y afectan los hábitat de las especies acuáticas.

**El aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)<sup>4</sup>** se provoca en el proceso de combustión de la materia orgánica. Durante un incendio forestal se desprenden gases de efecto invernadero (GEI) como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y partículas sólidas en suspensión. Una vez apagado el

incendio, la biomasa afectada se oxida y produce emisiones diferidas de GEI, que pueden ser hasta de 3 a 8 veces superiores a las emisiones inmediatas.

## **Sociales**

Los incendios tienen una muy negativa repercusión social. La contaminación por el humo, cercana al suelo, afecta la salud y la seguridad a niveles local y regional. El trabajo de control y manejo de incendios forestales es una actividad de riesgo que todos los años causa accidentes mortales, cambiando la conformación de poblaciones y modificando los roles sociales de éstas.

## **Económicas**

Después de un incendio, se produce la pérdida de importantes recursos naturales directos e indirectos. Para estimar estas pérdidas económicas se valoran las pérdidas en productos primarios, como los productos maderables, leñas, corcho, resinas, frutos, pastos, caza y pesca, aunque es difícil poder conocer datos exactos ya que hay muchas pérdidas indirectas a causa de estos desastres.

### **1.7.- Pérdidas a causa de los incendios forestales**

#### **1.7.1.- Un panorama Global**

Entre 1990 y 2005, el mundo perdió el 3 por ciento de su superficie forestal total, con una reducción media del 0,2 por ciento anual; la pérdida neta es de 7,3 millones de hectáreas anuales, más o menos 20 000 hectáreas diarias. Una superficie estimada en 350 millones de hectáreas sufre daños por incendios de áreas silvestres; esta superficie representa aproximadamente el 9 por ciento de la superficie forestal terrestre (FAO, 2008). El mundo pierde su superficie forestal definitivamente y a causa de los incendios se daña otra parte muy considerable.

La cubierta forestal a nivel mundial es aproximadamente de 4000 millones de hectáreas, y cubre casi el 30 por ciento de la superficie terrestre. Un grupo de diez países cuentan con el 80 por ciento de los bosques primarios del mundo, los cuales entre 2000 y 2005, experimentaron las mayores pérdidas de ellos. Dentro este grupo se encuentran, Indonesia (13 %), México (6 %), Papua Nueva Guinea (5 %) y Brasil (4 %).

## **1.7.2 Panorama Mexicano**

La mayor ocurrencia de incendios forestales en el país se registra entre marzo y mayo, época de mayor sequía que coincide con el uso del fuego en las áreas agropecuarias y rurales.

En el Noroeste del país la tendencia cambia, siendo entre julio y agosto la época más crítica de incendios en dicha región. Para el primer trimestre del año, las condiciones de humedad en la mayor parte del territorio nacional son estables, reflejándose en poca ocurrencia de incendios. Sin embargo, a partir de marzo estas condiciones comienzan a cambiar, el clima se hace más seco y con ello se incrementan los incendios forestales y su velocidad de propagación.

México ha sufrido representativas pérdidas en materia de incendios forestales, sin embargo han disminuido las cifras en los últimos años. En comparativa, en 1998, se registraron 14 445 con una afectación de 849,632 hectáreas, mientras que en 2007 se registraron sólo 5,893 con una afectación de 141,660 hectáreas. (Anexos, Comparativo estadístico nacional del número de incendios forestales y superficie afectada, 1998 a 2007).

Esto significa una disminución de casi un 60% de la cantidad de incendios reportados y un 83% de superficie protegida de lo perdido en 1998.

Quintana Roo en el 2006 representó una cifra alarmante a nivel nacional: 53,618.50 hectáreas de su territorio fueron afectadas, representando el 21% del total nacional de hectáreas afectadas en ese año, y tan sólo fueron 142 incendios forestales. Le siguió Chihuahua quien perdió 18,504.66 hectáreas con 1,057 incendios. (Anexos, Entidades federativas con mayor superficie afectada por incendios forestales, 2006).

Sin embargo, para el 2007 esta cifra bajó significativamente tanto en número de incendios, como en cantidad de hectáreas afectadas, sólo 86 incendios y 757.07 hectáreas dañadas (0.53%), lo cual no representó ni el 1% del total nacional dañado ese año. (Anexo , Número de incendios forestales y superficie afectada por entidad federativa, 2007)

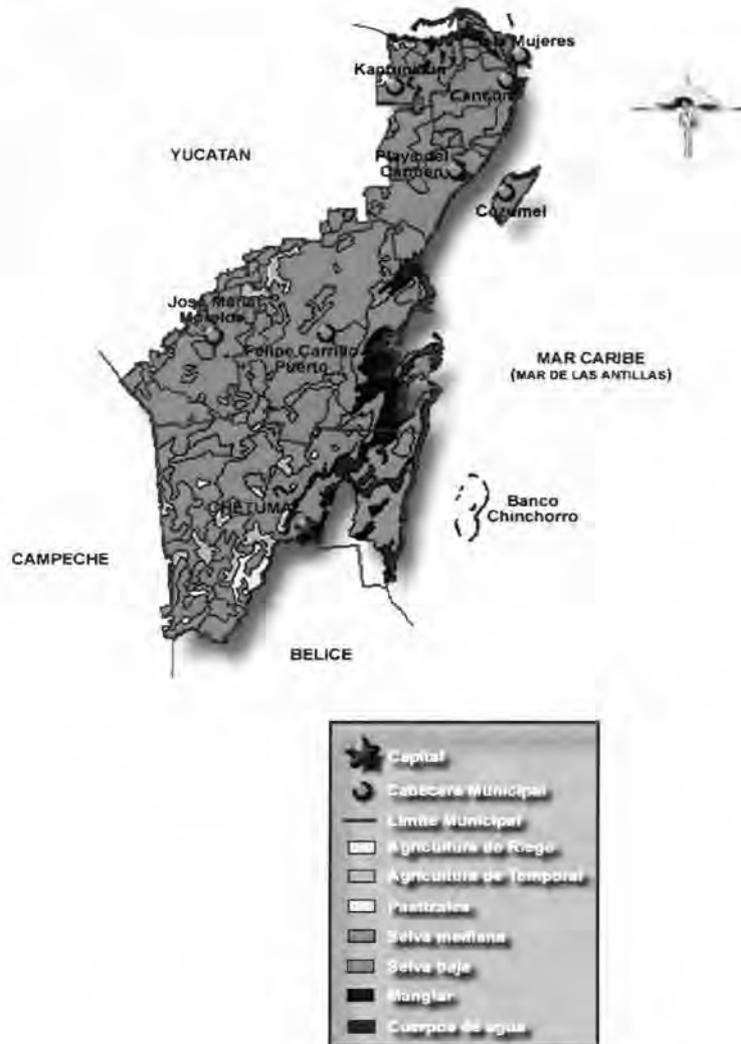
## **1.7.3.- Panorama en el Estado de Quintana Roo**

El estado de Quintana Roo tiene una extensión territorial de 42 361 kilómetros cuadrados (Km<sup>2</sup>), excluyendo Cozumel e Isla Mujeres, por ello ocupa el lugar 19 de extensión a nivel nacional, (INEGI. Marco Geoestadístico, 2005).

El estado de Quintana Roo representa el 2.2% de la superficie del país y dentro de esta superficie se encuentra distribuida la reserva boscosa tropical más importante del país. La selva ocupa la mayor parte del territorio, se cuenta con tres millones 686 mil 700 hectáreas

de selvas tropicales (Programa Sectorial de Desarrollo Forestal 2005-2011). Algunos mapas del INEGI, no contemplan la selva alta y sólo una mínima parte (10%) corresponde a Manglar. (Mapa 1)

Mapa 1



Fuente: INEGI, 2008

La vegetación en Quintana Roo ha presentado cambios en los últimos 50 años, debido a múltiples factores, que varían entre su explotación y la presencia de fenómenos naturales. Como reporta SEDARY en el Programa Sectorial De Desarrollo Forestal 2005- 2011 "se ha venido dando una reducción de la superficie forestal estatal, debido principalmente al avance de la frontera agropecuaria, los incendios forestales y fenómenos naturales como los huracanes". Actualmente son muy escasas las áreas de selva que poseen vegetación primaria o

sin alteración. Las más afectadas se concentran al oeste del estado donde se practica agricultura nómada.

