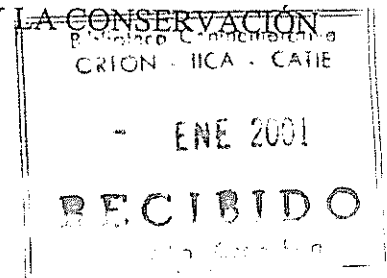


CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO



**CARACTERIZACION DE LOS INCENDIOS Y ESTIMACIÓN  
DE PERDIDAS EN BOSQUE DE PINO DE LA ZONA CENTRAL DE  
HONDURAS**

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar por el grado de:

*Magister Scientiae*

Patricia Panting

Turrialba, Costa Rica  
2000

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgraduados del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE**

FIRMANTES:



Robert Hearne, Ph.D.

Consejero Principal



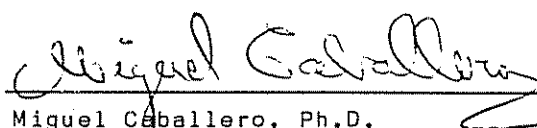
Gilberto Pérez, Ph.D.

Miembro Comité Consejero



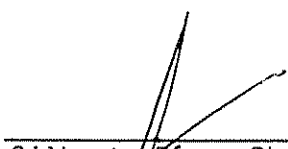
Mario Piedra, Ph.D.

Miembro Comité Consejero



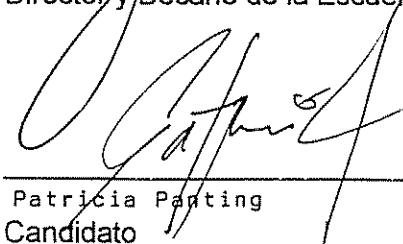
Miguel Caballero, Ph.D.

Miembro Comité Consejero



Gilberto Pérez, Ph.D.

Director y Decano de la Escuela de Posgraduados



Patricia Panting

Candidato

## DEDICATORIA

A mi propia vida,.....mis niños,.....OR, OD y AM, cuanto tiempo me  
prestaron.....gracias por él

Y por tu despojo Oswaldo, invaluable,

A mis padres....y aquella hermana que no para de encontrar lo que sabe y de  
buscar lo que no sabe,

Y con el valor de la convivencia creada con los dos años, a mis queridas  
amigas todas, excepcionales,

A mis estimados profesores forjadores,

A todos, gracias. Que grande mi Dios.

## Agradecimientos

A la mano guía de mi Dios,

A mi querido esposo, por su incondicional apoyo,

A DANIDA por el financiamiento de mis estudios y la investigación,

A mis apreciados profesores, por los conocimientos y experiencia transmitidos y por su búsqueda de la excelencia, la cual traspasa el salón de clases: Dr. Robert Hearne, Dr. Gilberto Paez, Dr. Mario Piedra, Dr. Miguel Caballero, Dr. Kees Prins,

Al personal administrativo de la Escuela de Posgrado, por su apoyo y amabilidad en todas las tareas que se emprendieron en estos dos años,

A mis compañeros de maestría, que siempre me apoyaron en todas las decisiones que nos toco definir y la confianza que depositaron en mi al representarlos, fue un honor,

Al encargado y técnicos del Departamento de Protección Forestal de la AFE/COHDEFOR, que con su experiencia apoyaron el estudio: Lucky Medina, Miguel Salazar, Celia Palacios, Alex Hernández,

Al Jefe Regional de Francisco Morazán, y muy especial al Coordinador de Protección de la misma Regional, así como, los Jefes de Unidades de Gestión de Talanga, Guaimaca y Campamento, respectivamente: Marco Tulio Fonseca, Carlos Velásquez, Antonio Murillo, Oscar Raudales y Odilio Flores.

A los Coordinadores de Protección Forestal de las Regionales Forestales de El Paraíso, Yoro, Comayagua: Carlos Domínguez, Azucena San Martín y Fredy Márquez; su apoyo en la disposición de la información, fue la base para el estudio.

A los profesionales forestales, Nicolás Martínez Corano, Roberto Carlos Avila, por su experiencia y conocimiento de la Protección Forestal en la zona, sirvió para dirigir la investigación,

A mi estimada Profesional Forestal Ana María Erazo y Alejandro Erazo por las carreras de apoyo en la búsqueda de información base del estudio,

A mi asesor nacional Asdrúbal Calderón, por esos detalles, que siempre son grandes.

# CONTENIDO

	Pag
Portada	i
Hoja de aprobación	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	v
Resumen	vii
Summary	ix
Lista de Cuadros	xi
Lista de Figuras	xiii
I. Introducción	1
1.1. Caracterización del problema	1
1.2. Importancia de la investigación	2
1.3. Objetivos	3
1.4. Hipótesis	4
II. Revisión de literatura	5
2.1. El Fuego y los Incendios Forestales	5
2.1.1. Regímenes de los incendios forestales tropicales	6
2.1.2. Tipos de incendios forestales	8
2.1.3. Algunos reportes sobre las causas de los incendios forestales en Honduras	8
2.1.4. Algunos estudios realizados sobre los efectos del fuego	10
2.1.5. Actividades y sistemas de gestión de incendios	11
2.1.6. Aspectos económicos en la estimación del daño por el fuego	12
2.1.7. Daños y efectos del fuego	16
2.1.8. Otros impactos ambientales de los incendios forestales tropicales	17
2.2. Algunas Metodologías de Estimación de Pérdidas por Incendios Forestales Empleadas en la Región	18
2.2.1. Procedimiento de la Secretaría de Agricultura de México	18
2.2.2. Procedimiento propuesto por la Universidad de Chile/OEA	20
III. Materiales y Métodos	21
3.1. Localización del estudio	21
3.1.1. Caracterización de los incendios forestales	21
3.1.2. Estimación de pérdidas por incendios forestales	22
3.2. Material experimental	23
3.2.1. Tamaño, selección y características de la población y muestra	23
3.2.1.1. Características y causalidad de los incendios forestales	23
3.2.1.2. Población y muestra en la estimación de pérdidas	24
3.2.1.3. Definición de temporabilidad de la población y muestra	26
3.2.2. Clasificación y descripción de variables	26
3.2.2.1. Especificación de las variables utilizadas en el análisis de los registros de ocurrencias combatidas en el período 1996-200	26
3.2.2.2. Variables utilizadas en la estimación del valor de las pérdidas por incendios forestales	28
3.2.3. Análisis de la información	33
3.2.3.1. Características de los incendios forestales registrados en la Zona Central	33
3.2.3.2. Regresiones aplicadas en la selección del modelo de pérdidas por incendios forestales en función de los costos de protección	35

IV. Resultados y Discusión	37
4.1. Análisis de tendencias, causas, régimen de los incendios forestales y otras variables	37
4.1.1. Dinámica causal de los incendios forestales de la Zona Central de Honduras	37
4.1.2. Determinación de la Multiplicidad de las Ocurrencias	42
4.1.3. Identificación de sitios de alta ocurrencia de incendios por Región Forestal	47
4.1.4. Análisis de correlaciones a las variables tenencia de los bosques afectados por ocurrencias, tipo de combustible y estratos de bosques quemados	49
4.1.4.1. Correlación área quemada y tenencia del área afectada	50
4.1.4.2. Correlaciones entre los tipos de combustible quemados y los estratos de bosque de pino afectados por las ocurrencias de incendios	50
4.2. Estimación y análisis de las pérdidas por incendios forestales y los costos asociados de protección en propietarios privados de bosques	52
4.2.1. Características físicas de las áreas de las fincas forestales	52
4.2.2. Área afectada por incendios forestales en los bosques privados	52
4.2.3. Caracterización de las estimaciones de pérdidas	52
4.2.4. Estimación de costos de las actividades de protección	55
4.2.5. Relación entre pérdidas y costos de protección	56
4.2.6. Características de sitio de las áreas forestales del estudio	57
4.2.6.1. Modelo econométrico del área quemada	58
4.2.7. Estimación de pérdidas en función de los costos de protección y variables de sitio de las áreas forestales	59
V. Conclusiones y recomendaciones	62
VI. Bibliografía	64
VII. Anexos	68

Panting, P. 2000. Caracterización de Incendios y Estimación de Perdidas en Bosques de Pino de Honduras. Tesis para optar al grado de *Magister Scientiae* CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Palabras claves: Incendios forestales, estimación de perdidas, estimación de costos, actividades de protección, análisis de datos de panel, propietarios privados de bosques, causalidad de incendios.

## RESUMEN

En Honduras la ocurrencia de los incendios forestales es crítico en los bosques de pino de la Zona Central del País. La Zona incluye las Regiones Forestales de Francisco Morazán, Comayagua, El Paraíso, Yoro y Olancho. Actividades de protección se realizan en el control de los incendios a través de diferentes organizaciones y básicamente coordinada por la institución reguladora de los bosques del País. Los bosques privados es responsabilidad legal del propietario su protección.

Este estudio pretende contribuir en las estrategias de la protección sostenible de los bosque de pino mediante una caracterización de los incendios forestales combatidos y registrados por las autoridades forestales de la Zona Central en los últimos cinco años, y estableciendo una estimación de las perdidas económicas en áreas boscosas privadas.

Se recolectó 3.298 reportes oficiales de incendios comprendidos en los años de 1996-2000 de 21 Unidades de Gestión Administrativas de las Regiones Forestales de Francisco Morazán, Comayagua, El Paraíso y Yoro; en ésta última se obtuvo información de 1998-2000. Se analizó las variables causalidad, área quemada, fecha y sitio de la ocurrencia, tipo de combustible, estrato afectado, tipo de tenencia y frecuencia de los incendios.

Se realizó un análisis temporal de la dinámica causal de los incendios, se estableció las principales causales y la tendencia por región forestal. Un análisis de multiplicidad de la ocurrencia, el cual estableció la frecuencia por día de los incendios forestales, la duración temporal de los mismos y se definió la probabilidad de las ocurrencias empleando técnicas Gaussianas de distribución normal estandarizadas. En base a la frecuencia de incendios por sitio de ocurrencia se identificaron sitios de alta ocurrencia por Región Forestal. A través de correlaciones de Pearson se identifico el estrato y tipo de combustible relacionado con las áreas quemadas.