Se acostumbra desmontar y quemar la vegetación, para sembrar durante unas cuantas temporadas, hasta que los rendimientos llegan a ser demasiado bajos, entonces el terreno se abandona por muchos años para después reanudar el ciclo.

Es muy difícil dar una estimación de las pérdidas totales de vegetación en Quintana Roo a causa de incendios forestales, ya que se han reportado diferentes estimaciones, que han ido cambiando con el transcurso de los años, lo que dificulta la confiabilidad de los resultados finales; sin embargo, para realizar cálculos de aproximación a la situación real en los últimos años, sólo se contemplarán, para este pequeño análisis, los datos reportados a partir del año de 1999 ya que estos se pueden considerar confiables.

- En 1999 se consideraba que los incendios forestales destruían anualmente 75 mil hectáreas de vegetación (Municipio de Benito Juárez, 1999) aunque datos reales del INEGI reportan 159 incendios y un daño de 13, 932 Hectáreas
- En el año 2000, un total de 172 incendios destruyeron 2,203 hectáreas.
- En el año 2001, un total de 108 incendios destruyeron 992 hectáreas.
- En el año 2002, un total de 116 incendios destruyeron 909 hectáreas
- En el año 2003, un total de 156 incendios destruyeron 6,697 hectáreas
- En el año 2004, un total de 58 incendios destruyeron 447.3 hectáreas
- En el año 2005, un total de 160 incendios destruyeron 6,765.5, hectáreas
- En el año 2006, un total de 142 incendios destruyeron 53,615 hectáreas

Estos resultados reflejan que en el periodo que va de 1999 al 2006 hubo un total de 1071 incendios forestales, perdiéndose un aproximado de 85,560 hectáreas, lo cual representa un 2.3% con respecto a la superficie total del estado en tan sólo 8 años.

Si pudiéramos contemplar como estable, y sin regeneración forestal, que en un periodo de 8 años desaparece el 2.3% de superficie forestal estatal, bajo el criterio de selva con el que contamos (3686700 hectáreas, 2005), se puede calcular que en aproximadamente en 348 años toda nuestra foresta habrá sido destruida por causa únicamente de incendios forestales. Sin embargo después del huracán Willma y del Dean la cantidad de años disminuye a 134 años.

## **1.8.- Efectos en la superficie forestal después del paso de fenómenos meteorológicos.**

Se reportó que en 1988 cuando el huracán "Gilberto" azotó Cancún, a consecuencia de los incendios forestales, más de 135,000 hectáreas de selvas fueron destruidas por el fuego.

Las estimaciones sobre los daños ocasionados por el huracán Wilma en Quintana Roo en octubre del 2005, fueron de aproximadamente 865 mil hectáreas en los municipios de Cozumel, Solidaridad, Lázaro Cárdenas, Benito Juárez e Isla Mujeres. Ese mismo año se perdieron 6,765.5 hectáreas a causa de los 160 incendios forestales registrados.

Después del paso del huracán Dean, en agosto del 2007, la zona con mayor impacto fue la de Felipe Carrillo Puerto, Othón P. Blanco y José María Morelos, en donde se afectó una superficie forestal total de 1 millón 387 mil 581 hectáreas (CONAFOR, 2008). Esto representa un cambio muy representativo en la superficie estatal, que modifica diametralmente los datos de cobertura vegetal otorgados en 2005. Se puede calcular con una sencilla resta que el estado de Quintana Roo, a marzo del 2008, cuenta con 1 millón 434 mil 115 hectáreas aproximadamente; con esta nueva configuración post ciclónica, todo esta masa forestal muerta representa un gran peligro potencial debido a sus características de combustible.

A manera de conclusión y tomando en cuenta los datos reportados por INEGI y CONAFOR se puede concluir que el daño, en caso de presentarse un incendio forestal en el estado de Quintana Roo, aumenta tras el paso de huracanes, debido a la cantidad excesiva de combustible disponible, y aunque quizá en el año del 2008 no se presenten incendios de manera masiva, el peligro no cesa en años posteriores. Los meses más propensos para que se den este tipo de eventos son marzo, abril y mayo por la escasa precipitación pluvial.

## **1.9.- Incendios forestales año 2008**

En diciembre del 2007 la dirección de la Comisión Nacional Forestal (CONAFORT), previó que para el 2008, se presentarían seis mil incendios forestales en territorio nacional, recalcando que el estado de Quintana Roo sería el más afectado, seguido de México, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Jalisco, (Martes 18 de diciembre 2007). Desde el 1 de enero hasta el 25 de marzo del 2008, se presentaron más de 2 mil 300 incendios en zonas boscosas del territorio nacional; estas cifras superaron las 20 mil hectáreas dañadas en 2007, esto representa cuatro veces más de lo reportado en el mismo periodo de ese año.

## **Capítulo II**

# **Índices de riesgo para la prevención de incendios forestales**

### **Resumen del Capítulo**

En este capítulo, se da una descripción detallada del término índice de incendio forestal, se mencionan cuales son los más importantes índices de incendio forestal que se utilizan a nivel global y se aborda el sistema mexicano para la prevención de incendios forestales.

### **2.1.- Índices de riesgo forestal**

Un índice de riesgo forestal, es un indicador que sirve para calcular la probabilidad de que ocurra un incendio forestal, su comportamiento y sus efectos, considerando la influencia de ciertos factores (humedad, temperatura, combustible etc.) para estimar con mayor exactitud su comportamiento, utilizando esta información para reducir los posibles daños que pudiera ocasionar un incendio forestal.

Estos índices son muy importantes ya que con ellos se pueden integrar los Sistemas de Evaluación de Riesgo, herramientas que sirven para la planificación de actividades en la prevención de incendios forestales, y así tener un mejor control en materia de incendios forestales. En algunos casos un sólo índice puede integrar un Sistema de Evaluación de Riesgo.

Los Sistemas de Evaluación de Riesgo (SER) son indicadores muy útiles como instrumentos de planeación, ayudan a los procesos de identificación de áreas donde es necesario efectuar acciones para la reducción de potenciales combustibles, para decidir la asignación de recursos antes y durante el desarrollo de las temporadas de incendios y finalmente para evaluar la eficiencia de las medidas de prevención.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), aconseja la adopción de un único sistema a nivel nacional, que permita la comparación de las condiciones de peligro entre distintas regiones y asegure la adecuada asignación de recursos de prevención, e investigación.

El desarrollo de un sistema de evaluación de peligro de incendios, requiere de una gran inversión de tiempo, recursos humanos y económicos<sup>3</sup>; por esta razón se recomienda la utilización de un sistema ya existente el cual reduce significativamente las Inversiones de tiempo y dinero a las instituciones ocupadas del manejo del fuego;

---

<sup>2</sup> El Sistema de Evaluación de Peligro de Incendios Canadiense, es el resultado de un proceso de investigación a lo largo de un período de 70 años; el sistema utilizado hoy en el oeste de Australia demandó la inversión de aproximadamente 6 millones de dólares australianos y un período de investigación y desarrollo de 40 años y es adoptado parcial o completamente en regiones como Alaska, y en países como Fiji y Nueva Zelanda.

es así común la adopción total o parcial de sistemas existentes, sin embargo hay que conocer bien los índices que los componen ya que la adopción de un Sistema de Evaluación de Riesgo puede no adaptarse a las condiciones ambientales de la región y provocar un problema mayor del que pretendía solucionar, ocasionando graves pérdidas económicas, humanas y ambientales.

## **2.2.- Descripción de los principales índices de incendio forestal.**

### **2.2.1.- Índice de Nesterov**

El índice de Nesterov fue desarrollado en Rusia; calcula la posibilidad de incendio forestal a partir de las condiciones de humedad, temperatura, punto de rocío y viento. Es un Indicador cuantitativo y cualitativo relacionado con la facilidad con la cual los combustibles finos (pastos, hojarasca, vegetación etc.) podrían encenderse cuando son expuestos a una fuente de ignición (cigarros, cerillos, rayos, fuegos).

El mismo, es utilizado como un índice de ignición en el área de cobertura de una determinada estación meteorológica.

Los servicios meteorológicos y los guardias forestales colocan banderas o carteles de alerta, para indicar si el riesgo es mínimo, moderado, alto o extremo.

En su forma original, su ecuación básica es:

$$N = \sum (d * t)$$

Donde:

**N:** índice de Nesterov

**d:** déficit de saturación del aire <sup>4</sup> (mb)

**t:** temperatura del aire (°C)

Los cálculos se deben iniciar en la primavera, el primer día que la temperatura este arriba de los 0°C considerando que la nieve se ha derretido.

Si existiera una precipitación (lluvia) mayor o igual a 3 mm, el valor del índice se hace cero, esto bajo la consideración de que al existir precipitación es difícil que el combustible se queme con facilidad, por lo cual la sumatoria comienza nuevamente. Aunque países como Cuba, donde también se ha utilizado este índice, este valor de precipitación es considerado como 5mm.

---

<sup>4</sup> Se denomina déficit de saturación a la diferencia entre la presión de vapor saturada y la presión de vapor real o actual su valor debe estar expresado en (mb)

Las clases de peligro se determinan de acuerdo con los siguientes valores que se obtienen de los resultados de la fórmula del propio índice:

Estos valores son los considerados para la asignación de peligro de incendio forestal.

<b>Nulo (I)</b>	<b>≤ 300</b>
<b>Bajo (II)</b>	<b>301 - 500</b>
<b>Moderado (III)</b>	<b>501 - 1000</b>
<b>Alto (IV)</b>	<b>1000 - 4000</b>
<b>Extremo (V)</b>	<b>≥ 4000</b>

El límite superior para la clase de peligro "nulo", se estableció para aquel valor del índice por debajo del cual no habían ocurrido incendios en 10 años.

La clase de peligro "moderado" se estableció para aquel valor del índice, tal que quedarán incluidos en la clase el 25 % de los fuegos. (Dentoni y Muños, 2006)

### **2.2.2.- Índice de Tellysin**

El índice de Tellysin fue desarrollado en la antigua Unión Soviética. Su ecuación básica es la siguiente:

$$T = \sum \log(t - td)$$

Donde:

**T**: índice de Tellysin

**t**: temperatura del aire (°C)

**td**: punto de rocío (°C)

Si hay una precipitación superior a 2,5 mm el índice se hace cero, y comienza una nueva sumatoria al día siguiente.

### **2.2.3.- Índice de Monte Alegre**

El índice de Monte Alegre fue desarrollado para ecosistemas húmedos del sudeste de Brasil. El investigador Soares, en 1998, analizó la distribución de la ocurrencia de incendios en el Distrito Forestal de Monte Alegre y observó que en el período de 1965 hasta 1971, los porcentajes tenían entre 27.5 y 50.7% para las clases de peligro IV y V. En el período de 1971 hasta 1990, los porcentajes eran de 31.7 y 52.55. Su ecuación básica es la siguiente:

$$FMA = 100 \sum 1/H$$

Donde:

**MA:** Índice de Monte Alegre

**H:** Humedad relativa a las 14 horas

El FMA es un coeficiente acumulativo, que categoriza el peligro de incendios de vegetación cuando se presentan lluvias en la región. Cuando se producen precipitaciones durante el período de observación, el FMA es corregido de acuerdo con la precipitación caída, tal como se muestra continuación.

Escala de peligro		Corrección por precipitación	
Valor	Grado de peligro	Milímetros caídos	% descontado
1	Nulo	-2.4	ninguno
1.1 - 3	Bajo	2.5 - 4.9	30
3.1 - 8	Medio	5 - 9.9	60
8.1 - 20	Alto	10 - 12.9	80
+20	Muy alto	+13	recomenzar el acumulativo

Fuente: Dentoni y Muñoz 2006

Este índice se aplica en la región sudeste de Brasil y en algunas provincias del norte y noreste de Argentina.

Este índice es comúnmente ajustado para regiones específicas donde se realizan las observaciones de su eficiencia. Dentro de los ajustes más representativos se encuentra el que realizaron José Renato Soares Nunes, Ronaldo Viana Soares y Antonio Carlos Batista en el año de 1998 los cuales consideraron datos meteorológicos de humedad relativa, precipitación y velocidad del viento y los datos de ocurrencia de incendios como la hora del inicio, de término y el área afectada. Establecieron que el número de días previstos en cada clase de peligro debe tener una relación inversa a la clase de peligro mismo. En relación a las variables de incendios ocurridos, área afectada y área afectada media en cada clase de peligro, establecieron una relación directa, de tal manera que cuanto más grande es la clase de peligro, mayores serán los valores observados para estos variables.

Los resultados para este ajuste son los siguientes, observando una gran variación en los valores iniciales de este índice.

Valor de FMA <sup>+</sup>	Clase de Peligro
≤ 4,0	Nulo
4,1 a 9,0	Pequeño
9,1 a 16,0	Medio
16,1 a 30,0	Alto
> 30,0	Muy alto

Fuente: Soares y Batista, 1998

## 2.2.4.- Índice de peligro Francés

El Servicio Meteorológico Nacional Francés desarrolló este índice para evaluar el peligro de incendios. Se basa en la estimación de sequía acumulativa y en la velocidad del viento.

La sequía se calcula mediante una versión modificada de la fórmula de cálculo de evapotranspiración de Thornthwaite.

La evapotranspiración real se deduce por una función exponencial negativa dependiente del contenido de humedad del suelo. El contenido de humedad del suelo se calcula sumando la precipitación y restando la evapotranspiración potencial, a un máximo de 150 mm de agua.

Éste se basó en el número de incendios diarios, dando como resultado la siguiente fórmula:

$$F = a + bR - cV - fV^2 + dN + eQ$$

Donde:

**F:** número positivo, alto cuando el riesgo de ocurrencia de fuego es chico y un número negativo alto cuando el riesgo es grande.

**R:** humedad estimada sobre el suelo

**V:** velocidad del viento

**N:** número de días desde la última lluvia caída

**Q:** cantidad de la última lluvia caída

**a, b, c, d y e:** coeficientes, que se determinan de forma empírica, considerando la humedad de los combustibles determinados para el estudio, nos indicara de forma más o menos precisa el estrés hídrico de la vegetación (Aguado y Camia, 1998)

Dado que este índice conjuga humedad de combustibles mayores o iguales a las 100 horas, a través de la evaluación de sequía, con velocidad del viento, puede considerarse como un índice de quema.

## 2.2.5.-Índice de peligro de propagación de incendios forestales, desarrollado por Rodríguez y Moretti.

Este índice fue desarrollado para la Región Andino Patagónica, con base en el análisis de correlaciones entre las variables meteorológicas consideradas, la ocurrencia y magnitud de los incendios, durante las temporadas de incendios en los años '84-'85, '85-'86 y '86-'87.

Las variables consideradas fueron: temperatura, humedad relativa, viento y días consecutivos con o sin precipitación. Se asumió que cada una de las variables utilizadas explicaba un determinado porcentaje del peligro total de propagación del fuego. Las dos primeras variables determinan el contenido de humedad y la resistencia a la ignición de los combustibles; la ocurrencia o no de precipitación determinan la alternancia entre períodos secos y húmedos.

El valor de este índice se obtiene sumando los valores de las tablas 1, 2, 3 y 4, en las que las variables ingresadas se obtienen de observaciones efectuadas a las 15 hs. Los días de sequía se cuentan a partir del último día con precipitación menor de 2 mm.