Se realizo una estimación de pérdidas por incendios forestales en áreas privadas con planes de manejo en ejecución. La muestra del estudio consistió en 48 propietarios de las Unidades de Gestión de Talanga, Guaimaca y Campamento. Mediante encuestas aplicadas a los propietarios y un Taller de expertos en protección forestal se identificaron las variables base de la estimación: Estratos del bosque afectados, características del sitio y costos de protección. Se estimó las pérdidas por estratos de bosque afectados por cada propietario y por hectárea en US dólares. Así mismo se estimó los costos de protección por propietario y por hectárea en US dólares. Se realizo un análisis descriptivo de las características de sitio de las áreas forestales privadas.

Se estableció un modelo econométrico del área quemada con las variables características del sitio, vecinidad bosque, potrero, comunidades, agrícolas y el área del bosque del propietario. En igual forma se trato de ajustar un modelo de estimación de las pérdidas con las variables de protección que ejecutan los propietarios privados: Rondas, vigilancia, quemas controladas y brigadas de control de incendios junto con las variables de sitio.

La tendencia de los incendios forestales mostró un comportamiento secular repetitivo, con excepción del año 1998, el cual representó un año inusual en el comportamiento de los incendios. La causalidad antropocéntrica intencionada de los incendios forestales no mostró cambios en los últimos cinco años con incendiarios, quemas de pastoreo y agrícolas como causales principales. Se estableció que un 11,13% de los incendios forestales en la Zona Central se concentran en 26 sitios identificados. Se determinó que más del 80% de los incendios forestales ocurren dentro de los días 70-95 del período de duración de los incendios en Honduras. Se estimó que las pérdidas por incendios forestales en las áreas privadas es de 4,32 US\$ ha<sup>-1</sup> y los costos asociados de protección ascienden a 2,62 US\$ ha<sup>-1</sup>. Que las medidas de protección ejecutadas por los propietarios privados para reducir y controlar los incendios forestales en sus áreas de bosques no está dando los resultados del mínimo costo y la menor pérdida esperada de los modelos estratégicos de la protección forestal más los beneficios de los incendios.



## SUMMARY

The occurrence of forest fires is critical in the pine's forest of Central Honduras. This area includes the forest regions of Francisco Morazán, Comayagua, El Paraiso, Yoro, and Olancho. Fire management activities are carried out to control fires through different organizations. These are coordinated by the country's forest service. On private forest land, the proprietors are legally in charge of fire control.

This study seeks to contribute in sustainable fire management strategies of pine forests by means of a characterization of the registered combated forest fires of the last five years (1996-2000) and to establish an economic estimate of forest fires' effect on private forest management and profits.

Official records of 3,298 reported fires were obtained from 21 Administrative Forest Units of the Districts of Francisco Morazán, Comayagua, El Paraiso y Yoro. The following variables were analyzed: probable cause, burnt area, date and place of occurrence, fuel type, forest stratum, land tenure, and fire frequency.

A temporal analysis of the causes of forest fires was carried out, to determine the main causes and tendencies of the region's forest fires. Also, an analysis of multiple occurrences, established forest fire's daily frequency as well as the temporary duration of the critical fire period. The probability of the occurrences was defined using the Gauss method by standardization of a normal distribution. Based on fires site frequencies, high occurrences sites were identified for each District. Pearson's correlations were used to identified forest stratum and fuel type relation of burnt areas.

The forest fire tendency results showed a repetitive behavior; except 1998, which was an unusual forest fire year. The main anthropocentric causes of forest fires did not show changes in the five years of the analysis, with 'Incendiaros', 'quemados agrícolas y de pastoreo' as the major fires causes on the Central Region of the country. Twenty six sites of high fires occurrences, accounting 11,13% of the region's burnt area were identified. It was determined that nearly 80% of forest fire occurrences happen in the period of 70 to 95 days into the region's forest fire period.

Forest fire losses from private forest burnt areas were estimated. A fire management experts' workshop identified the variables used to estimate losses: Forest strata affected, Site characteristics and Fire management costs. A survey was conducted on a sample of 48 private properties from the administrative forest units of Talanga, Guaimaca, y Campamento.

Using survey results, an econometric model of burnt area was created. Variables representing site characteristics such as owner residency, forest hectare and surrounding land use were used. An econometric model to estimate forest fire losses was created. Explanatory variables included: fire management activities' costs, together with site characteristic variables. A panel data regression, logarithmic transformed regression and multiple regression were the techniques applied.

The forest fire effect losses were estimated to be US\$ 4,32 ha<sup>-1</sup> and fire management activities costs reached US\$ 2,62 ha<sup>-1</sup>. Thus, the private owners' fire management activities executed on their forest do not give satisfactory results to minimize management costs and to reduce forest losses.

## Lista de Cuadros

Titulo	pag.
Cuadro 1. Estimaciones globales de la cantidad anual de biomasa quemada y la resultante emisión de carbono hacia la atmósfera. (Andreae y Goldammer 1992, Goldammer 1993).	18
Cuadro 2. Unidades de Gestión Administrativas por región forestal del estudio	21
Cuadro 3. Registros de Ocurrencia recopiladas en 21 UGA's de las regiones forestales de Francisco Morazán, Comayagua, El Paraíso y Yoro	24
Cuadro 4. Ocurrencia, causalidad y área quemada anual por incendios forestales en la región de Francisco Morazán	38
Cuadro 5. Ocurrencia, causalidad y área quemada anual por incendios forestales en la región de Comayagua	39
Cuadro 6. Ocurrencia, causalidad y área quemada anual por incendios forestales en la región El Paraíso	40
Cuadro 7. Ocurrencia, causalidad y área quemada anual por incendios forestales en la región de Yoro	41
Cuadro 8. Días de Duración del periodo de Incendios Forestales en los bosques de la Zona Central de Honduras, Máxima Multiplicidad, MM y días de MM, DMM	42
Cuadro 9. Modelos probabilísticos ajustados por año al análisis de multiplicidad de incendios Forestales para la Zona Central	43
Cuadro 10. Resultados estadísticos del ajuste del modelo probabilística de la ocurrencia de incendios forestales de la zona Central de Honduras, 1996-2000	45
Cuadro 11. Estimación probabilística de ocurrencias de incendios forestales en la Zona Central de Honduras, (Serie de cinco años, 1996-2000)	46
Cuadro 12. Identificación de sitios con alta ocurrencia de incendios por región forestal	47
Cuadro 13. Distribución de las ocurrencias combatidas tipo de tenencia de las áreas forestales, en tres regiones, 1996 – 2000	49
Cuadro 14. Resultados, análisis prueba de correlación categórica <i>PHI</i> asociada con las variables área quemada en hectáreas por clases y tipo de tenencia	50
Cuadro 15. Resultados de las pruebas de correlación de Pearson aplicadas a las Variables: Área quemada, tipo de combustible y estratos del bosque Afectados por incendios	51

Cuadro 16.	Resumen del área quemada en hectáreas, totales y por propietario, De las UGA's de Talanga, Guaimaca y Campamento 1996 – 2000	52
Cuadro 17.	Resultados de las pérdidas por estratos de bosques en miles de US\$ Dólares, por incendios forestales en áreas privadas de las UGA's de Talanga, Guaimaca y Campamento en Honduras	53
Cuadro 18.	Estimación de Pérdidas Anuales en US dólares en propietarios privados de bosques de las Unidades de Gestión de Talanga, Guaimaca y Campamento, en Honduras	54
Cuadro 19.	Costos por actividad de protección ejecutada por propietarios privados de bosques en US\$ por hectárea y Total de Costos de Protección	56
Cuadro 20.	Características de sitio de las áreas de bosques privados del estudio	58
Cuadro 21.	Resultados del modelo de regresión de los bosques privados en relación al área quemada en hectáreas y variables de sitio	59
Cuadro 22.	Resultados de tres modelos ajustados explicativos de la estimación de pérdidas por incendios forestales con variables de costos de protección y de sitio en bosques privados de Honduras	61

## Lista de figuras

Titulo	pag.
Figura 1. Superficie de bosques quemados en Centroamérica en 1998. Fuente FAO	5
Figura 2. Tipos de regímenes de fuego tropicales y sub-tropicales relacionados a los gradientes ecológicos y antropocéntricos (Goldammer, 1993)	7
Figura 3. Modelo general de manejo de incendios	14
Figura 4. Mapa de localización del estudio	22
Figura 5. Análisis de multiplicidad comparativa 1996-2000 de la zona central de Honduras muestra el total de días por año de duración de incendios y su frecuencia.	44
Figura 6. Ajuste de Curva de la multiplicidad de incendios forestales para la Zona Central de Honduras, 1996-2000.	45
Figura 7. Estimación de pérdidas en miles de US dolares por estratos afectados por Incendios forestales de propietarios privados de bosques	54
Figura 8. Relación de perdidas y gastos de protección por incendios forestales, Talanga, Guaimaca y Campamento, 1996-2000.	57

## I. Introducción

### 1.1. Caracterización del problema

Los bosques de Honduras representan una fuente importante de generación de recursos económicos al País, además, una fuente de estabilización de servicios naturales y ambientales. Sin embargo, el problema de los incendios forestales en Honduras se ha incrementado a niveles críticos, en los últimos años. Su propagación frecuencia e intensidad fue aguda en 1998 con la presencia del fenómeno del Niño y a la sequía asociada con el mismo. Los factores culturales asociados al uso del fuego, la creciente población y presiones en el uso de la tierra continúan siendo factores decisivos en la magnitud de los efectos de los incendios forestales.

Estos incendios causan daños mayores al bosque de pino, que es el ecosistema más inflamable (Salazar 1998), con efectos económicos negativos, no solo en productos con valor de mercado como la madera, y la destrucción de bosques jóvenes, sino también en pérdidas directas e indirectas y pérdidas intangibles al valor del ecosistema de la cuenca afectada, biodiversidad y otros valores de no mercado (González-Caban 1998).