Cuando se hace el cálculo en un día que se produce precipitación, el valor a sumar en la tabla 4 es de 0; al segundo día con precipitación, el valor obtenido de la suma de los valores de las tablas 1,2 y 3 contenidas en el esquema 1 se multiplica por un factor de corrección, en este caso 0,8; al tercer día se multiplica por 0,6 y así sucesivamente

Esquema 1

Tabla 1		Tabla 2	
Temperatura °C	Índice	Humedad %	Índice
menos de 10	2,5	80 o más	2,5
10 a 11,9	5,0	79 a 75	5,0
12 a 13,9	7,5	74 a 70	7,5
14 a 15,9	10,5	69 a 65	10,5
16 a 17,9	12,0	64 a 60	12,5
18 a 19,9	15,5	59 a 55	15,0
20 a 21,9	17,5	54 a 50	17,5
22 a 23,9	20,0	49 a 45	20,0
24 a 25,9	22,5	44 a 40	22,5
26 o más	25,0	39 o menos	25,0

Tabla 3		Tabla 4	
Velocidad del viento (km/h)	Índice	Días consecutivos de sequía	Índice
menos de 3,0	1,5	1	3,5
3,0 a 5,9	3,0	2 a 4	7,0
6,0 a 8,9	4,5	5 a 7	10,5
9,0 a 11,9	6,0	8 a 10	14,0
12,0 a 14,9	7,5	11 a 13	17,5
15,0 a 17,9	9,0	14 a 16	21,0
18,0 a 20,9	10,5	17 a 19	24,5
21,0 a 23,9	12,0	20 a 22	28,0
24,0 a 26,9	13,5	23 a 25	31,5
27,0 o más	15,0	26 en más	35,0

Fuente: Dentoni y Muños 2006

El rango del índice, que varía de 0 a 100, está dividido en cuatro clases, que indican el grado de peligro de propagación si ocurriera un fuego.

<b>0 - 24</b>	<b>Leve</b>
<b>25 - 49</b>	<b>Moderado</b>
<b>50 - 74</b>	<b>Alto</b>
<b>75 - 100</b>	<b>Extremo</b>

Este índice es utilizado actualmente por algunos organismos de manejo del fuego de las provincias patagónicas, como por ejemplo la Dirección de Bosques de la provincia del Chubut y la Central de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF) de Parques Nacionales.

En la elaboración de los índices de incendio se realizaron estudios bastante elaborados donde se utilizó información espacial de distintas fuentes, única a disposición en su tiempo, (Meteorología, topografía, suelos, vegetación, infraestructura, etc.); sin embargo, en la actualidad, la obtención de esta información espacial resulta más precisa utilizando SIG y sistemas de detección satelital, por lo cual distintos países han modificado sus índices volviéndolos más precisos y en muchos casos elaborando nuevos y complejos sistemas para la prevención de incendios forestales, los cuales contemplan muchos índices dentro de sus consideraciones; tal es el caso de los utilizados en Estados Unidos, Canadá y recientemente en México.

### **2.2.6.- Sistema de evaluación de peligro de incendios de los Estados Unidos**

El Sistema Nacional de Evaluación de Peligro de Incendios de Estados Unidos, comenzó a desarrollarse desde 1958, en respuesta a las recomendaciones surgidas de una conferencia del Servicio Forestal realizada en 1940. Desde entonces y hasta 1978, se desarrollaron y probaron las distintas fases que lo componen. Este sistema se basa en los siguientes principios:

Considera solamente el fuego inicial; es un indicador de aquella parte del trabajo potencial de contención que puede atribuirse al comportamiento del fuego.

Asume que el largo de las llamas de la cabeza del incendio está directamente relacionado con las dificultades de contención causadas por el comportamiento del fuego.

Evalúa las condiciones más críticas para una región determinada, utilizando observaciones meteorológicas correspondientes a aquellas horas en las que se considere que el peligro de incendio es más alto, en espacios abiertos y, preferentemente, en las exposiciones más secas (sur y oeste en el hemisferio norte).

Provee índices que tienen interpretación física en lo que respecta a ocurrencia y comportamiento. Estos índices arrojan valores y pueden ser utilizados tanto en forma conjunta como independiente para dar lugar a un análisis flexible del espectro completo del evento para una mejor planificación del control.

Relaciona linealmente a los distintos índices que lo componen, con el aspecto del comportamiento del fuego que cada uno de ellos evalúa. Utiliza observaciones meteorológicas diarias para evaluar el peligro de cada día del año, y valores pronosticados para generar índices que sean indicadores del peligro de incendios, para grandes áreas.

El registro de información meteorológica comienza a efectuarse cuatro semanas antes del comienzo de la estación de fuego. Las lecturas de las condiciones meteorológicas son tomadas una vez por día, a las 15 hr en todas las estaciones, debido a que las apreciaciones se efectúan con observaciones o pronósticos para grandes áreas, y a que los combustibles también son descritos en forma general para una superficie extensa, el peligro de incendio indicado por el sistema debe ser interpretado como una estimación general para una determinada región.

Considera las siguientes variables de entrada como datos variables para elaborar un reporte.

- Estación
- Modelo de combustible
- Clase de pendiente
- Fecha
- Estado del tiempo
- Riesgo de rayos
- Riesgo por causas humanas
- Velocidad del viento (promedio 10´)
- Dirección del viento
- Tipo de precipitación
- Cantidad de precipitación
- Hora de comienzo y fin de la precipitación
- Temperatura máxima y mínima de las 24 hs
- Humedad relativa máxima y mínima de las 24hs.
- Humedad de los combustibles de 1-hr y de 10-hr

Para este caso se contemplan los siguientes índices para conformar el sistema.

### **a) Índices de riesgo por rayos y por causas humanas**

Estos índices son indicadores de la posibilidad que ocurra un incendio en una unidad de protección y durante un período considerado. Cuando alguno de los índices es alto, el sistema de detección se usa en su máximo alcance. Analizados los resultados en forma conjunta, indican si las operaciones de detección tienen que concentrarse en los cinturones de riesgo por rayos o por causas humanas.

## b) Índice de quema

Este índice depende de los componentes de propagación y de liberación de energía. Es un indicador de la cantidad y tipo de equipamiento y de recursos humanos que requerirá cada incendio. Se alimenta de dos componentes:

**Componente de propagación**, en el cual se calcula la velocidad de propagación pronosticada, utilizando el algoritmo del modelo de propagación de Rothermel. Se utiliza como indicador del tiempo en el cual el fuego tiene que ser contenido, para que no supere una determinada superficie.

**Componente de liberación de energía**, en este se calcula la intensidad de reacción con base en el modelo de Rothermel. Esta componente se utiliza como guía para decidir la forma de ataque para extinguir el fuego. (Dentoni y Muños, 2006)

### 2.2.7.- Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro de Incendio Forestal

Este complejo sistema está conformado por dos sistemas complementarios, el Sistema del Índice Meteorológico de Peligro (IMP) y el Sistema de Previsión del Comportamiento de los Incendios Forestales (PCI).

El Sistema del Índice Meteorológico de Peligro (IMP) está formado por seis componentes que dan cuenta de los efectos que el contenido de humedad de los combustibles y el viento tienen en el comportamiento de los incendios.

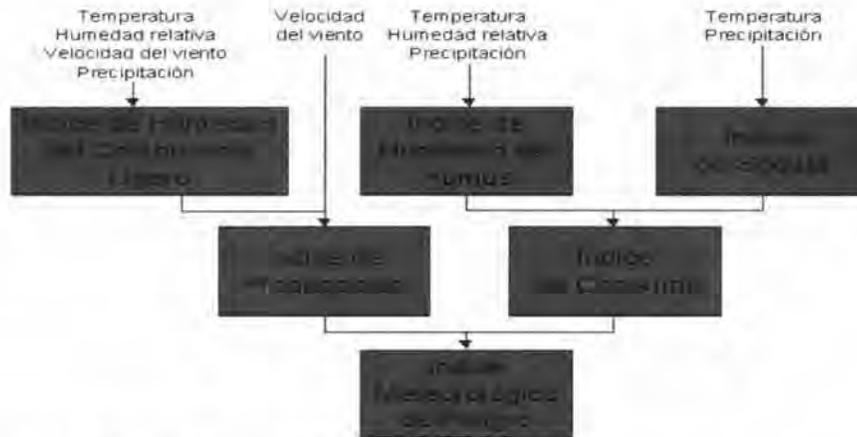
Los tres primeros componentes son índices de humedad de los combustibles; se trata de valores numéricos del contenido de humedad del lecho y de otros combustibles ligeros, del contenido medio de humedad de las capas orgánicas poco compactas, de espesor medio y del contenido medio de humedad de capas orgánicas espesas y compactas.

Los otros tres componentes son índices de comportamiento del fuego que representan la velocidad de propagación del fuego, las cantidades de combustibles disponibles y la intensidad del fuego en el frente del incendio; el valor de estos índices es directamente proporcional al peligro de incendio.