Los estadísticas llevadas por el Departamento de Protección, de la Administración Forestal del Estado, AFE/COHDEFOR, reportan para el País un promedio de 1.655,00 incendios combatidos en el periodo de 1995-1999, con un área quemada de 94.833,7 hectáreas.

Según Salazar (1998), más del 40% de la población hondureña se encuentra asentada en las áreas forestales, equivalentes al 53,2% del territorio nacional.

Si bien es cierto, en el País cada año cuando inicia el periodo seco, que comprende los meses de febrero a principios de mayo, la población en general empieza a sentir los efectos de las altas temperaturas, humo sobre las ciudades principales, cierre de aeropuertos por la escasa visibilidad, racionamiento de agua, bosques quemados por ambos lados de las carreteras principales; toma conciencia. Sin embargo, la misma se olvida una vez que caen las primeras lluvias que marcan el inicio del periodo lluvioso. Las causas de las quemaduras, en la mayoría de los escritos al respecto, conducirán a causas como: Incendiaros, quemaduras agrícolas y de pastoreo. Esto es crítico ya que el país basa su economía en la agricultura y silvicultura, por lo que es determinante conocer la relación causal de los incendios y la producción en el

espacio y el tiempo. Esta información es necesaria para el desarrollo de programas integrales en el manejo de los incendios forestales. La prevención siempre es más eficiente, pero, una prevención que involucre alternativas en el manejo del fuego.

## 1.2 Importancia de la investigación

Según la Administración Forestal del Estado, AFE/COHDEFOR en el documento "Análisis del Sub-sector Forestal" de 1995, estima que el 87.7% del territorio nacional se consideran tierras de vocación forestal; esto representa 98,629 km<sup>2</sup> Según Salazar (1998), estos bosques representan el principal potencial para el desarrollo económico del país.

Los bosques de pino en el País, según AFE/COHDEFOR (1995) alcanzan 2.512,7 miles de hectáreas; de los cuales un 695,2 miles de hectáreas corresponden a bosques de pino densos y un 1.817,5 miles de hectáreas a bosques de pino ralos. Esta clasificación esta basada al uso actual del suelo y obtenidas del mapa forestal base de 1995, el cual es actualizado cada cinco años.

El Gobierno de Honduras en 1993 y bajo el marco de reformas políticas introducidas como resultado de negociaciones con organismos internacionales de crédito, emite el decreto Ley 103-93, conocido por Ley de Modernización del Estado. En el capítulo VI de la misma, en lo concerniente al Sub-sector forestal del país, el estado devuelve la administración de los bosques a los propietarios, ya sean privados o ejidales; estableciendo un nuevo marco jurídico forestal en donde los aprovechamientos de los bosques se regulan por Planes de Manejo aprobados y supervisados por la Administración Forestal del Estado, AFE/COHDEFOR, (COHDEFOR, 1995).

La protección forestal pasan a ser parte de un plan de manejo que un propietario privado de área boscosa debe implementar. Por lo que este estudio efectuó una valoración de las pérdidas asociadas a los incendios forestales en áreas privadas; estimando las pérdidas a los diferentes estratos del bosque asociados al valor de mercado del bien afectado y cuantificando los costos incurridos por los propietarios en actividades de protección contra incendios forestales, además, se tomaron variables de sitio y para poder establecer el modelo que explique las pérdidas por los incendios forestales.

Se efectuó una caracterización de la ocurrencia de incendios forestales de los últimos cinco años de la zona central.

### 1.3. Objetivos

#### **Objetivo General**

El objetivo general de éste estudio es:

Analizar las ocurrencias, pérdidas y medidas de prevención para diseñar estrategias orientadas a la prevención y reducción de incendios forestales

#### **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos de éste estudio son:

Analizar el comportamiento de los incendios forestales su distribución espacial y su periodicidad de ocurrencia por sitio;

Identificar la variabilidad de las causas por años y áreas de la zona geográfica del estudio;

Estimar las pérdidas por incendios forestales en función de las estrategias de protección; y

Generar información necesaria que permita desarrollar estrategias para la protección forestal.



#### 1.4. Hipótesis

Los factores de los incendios muestran un patrón de comportamiento repetitivo.

Las medidas de protección tienen retornos rentables en la mitigación de las pérdidas ocasionadas por los incendios forestales.

El valor que le asignan los propietarios privados de bosques a sus áreas tienen relación directa con sus gastos de prevención contra incendios.

## II. Revisión de Literatura

### 2.1. El Fuego y los Incendios Forestales

No existe duda que una de las formas en las cuales el hombre ha producido mayor efecto sobre los bosques en el mundo es a través del fuego. Su importancia es de tal magnitud que el problema de los incendios forestales constituye hoy día motivo de inclusión en tratados y convenios internacionales dadas sus consecuencias mundiales. Incendios como los dados en Indonesia en 1982-1983, 1997-1998 o como en Centroamérica (Figura 1), México y Brasil en 1998, incrementados por los efectos del fenómeno de El Niño, tuvieron consecuencias extra-regionales. Razón por la cual, los incendios actualmente no son ya parte exclusiva de la ciencia forestal.

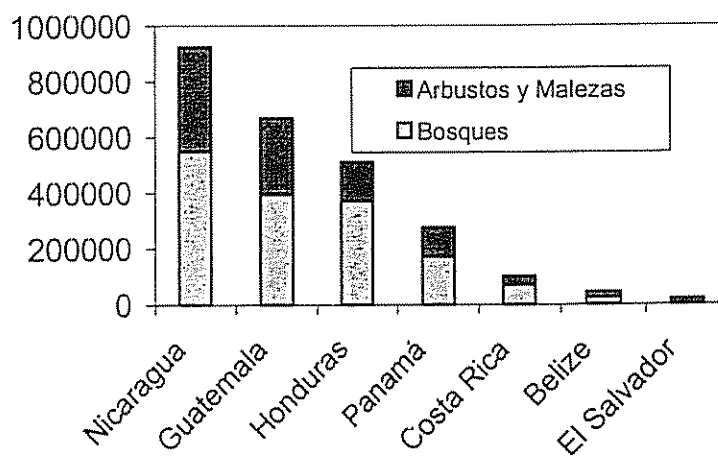


Figura 1. Superficie de Bosques Quemados en Centroamérica, 1998.  
Fuente: FAO (1998).

Donoso (1992) argumenta que en la mayor parte de las regiones forestales del mundo, siempre que no sean muy secas, o bien muy frías y húmedas, el fuego ha jugado un papel importante en el desarrollo de la vegetación. En muchas áreas del sudeste y oeste de los

Estados Unidos, los incendios son muy comunes; por lo que el fuego se considera un factor que controla la vegetación. Por ejemplo, los bosques de Chaparral de California, áreas de *Pinus ponderosa*, son especies que pueden sobrevivir y mantenerse al fuego exitosamente. Todas las regiones mediterráneas del mundo representan tipos de vegetaciones inducidas por el fuego, cuentan con áreas de vegetación esclerófila, formada por especies resistentes al fuego (Donoso 1992).

Wolffsohn (1986), expresa que cualquier sitio donde el fuego es frecuente se desarrollan especies pirofíticas. Estas especies necesitan el fuego para su permanencia y, en la ausencia del fuego, no pueden competir con otras especies. Sus características son, corteza gruesa que le sirve como aislante; partes subterráneas gruesas; rebrota fácilmente; producción eficiente y prolífica de semillas; la producción, diseminación o germinación es estimulada por el fuego; exigentes a la luz; toleran suelos infértiles; follaje muy inflamable, normalmente es fino y/o tiene aceite, resina o cera. Por estas características las especies pueden sobrevivir o regenerarse rápidamente después de un fuego y la inflamabilidad de su follaje mata sus competidores no resistentes al fuego (Wolffsohn 1986). Las especies de pinares hondureños son ejemplos de asociaciones pirofíticas. La permanencia del pinar depende de los incendios; pero si estos son muy frecuentes, sin interrupción, la vegetación se condena a ser un zacatal en su último caso o bosques degradados con sus efectos intrínsecos al ecosistema del mismo.

#### 2.1.1. Regímenes de los Incendios Forestales Tropicales

Los incendios forestales en bosques tropicales son caracterizados y distinguidos por intervalos de retorno o frecuencia e intensidad de los mismos. Goldammer (1993) presenta en la figura 2, una caracterización de los regímenes de incendios en el trópico y sub-trópico basados en gradientes ecológicos y antropocéntricos.

De acuerdo con la clasificación efectuada por Goldammer (1993), el régimen de incendio en el cual la Región Centroamericana se reconoce es en el Bosque de Pino Clímax de Fuego; en la figura 2, se describe el régimen para comunidades naturales de bosques, y a medida bajamos en la figura por cuadro, los gradientes ecológicos y antropocéntricos aumentan, lo cual es caracterizado por los segmentos IV y V, con Alta Inestabilidad y Alta Fragilidad de los bosques de pino.

I.	Comunidades Forestales Naturales Ausencia o extremados largos periodos de retorno del fuego Tierras bajas del trópico lluvioso en el perhumedo clima ecuatorial moderno
II.	Comunidades Forestales Naturales Intervalos de retornos largos, reemplazos de áreas por el fuego Montano, coníferas subalpinas y bosques de hoja ancha; bosque tropical lluvioso, bosques de pantanos.
III.	Bosques Naturales Clímax de Fuego Intervalos de retornos cortos, fuegos superficiales de baja intensidad, fuegos de copa de alta intensidad Bosques secos serófilos
IV.	Bosques Clímax de Fuego antropocéntricos (Alta estabilidad) Frecuentes, periodos de retorno cortos. Fuegos superficiales de baja intensidad. Bosques de pino, bosques secos deciduos. Baja erosión.
V.	Bosques Clímax de Fuego antropocéntricos (Alta fragilidad) Frecuentes, periodos de retorno cortos Fuegos superficiales de baja intensidad. Bosques de pino, bosques secos deciduos. erosión alta
VI.	Naturales/Savanas antropocéntricas Frecuentes (1 a 3 años de retorno). Fuegos superficiales de baja y alta intensidad. Árboles, arbustos y savanas
VII.	Savanas degradadas Intervalos de retorno largos, fuegos superficiales de baja intensidad Combustible disperso, vegetación espaciada Desertificación

Figura 2. Tipos de Regímenes de Fuego Tropicales y Sub-tropicales Relacionados a los Gradientes Ecológicos y Antropocéntricos (Goldammer, 1993).