#### Estructura del sistema

En el diagrama siguiente se presentan los elementos del Sistema IMP. Los cálculos se basan en observaciones diarias consecutivas de la temperatura, de la humedad relativa, de la velocidad del viento y de

las precipitaciones durante las últimas 24 horas. Los seis componentes estándar facilitan evaluaciones numéricas del potencial relativo de incendio de vegetación.



Fuente: Servicio Forestal Canadiense, 2008

Cada índice de este complejo sistema cuenta con las siguientes características:

#### a) Índice de Humedad del Combustible Ligero

- Es un rango numérico que indica el contenido de humedad de los combustibles ligeros que se encuentran muertos en la superficie en una masa forestal; se consideran únicamente la vegetación muerta, indicando la facilidad de ignición que ésta puede representar.

#### b) Índice de Humedad del Humus

- Es un rango numérico que indica la sequedad de la materia orgánica muerta no compactada (humus) en capas de 5 a 10 cm de profundidad.

#### c) Índice de Sequía

- Es un rango numérico de la sequedad de la materia orgánica muerta compactada en capas de 10 a 20 cm de profundidad, este indica efectos de sequía estacional o de largo plazo sobre combustibles forestales pesados.

#### d) Índice de Propagación

- Es un rango numérico de la velocidad de propagación del fuego inmediatamente después de la ignición; éste combina velocidad del viento con Índice de Humedad del Combustible Ligero

#### e) Índice de Consumo

- Es un rango numérico que indica la cantidad total de combustible disponible para combustión; es una combinación balanceada del Índice de Humedad del Humus y el Índice de Sequía.

#### f) Índice Meteorológico de Peligro

- Es un rango numérico de la intensidad del fuego frontal, éste combina los 5 Índices anteriores.

El Sistema de Previsión del Comportamiento de los Incendios Forestales (PCI) facilita estimaciones cuantitativas de la velocidad de propagación del foco de los incendios, del consumo de combustible y de la intensidad de los incendios así como una descripción de los mismos.

Mediante un modelo elíptico de la propagación del fuego, se producen estimaciones de la superficie y del perímetro de las zonas afectadas y de la velocidad de extensión del perímetro así como una indicación del comportamiento del fuego en los flancos y la cola.

#### Factores considerados



Fuente: Servicio Forestal Canadiense, 2008

## **Comparación de los Sistemas IMP y PCI**

Es importante realizar una comparación entre los Sistemas IMP y PCI debido a su gran similitud, ya que esta nos permite diferenciar sus cualidades específicas e importancia de cada uno.

### **Sistema del Índice Meteorológico de Peligro (IMP)**

Proporciona rangos numéricos del potencial relativo del incendio para un combustible forestal estándar (Pino maduro) sobre terreno llano, basado en observaciones diarias del tiempo al mediodía.

### **Sistema de Previsión del Comportamiento de los Incendios Forestales (PCI)**

Proporciona valores cuantitativos de características seleccionadas del comportamiento del fuego para ciertos combustibles forestales y ubicaciones topográficas, basándose en observaciones diarias y horarias del tiempo; es principalmente un sistema empírico que usa experimentos en laboratorio, sobre física del agua y transferencia de calor, para explicar observaciones de campo. (Taylor, 2001)

## **2.2.7.- Los índices de incendio forestal en México**

La Semarnat y el Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro de incendio Forestal de Natural Resources Canadá desarrollaron un sistema de identificación de zonas con peligro de incendios para cada temporada, consistente en la utilización de cinco índices centrales para determinar las posibilidades de inicio de incendio forestal.

**2.2.7.1.- Índice de humedad del combustible ligero.** Indica la facilidad de ignición del material combustible con base en el contenido de humedad de los combustibles ligeros, muertos de superficie, en una masa forestal.

**2.2.7.2.- Índice de humedad del humus.** Indica la sequedad de la materia orgánica muerta compactada conocida como humus, para capas de 5 a 10 cm de espesor.

**2.2.7.3.- Índice de propagación.** Señala la velocidad de la propagación del fuego inmediatamente después de que se ha producido la ignición, su valor se calcula al combinar los valores del índice de humedad del combustible ligero con el de la velocidad del viento.

**2.2.7.4.- Índice de consumo.** Representa una combinación balanceada de índice de humedad del humus y el índice de sequía; sus valores muestran la cantidad total de combustible disponible.

A partir de la combinación de los índices se determina el **Índice Meteorológico de Peligro (IMP)**, que proporciona una evaluación del potencial del incendio, basado en observaciones meteorológicas de temperatura y pronósticos de precipitación. El cálculo de este Índice lo realiza el Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro de Incendio Forestal (CFFDRS), el cual forma parte del Sistema Espacial de Manejo de Incendios (SEMI).

El SEMI es un instrumento diseñado por el Servicio Forestal Canadiense con el fin de ser utilizado para protección de personas y propiedades del impacto de los incendios de vegetación. Fue diseñado para realizar funciones ejecutivas, estratégicas, de gestión y operativas, puede ser usado a cualquier escala espacial. En México, se generan diariamente los mapas con información que sirven como base para usos como investigación, prevención y gestión de incendios.<sup>5</sup>

### **2.3.- Detección de Incendios Forestales**

Para la detección de los incendios forestales se utilizan diversos medios de detección, desde los tradicionales hasta aquellos en donde la tecnología es fundamental para su operación. En México se realizan cinco tipos de detección:

1. **Detección terrestre fija.** Se realiza mediante torres de observación instaladas en puntos dominantes y estratégicos de campamentos forestales de prevención y combate, en los cuales personal especializado observa y reporta durante todo el día la presencia de incendios forestales. Con ello se logra una mayor cobertura dentro de las zonas arboladas y una observación permanente.
2. **Detección terrestre móvil.** Se utiliza en donde el recurso forestal tiene gran valor, áreas turísticas, o donde hay dificultades para visualizar el bosque desde las torres. Este tipo de detección se realiza mediante recorridos de personal de las brigadas de control de incendios y con la ayuda de diversas instituciones (SCT, PFP, SECTUR, SEDENA, CAPUFE), cuyo personal se desplaza por carreteras o caminos que cruzan áreas forestales.
3. **Detección aérea.** Esta detección se realiza mediante vuelos en zonas boscosas donde no se cuenta con infraestructura de caminos. En este trabajo participan de manera indirecta la

---

<sup>5</sup> Elaborado por Semarnat con base en: Cenapred / Segob / Sistema Nacional de Protección Civil, Diagnóstico de Peligros e identificación de Riesgos de Desastres en México, Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana , México 2001

Fuerza Aérea Mexicana, PGR, PFP, y líneas aéreas comerciales y privadas, quienes reportan los incendios a las torres de control de los aeropuertos más cercanos a sus vuelos y de allí a los Centros Estatales y Nacional de Control de Incendios Forestales de CONAFOR.

4. **Detección satelital.** Con el apoyo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CNA) se detectan los incendios mediante imágenes de satélite. Las antenas reciben diariamente en dos ocasiones (CONABIO) o cada 20 minutos (CNA) las imágenes del territorio nacional, las cuales, permiten observar los "puntos de calor"<sup>6</sup> en territorio nacional. Este método ha ayudado grandemente con el estudio y la observación de estos fenómenos, y desplazado a algunos otros métodos antiguos.
5. **Sistema de Información Geográfica,** diseñado por el Servicio Forestal de Canadá, que produce mapas de riesgo meteorológico, y el análisis de técnicos especializados en el Centro Nacional de Control de Incendios Forestales, para emitir un reporte diario y reportes especiales cuando las condiciones sobre los incendios forestales se consideran extremas

---

<sup>6</sup> La CONABIO como el Servicio Meteorológico Nacional desarrollan las acciones del Programa para Detección de Puntos de Calor Mediante Técnicas de Percepción Remota en tiempo real. La información de CONABIO se encuentra estructurada por años y adicionalmente a los puntos de calor se puede obtener información tabular, georreferenciada (mapas dinámicos) y cuadros de noticias.