### **Bosques de Pino Clímax de Fuego.**

Aproximadamente existen 105 especies de pino reconocidas. Los bosques tropicales de pino clímax del fuego ocurren desde el norte de Nicaragua a través de Centro América, elevaciones medias del sur de los Himalayas, en las elevaciones sub montanas en Burma, Tailandia, Laos, Kampuchea, Vietnam, Filipinas e Indonesia (Sumatra). Estos bosques son el resultado de una larga historia de incendios naturales y antropocéntricos.

Goldammer (1993), argumenta que los periodos de retorno de los incendios en los bosques clímax de fuego se han vuelto mas cortos durante las ultimas décadas. Los retornos de los

incendios no exceden de uno a cinco años; debido principalmente a factores socioculturales y al descuido en el uso del fuego, al pastoreo, corte ilegal de leña y madera y muchos otros. Las consecuencias de este incremento en la ocurrencia de incendios tiende a desestabilizar las comunidades forestales clímax de fuego y como resultante son los bosques degradados, erosión y subsecuentes inundaciones en las tierras bajas.

### 2.1.2 Tipos de Incendios Forestales

Comúnmente se pueden diferenciar tres tipos de incendios forestales, según su ubicación en relación con la superficie del suelo y su forma de propagación: Subterráneos, superficiales y de copa.

Los incendios subterráneos, son incendios sin llamas que consumen las acumulaciones de materia orgánica que se producen en los bosques. Este tipo de incendios se propaga lentamente, los mismos matan todos los árboles que tienen sus raíces ancladas en la materia orgánica, sobreviven aquellos que tienen sus raíces mas debajo de los horizontes orgánicos. Estos incendios son de difícil detección y muy destructivos.

Los incendios superficiales, son incendios que queman desechos superficiales y vegetación baja. Es decir, se producen en el piso y se propagan rápidamente quemando pastos, hierbas, arbustos, base de los troncos, las raíces pueden también ser dañadas. Según Wolffsohn (1986) en la mayoría de los incendios forestales de los bosques de Honduras el nivel mediano de mortalidad es cerca de 1 a 1.5 m. El nivel mediano de mortalidad es la altura donde la mitad de los árboles mueren. El *Pinus oocarpa* es ligeramente menos resistente, pero árboles jóvenes menores de 10 cm de diámetro (a la altura del pecho) pueden rebrotar del nivel del suelo después de la muerte de su fuste (Wolffsohn 1983).

Los incendios de copas son comunes en bosques densos donde las copas de los árboles se tocan entre sí. Son los incendios de más rápida propagación.

### 2.1.3. Algunos Reportes sobre las Causas de los Incendios Forestales en Honduras

Sosa (1985), reporta resultados de un estudio llevado a cabo en el periodo de 1978 a 1985 en un área de la zona central de Honduras. Las principales causas identificadas fueron incendiarios (64.5%), quema de rozas (14.65%) y en tercer lugar a practicas ganaderas (10.86%). Los incendios originados por quemas de rozas se presentan porque el agricultor no realiza medidas o practicas adecuadas para la prevención en el control del fuego, ya que, en

su mayoría, acostumbra a realizar las quemas sin realizar una ronda o franja preventiva. Se encuentran situaciones en donde las rondas realizadas no reúnen el ancho y limpieza necesaria de acuerdo a las especificaciones propias del área para hacerlas efectivas al control del incendio.

De acuerdo a Vásquez A. (1996), los factores que inciden en la ocurrencia, propagación y daños provocados por el fuego en los recursos forestales, silvestres, hídricos, humanos y materiales, en los países de Centroamérica, es la escasa e incompleta información recopilada acerca de los orígenes y causas de los incendios forestales, dificultando la utilización de los indicadores, para elaborar y ejecutar los planes de protección contra incendios forestales.

Para el manejo de un programa efectivo de incendios, una base de datos que indique la ocurrencia y causas de los incendios por año es esencial. Es casi imposible, por ejemplo, diseñar campañas de prevención de fuegos específicas, si no se puede identificar las causas de los incendios de una forma sistemática. Si las causas de ocurrencia de incendios críticos no se conocen, entonces, se vuelve extremadamente difícil enmarcar una prevención significativa. Registrar el número, el área quemada a través de los años de los incendios nos permite una organización para monitorear y evaluar el comportamiento de los programas de manejo de incendios. Además, nos permite adecuar los esfuerzos de los programas de prevención y supresión a las áreas críticas (Mutch et. al, 1998).

Según Salazar (1995), las causas más frecuentes en la ocurrencia de los incendios forestales en Honduras como promedio en los últimos 10 años han sido: 60% intencionales, 20% quemas con fines de pastoreo, 15% por quemas agrícolas, 5% por otras causas menores, tales como pescadores, leñadores, cazadores, colmeneros, niños y caminatas nocturnas.

Los incendios forestales en Honduras se concentran en los meses de enero hasta junio, siendo los meses de mayor peligro de incendios y por consiguiente de mayor ocurrencia, los meses de marzo y abril.

#### 2.1.4. Algunos Estudios Realizados sobre los Efectos del Fuego

Según FAO (En Perspectivas de la Silvicultura Mundial, 1994), los incendios son parte integral de los ecosistemas forestales, que bajo ciertas condiciones de frecuencias pueden ocasionar daños de gran extensión e interrumpir el flujo de bienes y servicios que los bosques proporcionan. Así mismo, pueden afectar el desarrollo y supervivencia de los árboles, la calidad y producción de agua, los hábitat de la fauna, la diversidad de especies, la producción de forrajes y los valores recreativos, escénicos y culturales. La destrucción de la vegetación por el fuego puede ocasionar la erosión del suelo, especialmente en zonas de laderas, dando lugar a la sedimentación en los abastecimientos de agua.

En los años de 1977 a 1980, se condujo un estudio por Hudson et al (1983), para medir los efectos del fuego sobre la escorrentía superficial y la pérdida de sedimentos, el estudio se llevo a cabo en la zona central de Honduras, con quemas controladas, sus resultados muestran que la escorrentía superficial y la pérdida de sedimentos se incrementaron en un periodo de casi dos años. El porcentaje de escorrentía se incremento por un factor de 1,4 a 6,1 y la pérdida de sedimentos por un factor de 2,4 a 59,2. El promedio de pérdida de sedimentos fue de 40,15 kg/ha por año. Veintiocho meses después de la quema de las parcelas, los porcentajes de escorrentía y sedimentos iniciaron a bajar a niveles cercanos a sus parcelas control. Lo importante de este estudio para el manejo forestal esta relacionado a la frecuencia entre incendios forestales en los bosques. Las quemas en bosques de *Pinus oocarpa* están probablemente en el rango de tres a cuatro años para reducir peligro en el establecimiento de rodales jóvenes y en áreas de alto riesgo y de siete a mas años en rodales más grandes, con árboles mas tolerantes al fuego (Hudson et al, 1983).

La segunda parte del estudio arriba descrito, analiza los efectos de los incendios sobre el ciclo de los nutrientes en quemas controladas en bosques de *Pinus oocarpa* y en la zona central del País. Hudson et al, (1983) reporta que los estudios indican que quemas bajas en intensidad bajo el dosel del bosque incrementa la pérdida de nutrientes del sitio a través de la escorrentía y sedimentos, sin embargo, esta pérdida se ve compensada por ingresos en nutrientes como sodio, fósforo y nitratos y nitrógenos en la precipitación y que la perdida neta registrada fue de calcio, potasio y magnesio. El estudio es incompleto pues no toma en cuenta pérdidas de nutrientes por erosión eólica, las cuales pueden ser altas después de un incendio (Hudson et al 1983).

### 2.1.5 Actividades y Sistemas de Gestión de Incendios

- **Actividades de Prevención de Incendios**

Los programas de prevención de incendios se ocupan de todas las actividades dedicadas a reducir al mínimo la existencia y consecuencias de los incendios forestales. Son clásicas las tres formas en que puede realizarse la prevención, por medio de educación, ingeniería y legislación.

La educación busca inculcar cultura forestal, conciencia de la importancia de los recursos forestales, como son perjudicados por el fuego y con que actitudes en el bosque pueden prevenirse los incendios.

Se hace uso de todo medio de comunicación masiva posible.

En la prevención con ingeniería, se hacen labores para disminuir tanto el peligro como el riesgo de incendio. Las labores ingeniérriles de prevención implican manejo de combustibles en áreas de peligro y de riesgo por medio de su limpieza, apilamiento y/o quema prescrita (Rodríguez 1994).

Limpieza de combustibles es abrir brechas. El apilamiento de desechos de explotación es apilar en franjas paralelas a la pendiente, rodeando además, con una amplia brecha cortafuego; en caso de iniciarse un incendio dentro, se quemaran una o más hileras, con menor probabilidad de que las llamas alcancen el bosque.

Las quemas prescritas o controladas, se conceptualizan como la teoría y la práctica del control del establecimiento, composición, estructura y crecimiento de un bosque. Las quemas prescritas se emplean en la preparación del terreno para la regeneración natural o artificial, para facilitar el acceso durante la reforestación, en el manejo de la composición de especies, sucesión y competencia, en la limpieza de desechos de aprovechamiento, en la producción de forraje para el ganado, en el manejo del hábitat para la fauna silvestre, como medida preventiva y/o presupresiva ante incendios forestales.

Las medidas preventivas educativas no son recibidas con igual espíritu por todos, por lo que se impone la vigencia de una legislación que prohíba en forma expresa los actos que causan incendios, reglamente el empleo del fuego en el bosque.



- **Actividades de Presupresión de Incendios**

Las labores de presupresión, también conocidas como previas al combate o de preextensión, son aquellas llevadas a cabo antes de la ocurrencia del incendio, que facilitan y hacen más eficaz y seguro su control y liquidación, una vez que este se presente.

La presupresión consiste en estar bien preparados y organizados para el momento en que se presenten los incendios. La mayor parte de este trabajo debe hacerse fuera de la temporada de incendios.

Entran aquí, la adquisición de vehículos, equipo de radiocomunicación, la construcción de torres-observatorio y de campamentos, la adquisición de herramientas y equipo de personal, cartografía, así como convenios entre dependencias (Gobiernos locales, bomberos, ONGs, participación comunitaria).

- **El Combate de Incendios**

El combate o supresión es la actividad de extinción de incendios forestales que se propagan por efectos de las condiciones ambientales presentes en el área del mismo.

El combate de incendios representa una ardua y peligrosa labor que implica riesgos. La unidad básica para el combate de incendios forestales es la brigada.

### **2.1.6 Aspectos Económicos en la Estimación del Daño por el Fuego**

La cuantificación del daño por incendios es un problema difícil para la gestión del manejo de incendios. Los efectos físicos del fuego en el flujo productivo de bienes y servicios del bosque, particularmente en los productos de no-mercado son grandemente desconocidos.

A menudo, los impactos por las acciones de manejo en los recursos naturales no pueden predecirse. Una forma de medir sus daños es entender los factores que influyen el flujo de servicios del activo natural. La implementación de un sistema de estimación del daño por incendios de estos activos forestales requiere una identificación de los servicios que proveen los recursos naturales afectados; determinando como la cantidad y calidad de esos servicios afectados, estimando el valor de la reducción en cada flujo de servicios en el tiempo que perdure el efecto del fuego, usando una tasa de descuento para convertir la reducción en cada flujo de servicio a dólares presentes; y estimando los cambios del flujo en el ciclo de los efectos. El valor resultante sería un estimado del daño al recurso natural causado por el fuego (González-Caban 1998).

Para estimar el valor que las personas colocan en los servicios de no mercado que los bosques brindan, métodos indirectos tales como Precios hedónicos o modelos de costo de viaje o métodos directos tales como valoración contingente pueden usarse (González-Caban 1998). Estos métodos según Dixon et. Al (1994) son frecuentemente usados para estimar efectos en recreación, estéticos y valores de no uso.

Esto es importante ya que la naturaleza de los problemas del manejo de incendios forestales es fundamentalmente un problema económico y requiere de análisis económicos para generar soluciones costo-eficientes (Rideout 1997). La cantidad optima de protección del recurso es difícil de determinar, cuando el valor del recurso no es disponible. Productos del bosque de no-mercado, tales como, belleza escénica, recreación, biodiversidad, hábitat, vida silvestre, presentan esta dificultad. Sin embargo, cuando la cantidad de protección adecuada es en función del valor de la madera del bosque, los recursos empleados para su protección pueden establecerse.

El manejo del fuego es complejo y caracterizado por un alto grado de incertidumbre y un amplio rango de efectos económicos. La historia del manejo del fuego incluye varias políticas que reflejan los problemas del tiempo, pero el grueso de la teoría económica aplicada a situaciones de manejo de incendios no ha cambiado. La teoría conocida como *least cost plus lost* (LCPL), es una teoría idéntica al modelo *Optimal pollution control* en estructura y filosofía. Ambas buscan explicar el intercambio entre el daño y el manejo o los esfuerzos de reducción del daño (Rideout 1997).

En la protección del bosque, siempre se trata de determinar la mejor manera de proteger los bosques contra los incendios, reconociendo el intercambio económico entre el gasto del manejo del fuego y el valor del recurso a proteger. Las políticas del manejo del fuego típicamente han sido guiadas por tres conceptos generales: proveer una adecuada protección, minimizar daños, y minimizar los costos del manejo del fuego y del daño (Pyne et al. 1996 cit. Rideout 1997).

De los tres conceptos expuestos arriba, el tercero y el mas ampliamente conocido el de minimizar el costo total de los gastos por manejo del fuego más daños. Este concepto, forma la base del modelo *least-cost-plus-loss* (LCPL). El modelo será desarrollado e ilustrado en forma general.

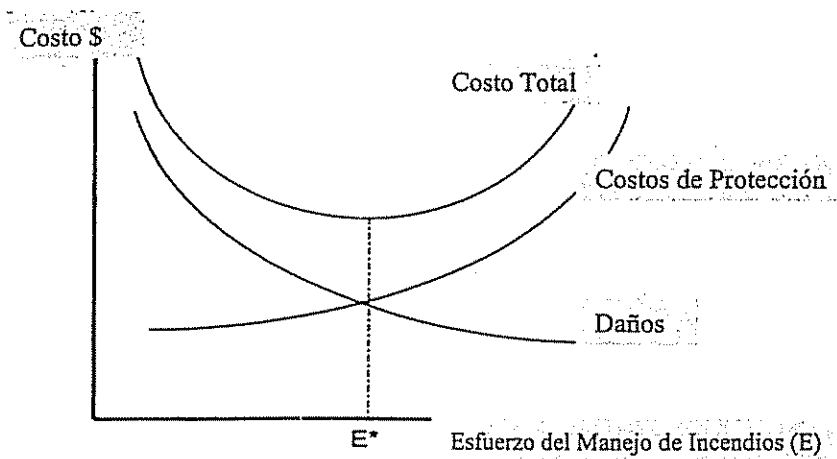


Figura 3. Modelo General de Manejo de Incendio (Rideout, 1997).

La naturaleza de la teoría económica del manejo del fuego es idéntica al control óptimo de la contaminación. Cuando se estudia la contaminación óptima, se trata de buscar el punto óptimo del costo de reducción del daño con el costo del daño causado por las emisiones, minimizando la suma de estos costos. En forma similar, el manejo de incendios busca balancear el costo del daño por el fuego con los costos de las prácticas del manejo del mismo, buscando minimizar el costo total.

Obsérvese la Figura 3, la abscisa  $y$ , es expresada en dólares, al igual que en el modelo óptimo de contaminación, el cual mide los costos totales. La abscisa  $x$ , indica el nivel de escasos recursos usados para manejar incendios forestales. Definir la abscisa  $x$  como un recurso es inusual, pero, apropiado. Un modelo típico, usualmente expresa la abscisa  $x$  como el producto del proceso de decisión. Sin embargo, con pocas excepciones el modelo de manejo de fuegos ha sido desarrollado con la abscisa  $x$  relacionada directamente con el recurso usado.

Nótese en la misma figura, que a medida que los esfuerzos del manejo ( $E$ ) se incrementan, el daño decrece. La curva con pendiente creciente, 'costos de protección' ilustra el incremento en costo total del manejo de incendios cuando más prácticas de protección ( $E$ ) son implementadas.

En la Figura 3, se utilizaron costos totales, por lo que su suma vertical define la función total de costos, la cual es denotada por la curva en forma de  $U$ . El esfuerzo óptimo del manejo es denotado por  $E^*$ ; el punto mínimo de la curva de costo total. Además, porque se utilizaron costos totales no marginales, el punto mínimo de la curva de costo total no corresponde con

el punto donde las curvas de daño y protección se cruzan. El mínimo de la curva de costo total es definido donde el valor absoluto de las pendientes de las curvas de daño y protección son iguales.

### Modelo General de Fuego:

Minimizar la función de costo total,

$$CT(E) = D(E) + C(E) \quad (1)$$

donde:

$CT$  = costo total

$D$  = costo por daños y/o pérdidas por el incendio forestal

$C$  = costo de las Actividades de Protección

$E$  = Nivel de esfuerzo o de protección

Las condiciones de primer orden de un mínimo requieren que el valor marginal del daño sea igual al valor marginal del manejo (Rideout, 1997).

$$\begin{aligned} \frac{dD}{dE} + \frac{dC}{dE} &= 0 \\ \frac{dC}{dE} &= - \frac{dD}{dE} \end{aligned} \quad (2)$$

De lo expuesto anteriormente, se trata de estimar la 'función de daño', que en adelante llamaremos 'función de pérdidas', la cual se desarrolla bajo conceptos y teoría econométrica, en función de variables explicativas, denotadas por las medidas de protección implementadas, variables inherentes al bosque, así como variables de sitio. El modelo es definido como un modelo de relación entre variables económicas de costos, genéricamente denotada, así:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k, u / \beta) \quad (3)$$

El modelo explica el comportamiento de una variable económica  $Y$  en función de  $k$  variables explicativas independientes, con un claro significado económico, así como una variable aleatoria, *no observable* y, por consiguiente, sin significado conceptual económico, que se denota por  $u$ . Las variables observables constituyen el vector  $x$ , de dimensión  $k \times 1$ , y la relación de dependencia entre la variable  $y$  y el vector  $x$  envolverá, generalmente, un vector de parámetros que se denota por  $\beta$  (Novales 1993)

### 2.1.7. Daños y Efectos del Fuego

El fuego, cuando se propaga descontroladamente consumiendo la vegetación, puede ocasionar graves daños a los recursos naturales renovables y al ambiente, afectando el entorno humano, por el efecto que significa las pérdidas de bienes y servicios que los bosques proveen. Los problemas que se generan, pueden categorizarse en: Daños y efectos. Los daños, se refieren al valor de lo afectado; y los efectos, a las alteraciones que se originan en la dinámica de los diferentes procesos relativos a los recursos naturales renovables, incluyendo como efectos las funciones que los ecosistemas cumplen en el desarrollo económico y social (Alvear, 1999).