## **Capítulo III**

### **Políticas de prevención**

#### **Resumen**

Se habla acerca de las políticas para la prevención de incendios forestales y de la estrategia actual para contrarrestar el potencial riesgo a causa del paso del huracán Dean por el estado de Quintana Roo.

#### **3.1.- Políticas de prevención a nivel Mundial.**

En materia de incendios forestales, la comunidad internacional se ha organizado para dar respuesta a estos retos, estableciendo una serie de principios y acciones estratégicas, a través de las cuales se busca lograr la ordenación, conservación, protección y manejo sostenible de los recursos forestales. Entre las líneas de acción que se han definido, están las directrices para el Manejo Integral del Fuego, surgidas como recomendaciones de la Cumbre Internacional sobre Ordenación Forestal Sostenible y del Comité Forestal FAO (COFO), realizadas en marzo de 2005.

Varios organismos y programas del sistema de las Naciones Unidas trabajan en problemas relacionados con los incendios forestales:

- La FAO: en la ordenación forestal sostenible, ordenación de los incendios y participación de la comunidad.
- La Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios (OCAH): en la coordinación de respuestas internacionales a las emergencias de incendios forestales.
- El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA): en la evaluación de las consecuencias medioambientales de los incendios de la vegetación, alerta temprana y vigilancia.
- La Organización Mundial de la Salud (OMS): en la protección de la salud humana contra los efectos adversos de los incendios de la vegetación y la contaminación por humo.
- La Organización Meteorológica Mundial (OMM): en la alerta temprana acerca de las condiciones meteorológicas determinantes a situaciones críticas que favorecen los incendios.

Existen varios convenios mundiales que tienen por mandato proteger la función de la cubierta vegetal y el ecosistema, como el Convenio sobre la diversidad biológica (CBD), el Convenio de lucha contra la desertificación (CLD), la Convención Ramsar y el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Dada la diversidad de responsabilidades de distintos sectores dentro del sistema de las Naciones Unidas, se estableció en 2001 un Grupo de trabajo interinstitucional para los incendios forestales con el propósito de facilitar el diálogo referido a la política en común. El Grupo de trabajo se estableció dentro del Equipo de Tareas Interinstitucional sobre la Reducción de Desastres bajo la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) de las Naciones Unidas

La Cumbre Mundial del 2002 sobre el Desarrollo Sostenible realizada en Sudáfrica, desarrolló un programa de acción con el propósito de reducir los efectos negativos de los incendios forestales sobre la humanidad y el medio ambiente. Posteriormente, se celebró en Sydney (Australia), en octubre de 2003, la Cumbre Internacional sobre los Incendios Forestales en donde uno de los temas fundamentales fue la "Ordenación de incendios y desarrollo sostenible: fortalecimiento de la cooperación internacional para reducir los efectos negativos de los incendios sobre la humanidad y el medio ambiente mundial". Como parte de ese fortalecimiento se formó una red mundial como un medio de consolidar, desarrollar y promover el trabajo de las Redes regionales sobre incendios forestales para aumentar las capacidades existentes acerca de la vigilancia de incendios, de las alertas tempranas y de la evaluación de sus efectos, facilitando la cooperación internacional en la ordenación de los incendios.

Se planeó que a fines del 2003, el Grupo de trabajo sobre incendios forestales fuese transferido a la Red mundial sobre incendios forestales y para apoyar el trabajo de la red mundial, se crearía un Grupo de especialistas sobre incendios forestales bajo el auspicio de la EIRD; este actúa como miembro que convoca y secretaría de la red mundial, apoyando el establecimiento de Redes regionales sobre incendios forestales y facilitando los esfuerzos de cooperación con los organismos existentes, incluyendo a la FAO y a otros como:

- Equipos regionales con mandato de las Naciones Unidas: el Grupo asesor sobre incendios forestales de la EIRD, la Comisión Económica para Europa (CEPE)/FAO/Organización Internacional del Trabajo (OIT)/Grupo de especialistas sobre incendios forestales, el Grupo de trabajo sobre la ordenación de incendios forestales de la Comisión Forestal para América del Norte de la FAO y el Grupo de incendios forestales del Comité sobre Cuestiones Forestales del Mediterráneo – *Silva Mediterranea*, que es un Comité de la Comisión Forestal y de la Flora y la Fauna Silvestres para África, la Comisión Forestal Europea y la Comisión Forestal para el Cercano Oriente de la FAO.
- Observación mundial de la dinámica de la cubierta forestal y la cubierta terrestre, Equipos de Ejecución en materia de

Incendios (un subconjunto del Sistema mundial de observación terrestre).

- El Grupo asesor sobre emergencias medioambientales y la Dependencia Conjunta para el Medio Ambiente de la Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (OCAH) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (Goldammer 2003)

El 17 de junio de 2004 durante la reunión para la fundación de la Red Regional Sudamericana de Incendios Forestales desarrollada en Curitiba, Brasil, se propuso la fundación de la Red Regional del Caribe de Incendios Forestales, los días 21 y 22 de octubre de 2004 en San José, Costa Rica; las Reuniones de las Redes (América del Norte, América Central, el Caribe, América del Sur) sirvieron de base a la Conferencia Panamericana sobre Incendios Forestales desarrollada el 23 de octubre. El objetivo de esta Conferencia fue fortalecer la cooperación internacional para el manejo, prevención y control de los incendios forestales y elaborar una declaración panamericana sobre el manejo y la cooperación internacional en el tema de los incendios forestales.

El 14 de marzo de 2005 se desarrolló en Roma la Reunión Ministerial sobre Bosques convocada por el Director General de la FAO. Los Ministros responsables del sector forestal se comprometieron, a incrementar la cooperación internacional en relación con los incendios forestales.

En marzo de 2006 la Comisión centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) oficialmente aprobó la "Estrategia centroamericana para la gestión de incendios Forestales" la cual fue elaborada por la Red de Puntos Focales, junto con la ayuda de la FAO y el GFMC. México participó activamente en la elaboración de este documento.

En el 2007 se han consolidado las redes regionales de Incendios Forestales alrededor del mundo.; Hay que reconocer el gran trabajo que se está realizando a través de la pagina de Internet, donde se puede encontrar información detallada de cada región. (Ramos 2007)

Nuestro país se encuentra contemplado en 2 subregiones, la Región Mesoamericana y la región de América del Norte; esto supone una mayor participación y presencia internacional de México, sin embargo aún hace falta reforzar la labor de difusión de esta información.

### **3.2.- Políticas Nacionales**

En México el tema del manejo de los incendios no es nuevo. Por las ancestrales costumbres del uso del fuego, siempre ha existido un contacto directo y por ende un control; sin embargo los niveles descontrolados de fuego, que provocan la magnitud de los incendios forestales, han llevado a las autoridades a recurrir a medidas más eficientes, y reducir las tasas de deforestación provocada por incendios forestales. Los bosques de nuestro país han sido declarados como un asunto de seguridad nacional. Bajo esta declaración, el Gobierno Federal ha implementado estrategias para mitigar sus efectos, razón por la cual se estableció el Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales, a cargo de la CONAFOR desde 2002, y en cuya aplicación participan instituciones de los tres órdenes de gobierno, organismos civiles y voluntarios. Este programa fue tan criticado por su falta de resultados, tanto que el 27 de marzo de 2007, el Senador Mario López Valdez, integrante del Grupo Parlamentario del Partido Revolucionario Institucional, presentó dos propuestas solicitando a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, "transparentar las cifras acerca del índice de deforestación; y solicitó al Poder Ejecutivo Federal informar, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, sobre los resultados obtenidos de la instrumentación del Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales para 2007".

#### **Programa Nacional de Control de Incendios forestales.**

El Programa Nacional de Control de Incendios forestales se crea en México aunado con el Sistema de Prevención, para hacer más eficientes las labores de detección y combate de incendios forestales.

La estructura operativa del Programa Nacional de Control de Incendios Forestales procuró que cada una de las 32 entidades federativas tenga su coordinación propia, que opere a través de los Centros Estatales de Control de Incendios Forestales. Estos Centros son co-operados por personal de la Comisión Nacional Forestal y del gobierno estatal. Por parte de CONAFOR, el mando operativo que está al frente del Centro Estatal es el Coordinador Estatal del Programa de Incendios.