#### **Daños por Incendios Forestales**

Las pérdidas que provocan los incendios forestales o quemas mal practicadas pueden clasificarse en dos categorías:

**Daños Directos.** Son todos aquellos bienes y servicios tangibles o no tangibles, pero, transables con valor de mercado. Ejemplos lo representan, las pérdidas de madera y otros productos forestales, cultivos agrícolas, cercos, ganado, fauna, instalaciones, reducción de la capacidad recreativa de un parque afectado por incendios, pérdidas por venta de carbono cuando existe un contrato por el área afectada.

**Daños Indirectos.** Se refieren a las pérdidas de carácter intangible, o mejor definido a aquellas pérdidas en donde la identificación y evaluación de las mismas, no son posibles de estimar. Generalmente, son pérdidas asociadas con el tiempo y de efecto cascada, es decir pueden manifestarse en otras áreas; debilitando social y económicamente en el corto plazo a las comunidades que dependen de estas áreas y sus entornos. Ejemplos de estos daños, deterioro de la calidad genética de la(s) especies; pérdida de fertilidad de los suelos; deterioro de la belleza escénica; disminución de la calidad del aire; deterioro de la biodiversidad y afectación del equilibrio en los ecosistemas.

### **Efectos de los Incendios Forestales.**

Alvear (1999) los identifica en dos grupos: Efectos socioeconómicos y ecológicos o ambientales

**Efectos Socioeconómicos.** Se identifican los efectos a la salud y al uso público, y el desarrollo comunitario. Dentro de la salud y uso público los principales efectos son: Contaminación de suelos, aguas y atmósfera; deterioro del paisaje o belleza escénica; limitaciones para la recreación, esparcimiento y practicas deportivas. En desarrollo comunitario son: Deterioro o detención de procesos productivos, reducción de fuentes de trabajo, deterioro del turismo, entre muchos otros.

### **Efectos Ecológicos**

Estos efectos son los ocasionados y referidos al clima, suelos y a la vida silvestre. Entre los efectos al microclima del ecosistema afectado se encuentran el incremento de la luminosidad, reducción de la evapotranspiración, incremento en la temperatura ambiental, disminución de la humedad relativa. Los efectos sobre el suelo, se encuentran: deterioro de las propiedades físicas y químicas del suelo, destrucción del estrato de material orgánico no incorporado a l suelo. Los efectos en la vida silvestre como alteración o en el extremo, destrucción de formaciones vegetacionales, migraciones de animales mayores, aves, insectos y microorganismos, desequilibrios ecológicos o rupturas en la cadena biológica.

#### **2.1.8. Otros Impactos Ambientales de los Incendios Forestales Tropicales**

Recientemente la atención se ha incrementado con respecto al impacto de los incendios tropicales y los procesos ambientales derivados con efectos a escalas regionales y global. Ejemplo de ésto, es el rol de los incendios tropicales en los ciclos biogeoquímicos y especialmente en la química de la atmósfera. Estimaciones recientes de la magnitud de la biomasa de bosques tropicales quemadas en agricultura de subsistencia, deforestación permanente, otras quemas de bosques y quemas de savanas revelan que las emisiones brutas de carbono a la atmósfera de estos incendios pueden estar en el rango de 1 y 3.4 billones de toneladas (1000 a 3400 teragramos (Tg)) (Crutzen y Andreae 1990 cit. Goldammer, 1993). Así mismo Goldammer (1993) reporta estimaciones de 2.2 billones de toneladas de carbono emitidos anualmente hacia la atmósfera por incendios forestales tropicales (Cuadro 1). Aunque, la cantidad de carbono

que permanece en la atmósfera no es conocida exactamente, es generalmente aceptado que un billón de toneladas de carbono anuales de la combustión de los bosques tropicales permanece como emisión neta en la atmósfera.

Cuadro 1. Estimaciones Globales de la Cantidad Anual de Biomasa Quemada y la Resultante Emisión de Carbono hacia la Atmósfera.

Recurso	Biomasa quemada (Tg dm/año)			Emisiones de Carbono (Ton/año) <sup>a</sup>
	Tropical	Extratropical	Total	
Bosques	1260	1150	2410	1,080
Savana	3690	-	3690	1,660
Combustible Biomásico	1720	220	1940	880
Carbón	20	1	21	82
Residuos de Agricultura	420	420	850	380
Total en el mundo	7120	1800	8910	4,080

Fuente: (Andreae y Goldammer 1992, cit. Goldammer 1993).

<sup>a</sup>Basado en un 45 por ciento de contenido de carbono en biomasa seca. En el caso del carbón, la tasa de combustión ha sido multiplicada por cuatro por pérdidas en el proceso de producción

Las consecuencias al ambiente por las quemadas de los bosques tropicales demuestran que esta fuerza natural, inducida mayor e incrementalmente por el hombre, está influenciando los procesos de los ecosistemas a escalas que van tan lejos del entorno de donde el incendio inicialmente ocurre.

## 2.2. Algunas Metodologías de Estimación Empleadas en la Región

Las metodologías para estimar el valor de los daños causados por los incendios forestales en la Región son escasas, si no nulas. La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México (1987), propone una metodología de estimación de los daños, en la cual establece procedimientos para estimar el valor económico de los daños, y procedimientos para calificar el valor ecológico de los daños.

### 2.2.1. Procedimiento de la Secretaría de Agricultura de México para Estimar el Valor Económico de los Daños

Estiman con base en sitios de muestreo, el porcentaje de afectación real que hayan sufrido cada uno de los estratos vegetales componentes del área quemada. Cuando ocurre un incendio forestal, en general, con el tipo de incendios de la región, no ocurre la pérdida total de la masa, sino que, en un porcentaje de afectación de diferentes magnitudes por cada uno

de los estratos de la vegetación, dependiendo lógicamente de las características del incendio ocurrido. Además, se da un tiempo para determinar el grado de recuperación de acuerdo con el daño presentado. De aquí, la importancia del porcentaje de afectación real por estrato. La metodología propuesta por la Secretaría de Agricultura de México deriva sus daños totales de la ecuación:

$$DT = DAA + DR + DA + DP \quad (4)$$

Donde:

*DT* = Valor económico de los daños forestales ocasionados por los incendios forestales;

*DAA* = Valor de los daños en el arbolado adulto;

*DR* = Valor de los daños en el renuevo;

*DA* = Valor de los daños en arbustos y matorrales;

*DP* = Valor de los daños en pastizales.

Cada variable de la ecuación, representa una sumatoria de otros subproductos dañados con valor de mercado, así, por ejemplo en el arbolado adulto, se cuantifican pérdidas cuando existen las mismas por producción de resina, semillas, madera y otros derivados del estrato.

### **Procedimientos para Calificar el Valor Ecológico de los Daños**

El procedimiento empleado, se basa en cinco categorías: Valor de las cuencas hidrográficas, valor de la fauna silvestre, valor recreativo en áreas verdes, valores socioeconómicos, otros valores a la propiedad.

Por la complejidad de la estimación, la determinan de forma cualitativa; si existió algún daño o afectación por los incendios a los bienes de manera indirecta.

Identificando el grado de afectación en alto, medio y bajo por subdivisiones dentro de la categoría. Las subdivisiones establecidas, son: En cuencas hidrográficas: Daños por inundación, erosión y sedimentación, efectos sobre la retención e infiltración de agua, y efectos sobre el suelo. Fauna Silvestre: Pérdidas de animales silvestres y efectos sobre su medio ambiente. Valor recreativo en áreas verdes: Efectos sobre la utilización de zonas forestales como lugares de recreo y daños a instalaciones. Valores socioeconómicos: Efectos en la reducción del potencial de desarrollo social y económico de la región. Otros valores a la propiedad: Pérdidas de vidas humanas, daños a la producción agrícola, ganadera, cercas, instalaciones rurales y otras propiedades diversas.



### **2.2.2. Procedimiento Propuesto por la Universidad de Chile/OEA, en la Estimación de Daños por Incendios Forestales**

El Programa regional de formación de Recursos humanos en los países de Centroamérica y Panamá mediante convenio Universidad de Chile/OEA, proponen una valoración de pérdidas por incendios forestales, basada en técnicas simples de evaluación de daños directos y una evaluación del daño indirecto.

#### **Evaluación de Daño Directo**

Esta técnica de valoración se basa en las pérdidas comerciales en bosques afectados por los incendios. Es clasificada en estimaciones a bosques multietaneos y coetáneos; básicamente son formulas diseñadas por el Servicio Forestal de los Estados Unidos y adaptadas a los tipos forestales de Chile.

Para bosques multietaneos (Loomis 1974 citado por Alvear 1999) estiman el valor de la pérdida en madera aserrada; en función del volumen dañado, la longitud del defecto sobre el tocón, y la superficie de la sección del fuste dañada. Han desarrollado formulas de estimación para evaluar el daño.

Para bosques coetáneos, también han desarrollado modelos para bosques nativos y plantaciones basado el valor del daño directo en: incremento medio anual en metros cúbicos por hectárea, proporción de árboles muertos, stock de madera comercial acumulado al momento del incendio, valor comercial de la madera en pie en dólares por metros cúbicos, edad del rodal en años, numero de años esperados para la regeneración natural, superficie afectada por el incendio, costos de plantación.

#### **Evaluación del Daño Indirecto**

La diversidad de tipos de pérdidas indirectas que los incendios forestales generan, con procesos complejos en cuanto a la dinámica y la sucesión de los efectos, hacen difícil la identificación y subsiguiente estimación cuantitativa. En Europa, se ha optado por emplear en la valorización de los daños indirectos, la referencia de una cantidad equivalente a 10 veces el valor de los daños directos, como indicador de las pérdidas en las funciones de protección y producción de beneficios (Hornsmann cit. Alvear, 1999). En Chile, los daños indirectos se valorizan en una relación de 5:1 con respecto a los daños directos.

### III. Materiales y Métodos

#### 3.1. Localización del Estudio

##### 3.1.1. Caracterización de los Incendios Forestales

El estudio comprende las ocurrencias de incendios forestales combatidos en los Departamentos que abarcan la Zona Central de Honduras, en las Regiones Forestales de Francisco Morazán, Comayagua, El Paraíso y Yoro.