### **3.3.- Políticas Estatales**

Para la Comisión Nacional Forestal, el estado de Quintana Roo es un importante punto en cuanto a peligro a causa de incendios forestales; por esta razón, puso en marcha un plan nacional emergente enfocado a prevenir el riesgo de incendios forestales en las zonas que fueron afectadas por el huracán "Dean", en el sur de Quintana Roo. El "Programa Integral de Atención de los Daños Ocasionados por el Huracán Dean" en las selvas de Quintana Roo fue presentado el 26 de febrero del 2008; con una inversión de 120 millones de pesos, tuvo como objetivos: evitar o reducir la presencia de incendios forestales, minimizar su propagación, detectar la presencia de incendios y reportar su ubicación de manera oportuna y precisa, efectuar el ataque inicial de manera efectiva, rápida y con seguridad para el personal combatiente, atender en coordinación con los tres niveles de Gobierno las emergencias por incendios forestales, aplicando el Sistema para Manejar Emergencias (SME) y monitorear los efectos del fuego y orientar las tareas de restauración.(CONAFOR, 2008)

## **Capítulo IV**

### **Conclusiones**

Los índices de incendios evalúan la probabilidad de que se inicie un incendio en función de las condiciones meteorológicas, pero ya que por lo general estos índices consideran entre sus principales variables la temperatura, la humedad relativa y la cantidad de precipitación, tienen como limitante en su utilidad la validez de los valores en zonas alejadas al punto de medición.

Al inicio de esta investigación, se creía que podría ser factible proponer la utilización de algún índice para la prevención de incendios forestales, para utilizarlo en el estado de Quintana Roo, contribuyendo a la prevención de estos eventos. Sin embargo, a través de todo este proceso de investigación, se observó que los métodos tradicionales como la utilización de índices forestales están siendo complementados y en algunos casos desplazados por las nuevas tecnologías satelitales utilizadas actualmente por CONAFOR, CNA y CONABIO. Por esta razón, se considera que la forma de poder combatir este tipo de fenómenos mediante los sistemas de detección actualmente utilizados en México, es considerablemente buena. Las amenazas, tanto a la salud y a la seguridad humana, como al ecosistema, han obligado a las instituciones a generar estrategias y buscar herramientas para contrarrestar estos efectos; sin embargo aun se requiere mayor investigación en cuanto a la relación directa que existe entre los ciclones y los incendios forestales. La importancia del estudio de los incendios es tan alta debido a las consecuencias que estos producen en el cambio climático.

### **Recomendaciones**

En cuanto a las recomendaciones que se pueden generar a partir de esta investigación se considera que:

Definir mejor las zonas de riesgo estatal teniendo en cuenta la frecuencia de incendios, los combustibles forestales, el valor de las áreas forestales y las zonas protegidas.

Analizar las emisiones producidas por los incendios y de sus impactos en la salud humana.

Elaborar más estudios sobre causas de incendios y su relación con los ciclones, así como las posibles acciones preventivas en cooperación con la población local, haciendo eficientes las técnicas de combate con mejor equipo.

## Bibliografía

1. Aguado Inmaculada y Camia Andrea, "Fundamentos y utilización de Índices meteorológicos de incendios" Edita Universidad de Alcalá, España, 1998
2. Arnaldos Viger Joseph, Navalon Novell Xavier etal Pastor E, Planas E, Zarate L. "Manual de ingeniería básica para la prevención de incendios forestales" Ediciones Mundi Prensa, Barcelona, 2004
3. Bitrán Bitrán Daniel "Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-99" Edita Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, 2001
4. Comisión Nacional Forestal "incendios forestales, guía practica para comunicadores", Primera edición, 2006, Zapopan Jalisco.
5. Dentoni María y Muñoz Miriam "Plan nacional de manejo del fuego" editado por la Secretaria Nacional de ambiente y Desarrollo Sustentable" 2006
6. Dictámenes a discusión de la comisión de medio ambiente, recursos naturales y pesca, solicitud de información sobre la metodología utilizada para determinar las "cifras sobre deforestación, así como los resultados del programa nacional de reforestación y sobre los resultados obtenidos en materia de prevención y combate a incendios forestales, durante 2007".
7. Flores José Germán y Rodríguez Dante Arturo "Incendios Forestales" Editorial Grupo Mundiprensa, Segunda edición 2006, México
8. Goldammer Johann G. "Estrategia internacional para la reducción de desastres de las Naciones Unidas (UN-EIRD)". Director del Centro Global para el Monitoreo de Incendios (GFMC) y Coordinador del Grupo Asesor sobre Incendios Forestales, 2003
9. Kneeland D. "Situación de los Bosques del Mundo 2007" Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 2007
10. Leon Negrete Rafael, "Programa sectorial de desarrollo forestal 2005-2011", Primera edición, octubre 2005, Quintana Roo municipio de Othón P. Blanco.
11. "Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable" Ley Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de Febrero de 2003, Texto Vigente, Ultima reforma publicada DOF 25 - 12 - 2005.
12. "Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente" Ley Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Enero de 1988 Texto Vigente - Ultima reforma publicada DOF 07- 12 -2005.
13. María C. Dentoni y Miriam M. Muñoz, "Sistemas de Evaluación de Peligro de Incendios" Edita Secretaria de Desarrollo Sustentable, España, 2006

14. Navarrete Raúl, Reina Joaquín, Oberhuber T, Nieto M. "Incendios forestales: Análisis y propuestas" Edita Ecoligistas en Acción, Madrid, España 2007
15. Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997, Que regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios y que establece las especificaciones, criterios y procedimientos para ordenar la participación social y de gobierno en la detección y el combate de los incendios forestales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de marzo de 1999. (Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales 2003)
16. Organización Panamericana de la Salud, "Hacia un mundo más seguro frente a los desastres naturales: La trayectoria de América Latina y El Caribe", Washington D.C, US; 1994.
17. Organización Panamericana de la Salud, "Salud ambiental con posterioridad a los desastres naturales", Washington, D. C, US; 1982.
18. Ramos Rodríguez Marcos Pedro "Aspectos políticos, institucionales y legales relacionados con el manejo de incendios forestales en la subregión del Caribe" Wild FIRE, Sevilla España, 2007
19. Rodríguez, N. y A. Moretti. 1988. Índice de peligro de propagación de Incendios Forestales. VI Congreso Forestal Argentino
20. SAGPyA Oficina de Riesgo Agropecuario "Riesgo y seguro en el sector forestal" Editorial Chilavert, Buenos Aires Argentina, 2007
21. SEMARNAT, "Atlas Nacional de Riesgos de la Republica Mexicana" Edita Secretaria de Medioambiente y Recursos Naturales, Mexico, 2001
22. Sistema de la Integración Centroamericana (SICA); Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC) "Plan regional de reducción de desastres" Mar.2000.
23. Soares Renato y Batista Antonio, "Ajuste de la fórmula de Monte Alegre Modificada (FMA) para evaluar el riesgo de Paraná, Brasil, hill FIRE sevilla España, 2007
24. SEP, "Quintana Roo Historia y Geografía", México, 1997.
25. Taylor Sthepen "Consideraciones para la aplicación del Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro de Incendios Forestales" Edita Servicio Forestal Canadiense, Canadá, Septiembre 2001
26. Vélez Muños Ricardo, "La defensa contra incendios forestales, fundamentos y experiencias" Editorial Mc Graw Hill, Madrid, España 2006
27. Working Group on Wildland Fire. 2003. Outcomes of the International Wildland Fire Summit (Resultados de la Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales), Sydney, Australia, 8 de octubre de 2003

OMS: *Health guidelines for vegetation fire events*[fecha de consulta: 11 de mayo de 2008]: [www.who.int/docstore/peh/Vegetation\\_fires/vegetation\\_fires.htm](http://www.who.int/docstore/peh/Vegetation_fires/vegetation_fires.htm)

Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) - sitios sobre incendios forestales[fecha de consulta: 13 de marzo de 2008]: [www.itto.or.jp/live/index.jsp](http://www.itto.or.jp/live/index.jsp); [www.fire.uni-freiburg.de/programmes/itto/itto\\_start.htm](http://www.fire.uni-freiburg.de/programmes/itto/itto_start.htm)

Red mundial sobre incendios forestales[fecha de consulta: 17 de marzo de 2008]: [www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/globalNet.html](http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/globalNet.html)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) [fecha de consulta: 2 de junio de 2008] <http://www.semarnat.gob.mx/naturaleza/emergencias/incendios/Incendios.htm>

Sitio de la FAO sobre incendios forestales[fecha de consulta: 2 de marzo de 2008]: [www.fao.org/forestry/site/14050/sp](http://www.fao.org/forestry/site/14050/sp)

## **Anexos**

### **Anexo num. 1**

Comparativo estadístico nacional del número de incendios forestales y superficie afectada, 1998 a 2007

### **Anexo num. 2**

Entidades federativas con mayor superficie afectada por incendios forestales, 2006

### **Anexo num. 3**

Número de incendios forestales y superficie afectada por entidad federativa, 2007

## Anexo num.1.

### Comparativo estadístico nacional del número de incendios forestales y superficie afectada, 1998 a 2007

Temporada Concepto	Superficie afectada (hectáreas)				Número de incendios acumulados
	Total	Pastizal	Forestal	Arbustos y matorrales	
<b>1998</b>					
Resultados históricos	849 632	352 242	198 487	298 903	14 445
Comparación 1998/2007 (%)	17	16	8	23	41
Diferencia 2007-1998	-707 972	-295 062	-183 337	-229 571	-9
<b>1999</b>					
Resultados históricos	231 061	87 840	41 365	101 857	7 979
Comparación 1999/2007 (%)	61	65	37	68	74
Diferencia 2007-1999	-89 401	-30 660	-26 215	-32 526	-2
<b>2000</b>					
Resultados históricos	235 915	101 155	40 475	94 285	8 557
Comparación 2000/2007 (%)	60	57	37	74	69
Diferencia 2007-2000	-94 255	-43 975	-25 326	-24 953	-2 664
<b>2001</b>					
Resultados históricos	137 906	64 953	18 811	54 142	6 376
Comparación 2001/2007 (%)	103	88	81	128	92
Diferencia 2007-2001	3 754	-7 773	-3 661	15 189	-483
<b>2002</b>					
Resultados históricos	198 544	87 671	31 642	79 231	8 160
Comparación 2002/2007 (%)	71	65	48	88	72
Diferencia 2007-2002	-56 883	-30 491	-16 493	-9 899	-2 267

**2003**

Resultados históricos	322 448	103 900	88 262	130 287	8 211
Comparación 2003/2007 (%)	44	55	17	53	72
Diferencia 2007-2003	-180 788	-46 720	-73 112	-60 955	-2 318

**2004**

Resultados históricos	81 322	37 947	10 517	32 858	6 300
Comparación 2004/2007 (%)	174	151	144	211	94
Diferencia 2007-2004	60 339	19 233	4 633	36 473	-407

**2005**

Resultados históricos	276 089	125 540	32 701	117 848	9 709
Comparación 2005/2007 (%)	51	46	46	59	61
Diferencia 2007-2005	-134 428	-68 360	-17 551	-48 517	-3 816

**2006**

Resultados históricos	243 882	85 182	42 122	116 578	8 745
Comparación 2006/2007 (%)	58	67	36	59	67
Diferencia 2007-2006	-102 222	-28 002	-26 972	-47 247	-2 852

**2007**

Resultados	141 660	57 180	15 150	69 332	5 893
------------	---------	--------	--------	--------	-------

**1998-2006 Promedio**

Promedio 1998-2007	286 311	116 270	56 042	113 999	8 720
Comparación Promedio/2007 (%)	49	49	27	61	68
Diferencia 2007-Promedio	-144 651	-59 090	-40 893	-44 667	-2 827

Fuente: SEMARNAT. CONAFOR. *Reporte semanal de incendios forestales, 2007*

## Anexo num. 2.

### Entidades federativas con mayor superficie afectada por incendios forestales, 2006

Entidad federativa	Número de incendios	Superficie afectada (Héctáreas)	Índice de superficie afectada (Héctáreas) <sup>a</sup>
<b>Estados Unidos Mexicanos</b>	<b>8 725</b>	<b>243 864.01</b>	<b>27.95</b>
Quintana Roo	142	53 618.50	377.60
Coahuila	151	24 475.41	162.09
Chihuahua	1 057	18 504.66	17.51
Jalisco	815	15 810.00	19.40
Baja California	195	13 737.70	70.45
Durango	174	13 228.00	76.02
Michoacán de Ocampo	1 062	13 175.55	12.41
Oaxaca	239	13 096.75	54.80
Chiapas	329	10 485.02	31.87
Yucatán	89	9 389.00	105.49
Otros <sup>b</sup>	4 472	58 343.42	13.05

<sup>a</sup>El indicador se obtiene de la división de superficie afectada entre el número de incendios.  
<sup>b</sup>Se refiere al resto de las entidades.

Fuente: SEMARNAT. CONAFOR. *Reporte semanal de incendios forestales, 2006.*

### Anexo num. 3.

#### Número de incendios forestales y superficie afectada por entidad federativa, 2007

Entidad federativa	Incendios y superficie afectada					
	Número de incendios acumulados	Superficie afectada (hectáreas)				
		Total	Pastizal	Arbolado adulto	Renuevo	Arbustos y matorrales
<b>Estados Unidos Mexicanos</b>	<b>5 893</b>	<b>141 660.47</b>	<b>57 179.61</b>	<b>7 214.35</b>	<b>7 935.46</b>	<b>69 332.00</b>
Aguascalientes	14	310.00	219.00	ND	ND	91.00
Baja California	137	29 685.32	375.00	623.50	12.50	28 674.32
Baja California Sur	14	274.10	205.10	5.00	5.00	59.00
Campeche	21	316.00	162.00	154.00	ND	ND
Coahuila de Zaragoza	50	618.70	273.75	0.15	2.30	342.50
Colima	49	503.00	46.50	0.50	5.00	451.00
Chiapas	444	12 893.56	8 681.06	781.50	551.25	2 879.75
Chihuahua	626	10 560.85	6 552.75	357.70	1 048.60	2 601.80
Distrito Federal	681	890.82	717.14	ND	92.36	81.32
Durango	102	4 118.00	1 883.00	25.00	84.00	2 126.00
Guanajuato	26	603.50	522.50	0.50	30.00	50.50
Guerrero	212	12 621.00	7 497.00	12.00	763.00	4 349.00
Hidalgo	50	159.25	65.75	4.00	20.50	69.00
Jalisco	436	14 963.00	6 798.00	856.00	999.00	6 310.00
México	902	2 750.30	713.40	3.50	284.25	1 749.15
Michoacán de Ocampo	798	11 628.65	3 650.00	1 232.00	1 319.00	5 427.65
Morelos	126	326.65	144.80	3.00	8.55	170.30
Nayarit	140	3 351.00	1 317.00	7.00	29.00	1 998.00
Nuevo León	23	1 844.20	1.51	774.00	1.00	1 067.69
Oaxaca	181	16 032.50	7 849.75	1 206.25	1 516.75	5 459.75
Puebla	251	693.95	349.95	4.25	66.65	273.10
Querétaro Arteaga	22	202.05	164.75	1.00	ND	36.30
Quintana Roo	86	757.07	41.00	174.50	3.00	539.20
San Luis Potosí	24	301.00	31.00	25.00	89.50	155.50
Sinaloa	70	4 419.50	2 304.00	204.00	414.00	1 497.50
Sonora	42	4	4	65.00	35.00	ND

		468.50	368.50			
Tabasco	16	1 645.00	24.00	471.00	140.00	1 010.00
Tamaulipas	15	112.50	63.00	ND	ND	49.50
Tlaxcala	127	259.50	190.50	ND	5.50	63.50
Veracruz de Ignacio de la Llave	142	1 287.50	161.90	50.00	406.75	668.85
Yucatán	62	2 678.50	1 461.00	173.00	2.00	1 042.50
Zacatecas	4	385.00	345.00	1.00	1.00	38.00
NOTA: Los datos corresponden del 1º de enero al 31 de diciembre del 2007. ND No disponible.						

Fuente: SEMARNAT. CONAFOR. *Reporte semanal de incendios forestales, 2007*