Las Regiones Forestales operativamente funcionan con Unidades de Gestión Administrativas, UGA's; las cuales específicamente localizan el estudio. El Cuadro 2, muestra detalladamente las 21 Unidades de Gestión de las cuatro Regiones Forestales y los seis Departamentos que incluyen.

Cuadro 2. Unidades de Gestión Administrativas por Región Forestal que Comprendió el Estudio

No.	Unidad de Gestión	Región Forestal	Departamentos Incluidos
1.	1. Distrito Central	Francisco Morazán	Francisco Morazán
	2. Talanga		
	3. Guaimaca		
	4. El Porvenir		
2.	5. La Paz	Comayagua	Comayagua La Paz Intibuca
	6. Siguatepeque		
	7. La Esperanza		
	8. Lajas		
	9. Nahuaterique		
	10. Rancho Grande		
3.	11. Márcala	El Paraíso	El Paraiso
	12. Danlí		
	13. Teupasenti		
	14. Guinope		
	15. Trojes		
4.	16. Villa Santa	Yoro	Yoro
	17. Olanchito		
	18. Morazán		
	19. Agua Fria		
	20. Yoro		
21. Jocón			

### 3.1.2. Estimación de Pérdidas por Incendios Forestales

El estudio de la estimación de pérdidas en los bosques de propietarios privado se efectuó en tres municipios de la zona central: Campamento, localizado en el Departamento de Olancho; Guaimaca y Talanga en el Departamento de Francisco Morazán (Figura.4).

El área del estudio presenta una población de 54,557 habitantes (PNUD 1998). La Zona Central, es la región de mayor concentración de bosques pinos dominados por las especies de *P. Oocarpa*, *P patula sp. Tecumumanii*, propio de elevaciones intermedias de unos 600 a 1.600 metros de altitud. Otras especies de pino en menor grado y relativos a elevaciones mayores se encuentran *P. Maximinoi*, *P pseudostrobus*, *P. Harteguii*, *P. Ayacahuite*, y en altas elevaciones se encuentran los bosques nublados.

Con algunas excepciones, es la Zona de mayor desarrollo socioeconómico, concentra la totalidad de la infraestructura hidroeléctrica, en ella se localiza el mayor centro poblado del país, Tegucigalpa (AFE/COHDEFOR, 1995). De acuerdo con el último censo poblacional del país de 1988, la concentración poblacional de la Zona Central es de 43 por ciento, y una migración poblacional de un 19 por ciento.

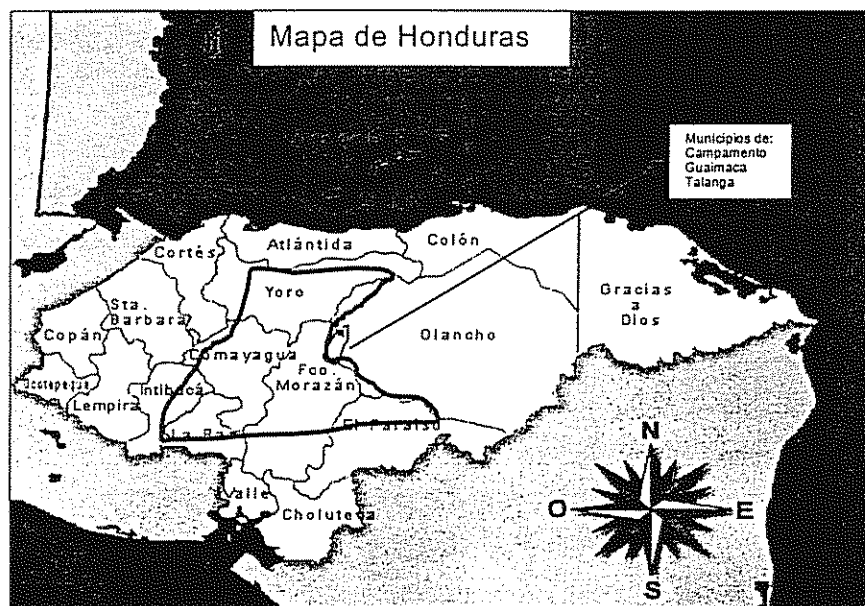


Figura 4. Localización del área de estudio.

## **3.2. Material de Investigación**

### **3.2.1 Tamaño, Selección y Características de la Población y Muestra**

#### **3.2.1.1 Características y Causalidad de los Incendios Forestales**

La población en estudio comprendió la información generada de los reportes de ocurrencias de incendios combatidos. Los registros se obtuvieron de las oficinas administrativas de las Regiones Forestales y de las Unidades de Gestión de la Administración Forestal del Estado. Inicialmente la información sería recopilada en las oficinas centrales de la institución, sin embargo, los registros son llevados por cada oficina administrativa de la Región y Unidad correspondiente; por lo que fue necesario realizar múltiples visitas a cada Regional y a ciertas Unidades de Gestión, para poder consolidar la información base de este análisis. La información recopilada represento los últimos cinco años, 1996 – 2000.

La selección de cada ocurrencia fue la existencia del respectivo reporte generado del incendio, firmado por el técnico responsable de Protección de la Unidad de Gestión Administrativa o en su defecto el Coordinador de Protección de la Regional Forestal respectiva de la Administración Forestal del Estado, AFE/COHDEFOR, institución coordinadora de los recursos forestales del País.

Dada las características que se tomaron para que las ocurrencias fueran incluidas en la población, solamente fue posible obtener información de cinco años para las Regionales Forestales de Francisco Morazán, Comayagua, El Paraíso. De la Regional Forestal de Yoro solamente se encontró información de los últimos tres años.

Debido a las características sujetas de la población estudio; los datos de las mismas no coinciden con los registros generales de ocurrencias en la forma de anuarios forestales que documenta la institución coordinadora, AFE/COHDEFOR.

El total de los registros de la población seleccionada fue de 3.298 ocurrencias combatidas por 21 Unidades de Gestión de cuatro Regiones Forestales de la Zona Central del País en el periodo de 1996-2000 (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Registros de Ocurrencia de Incendios por Año, Recopiladas en 21 Unidades de Gestión de las Regionales Forestales de Francisco Morazán, Comayagua, El Paraíso y Yoro.

Región Forestal	Unidad de Gestión	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Francisco Morazán	1 Distrito Central	67	92	84	46	92	381
	2 Talanga	40	68	71	37	43	259
	3 Guaimaca	48	64	62	34	59	267
	4.El Porvenir	16	12	33	27	17	105
	Total	171	236	250	144	211	1012
Comayagua	5 La Paz	14	68	35	32	34	183
	6 Siguatepeque	56	121	90	90	96	453
	7 La Esperanza	8	21	5	24	18	76
	8 Lajas	31	52	11	46	55	195
	9.Nahuaterique	0*	0*	4	10	9	23
	10 Rancho Grande	39	38	8	8	20	113
	11 Márcala	12	23	9	18	11	73
Total	160	323	162	228	243	1116	
El Paraíso	12 Danlí	72	37	52	64	82	307
	13 Teupasenti	42	42	27	57	66	234
	14 Guinope	43	10	11	21	74	159
	15 Trojes	0	0	3	2	22	27
	16 Villa Santa	7	0	0	5	19	31
Total	164	89	93	149	263	758	
Yoro	17 Olanchito	0*	0	23	5	10	38
	18 Morazán	0	0	50	18	37	105
	19 Agua Fria	0	0	43	9	29	81
	20 Yoro	0	0	45	15	34	94
	21 Jocón	0	0	0	62	32	94
Total	0	0	161	109	142	412	

### 3.2.1.2. Población y Muestra en la Estimación de Pérdidas

La población objetivo fueron los propietarios privados de bosque que tuvieran un Plan de Manejo vigente desde 1993 hasta 1996 en los municipios que comprenden las Unidades de Gestión Administrativas de Talanga, Guaimaca y Campamento de la Institución Coordinadora de los Recursos Forestales del país, AFE/COHDEFOR. La población definida fue de 108 Propietarios con Planes de Manejo en ejecución.

La muestra consistió en 48 Propietarios con Planes de Manejo, los cuales fueron seleccionados mediante un muestreo estratificado al azar. El cálculo de la muestra se basó en costos del muestreo. Al no tener información de la variabilidad en las Unidades de Gestión y que los costos fueron iguales por Unidades, se decidió usar el método de asignación proporcional; la  $n$  se estableció en 50, por cuestiones de costos y tiempo.

Cálculos de la estimación proporcional de la muestra:

Siendo:  $N = 108$ ;  $N_1 = 15$ ;  $N_2 = 46$ ;  $N_3 = 47$

$$n_1 = n(N_1/N) \quad \text{Calculando} \quad n_1 = 50 (15/108) = 7$$

$$n_2 = n(N_2/N) \quad n_2 = 50 (46/108) = 21$$

$$n_3 = n(N_3/N) \quad n_3 = 50 (47/108) = 22$$

Donde:  $n_i$  = Asignación de la muestra

$N_i$  = Número de Propietarios por Unidad de Gestión

$N$  = Tamaño de la Población de Propietarios

$n$  = Tamaño de la muestra,

Sin embargo, la muestra resultante fue de 48, dejando por fuera tres muestras en La Unidad de Gestión de Talanga ( $N_2$ ), la cual quedo con 18; La Unidad de Gestión de Guaimaca ( $N_3$ ) quedó con 20 y Campamento ( $N_1$ ) con 10.

### 3.2.1.2.1. Método e Instrumento de Medición.

Se llevaron a cabo entrevistas personales. Se diseño el cuestionario de encuesta; se trató de minimizar los diferentes sesgos que se presentan en este tipo de medición; sesgos instrumentales y los no instrumentales. El formato de la encuesta se presenta en el Anexo 1. La encuesta consistió en datos generales del propietario y localización del área forestal. Seguidamente de cuatro secciones, definidas así: Medidas de Protección, Características del Bosque, Variables de Sitio y la ultima sección Estimación de Pérdidas por Incendios Forestales.

En la primera sección, sobre Medidas de Protección, se diseñaron todas las posibles actividades de protección que los propietarios realizan en la zona; tratando con la sección de establecer las actividades de protección de la zona, sus costos unitarios y totales. En la segunda sección, Características del Bosque, se estableció el área del bosque del propietario, edad y volumen promedio por hectárea y el objeto productivo del bosque. En Variables de Sitio, se incluyo el domicilio del propietario, la tenencia del bosque y el uso del suelo adyacente al área de bosque. En la ultima sección, se incluyó ocurrencia de los incendios, área quemada por año, pérdidas estimadas, causa principal de los incendios, y un cuadro en donde se especifico por bien afectado por los incendios y su estimación de pérdidas.

La encuesta fue presentada en un Taller de consulta de expertos antes de ser aplicada; todas las observaciones fueron tomadas en cuenta antes de proceder a su aplicación.

### **3.2.1.3. Definición de Temporabilidad de la Población y Muestra**

#### **3.2.1.3.1. Registros de Ocurrencias de Incendios**

La población establecida en registros de Incendios corresponde a cinco años (1996-2000) de las Regiones Forestales de Francisco Morazán, Comayagua y El Paraíso; y de tres años para la Región Forestal de Yoro (1998-2000). Esto representa la población de incendios combatidos que reunieron las características establecidas para ser incluidas. Además, no existe información ordenada de incendios combatidos fuera de este periodo en las regionales, a excepción de Francisco Morazán. La accesibilidad de la información fue difícil por las distancias entre Unidades de Gestión y porque se tuvo que esperar la información de los incendios combatidos en el presente año 2000. La información se terminó de recolectar hasta el mes de Septiembre y de esta manera contar con cinco años para el estudio.

#### **3.2.1.3.2. Propietarios Privados de Bosques**

Para definir el periodo muestral de los Propietarios Privados de Bosques, se realizó un Taller de Consulta de expertos. Los objetivos del Taller fueron: Validar con la consulta los años a incluir en el instrumento muestral de encuesta diseñado, métodos de estimación de los daños por incendios forestales, técnicas comunes utilizadas en las actividades de Protección y la receptividad posible del instrumento a aplicar. Los resultados permitieron establecer la encuesta con los últimos cinco años, 1996 - 2000.

### **3.2.2. Clasificación y Descripción de Variables**

#### **3.2.2.1. Especificación de las Variables Utilizadas en el Análisis de los Registros de Ocurrencias Combatidos en el Periodo 1996 – 2000.**

Del reporte de ocurrencia oficial que registra la institución, ver Anexo 2, se tomaron las siguientes variables: Región forestal, Unidad de Gestión perteneciente, fecha de ocurrencia, sitio, municipio, tenencia, área afectada o quemada en hectáreas, causa probable de la ocurrencia, tipo de combustible, estrato afectado.

**Tenencia.** Esta fue clasificada en concordancia con las normas de tenencia que establece el estado: Nacional, para bosques públicos; ejidal, los que pertenecen a los Municipios; y privada, las áreas que poseen títulos de propiedad.

**Causa Probable.** La Administración de Bosques del País, establece la siguiente clasificación causal de incendios: 1. Quemados Agrícolas. El uso del fuego ha sido un instrumento de gran importancia en la historia de la agricultura, pero en la mayoría de las actuales condiciones resulta una expresión de tecnología inadecuada y forma parte de un modelo de producción extensiva e ineficiente (González, 1999). Las quemados agrícolas como causal probable tiene su origen en el descontrol de los fuegos; sea porque el agricultor no toma las medidas adecuadas para prevenir que sus quemados de rosa puedan pasar a las áreas adyacentes de bosques. 2. Quemados de Pastoreo. Al igual que las quemados agrícolas, las realizan los ganaderos con prácticas extensivas para lograr un renuevo del pasto, y así obtener alimento para su ganado antes de que lleguen las lluvias. Según Hudson (1983), en un estudio de quemados controladas y sus efectos en el ciclo de los nutrientes, realizado en bosques de la zona Central de Honduras, establece la clara importancia de la captación de nutrientes de la precipitación, compensando perdidas por escorrentía y sedimentación después de las quemados. 3. Colmeneros. Para la extracción de las colmenas naturales de los bosques, se acostumbra dispersar las abejas con humo; por lo que esto da inicio a las quemados en épocas críticas. 4. Caminante nocturno. Utilización de antorchas para transitar por las noches por los bosques, provocando en época de alto peligro de incendios, los mismos. 5. Cazadores. Prácticas de incendiar el bosque para cazar en grandes áreas y cercar la fauna. 6. Leñadores. Por lo general se asocia con leñadores ilegales, los cuales provocan incendios para encubrir actividades. 7. Pescadores. Una causa poco común, en el país. 8. Fumadores. Se asocia con descuidos al arrojar los restos del cigarro, en cualquier área, resultando en una fuente de ignición. 9. Incendiaros. El concepto del término, no tiene base legal o normativa dentro del manejo de incendios forestales del sub-sector forestal del país. Según 'Tomas Sánchez' experto hondureño en protección forestal (comunicación por correo electrónico) el término ha sido empleado como sinónimo de pirómano y definido como aquella persona que en forma intencional causa un incendio forestal, conociendo de antemano las posibilidades de generar daño a la flora y la fauna. 10. Otros. Aquí, debería de captar lo que no se caracteriza en los nueve arriba



señalados, especificando la causa; sin embargo, generalmente, es usada como causal no identificada, lo cual no es lo mismo.

La categorización de la causalidad con características meramente antropocéntricas, se visualiza en dos grandes grupos, de acuerdo con su origen: Causalidad negligente e Intencionada. En el primer grupo se incluyen las siguientes causas: Fumadores, basureros, caminantes nocturnos; en el segundo grupo, que representa la causa principal de los incendios forestales son los Incendiaros, las quemas agrícolas, de pastoreo, leñadores, colmeneros, cazadores y pescadores.

**Tipo de Combustible.** El Departamento de Protección de la Administración Forestal de Estado clasifica el combustible en Liviano, Ligero y Pesado. La clasificación la establecen de acuerdo con la carga de material vegetativo en la forma de soto bosque que una determinada área soporta en el momento de la ocurrencia de un incendio.

**Estrato Afectado.** La clasificación que la AFE/COHDEFOR utiliza es PI para denota una área en estado de regeneración natural, PII bosque joven, PIII bosque mediano, PIV y PV para bosques maduros y sobre maduros, respectivamente. Todas las variables son medidas por el área que cubre la ocurrencia, en hectáreas.

### **3.2.2.2 Variables Utilizadas en la Estimación del Valor de las Pérdidas Causadas por Incendios Forestales**

#### **3.2.2.2.1. Variables en la Construcción de la Estimación de Pérdidas por Incendios.**

Todas las pérdidas estimadas fueron ajustadas por inflación del periodo, y estimadas en dólares Estadounidense (US\$). La estimación se basó en el valor económico del estrato del bosque afectado por las quemas por año para cada propietario de la muestra. El valor de mercado de las pérdidas en cada zona varió de acuerdo al año de la ocurrencia del incendio y de los diferentes estratos afectados. En el estudio se estimó pérdidas del período 1996-2000, el cual no implica ni compara, ni arrastra las pérdidas por incendios forestales antes de 1996 y las condiciones silviculturales de los bosques objeto de la muestra.

Los estratos considerados en la estimación de las pérdidas por incendios forestales fueron los estratos resultantes como afectados en la encuesta a cada propietario. Los cuales fueron los

siguientes: Pasturas en uso, regeneración natural, plantación, bosque joven y bosque maduro. Además, se cuantificaron las pérdidas por daños a la infraestructura, propiedad y pérdidas por ganado.

### Estimación de Pérdidas por Pasturas

La estimación de las pérdidas por pasturas se hizo de la siguiente manera: se tomó el número de hectáreas afectadas por las quemas en el año respectivo y se realizaron las estimaciones considerando el precio de alquiler de pasturas de la zona.

Calculo:

$$P_{it} = (V_t)(H_{it}) \quad (5)$$

Donde:

$P_{it}$  = Pérdida estimada por los incendios forestales en el estrato de Pasturas al propietario  $i$  en el año  $t$ .

$V_t$  = Precio de arrendamiento de una hectárea de pastizal en el año  $t$

$H_{it}$  = Número de hectáreas afectadas por incendios en el estrato de pasturas al propietario  $i$  en el año  $t$

### Estimación de Pérdidas en Regeneración Natural y Plantación

La estimación de las pérdidas en regeneración natural y plantaciones se estimó en base al precio de reposición de los mismos en el año que sucedió la afectación por la quema. No se realizaron estimaciones por la pérdida en crecimiento desde el establecimiento de la regeneración o plantación al año de la ocurrencia de la afectación, por carecer de un seguimiento de la propiedad forestal.

Calculos:

$$P_{rp} = (V_{rp})(H_{it}) \quad (6)$$

Donde:

$P_{rp}$  = Pérdida estimada por los incendios forestales en el estrato de regeneración y plantación.

$V_{rp}$  = Precio unitario de reforestación de una hectárea de terreno, en el año  $t$

$H_{it}$  = Número de hectáreas afectadas, al propietario  $i$  en el año  $t$ .

### Estimación de Pérdidas en Bosque Joven

En afectación al estrato de bosque joven por incendios forestales, se estimó un porcentaje de pérdida. El porcentaje definido fue el resultado del Taller de Expertos, con estimaciones propias de los propietarios de las áreas forestales afectadas y los procesadores de la madera. Se estableció de la siguiente manera: Para la zona de Guaimaca  $0,2 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , Campamento entre  $0,2 - 0,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , y Talanga  $0,2 - 0,7 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ . Los porcentajes de pérdidas se multiplicaron por el área total de bosque joven quemado en el año de la ocurrencia y por el precio del producto a obtener en el mercado.

Cálculos:

$$P_{(bj)it} = (V_{bj}) (A_{it}) (H_{it}) \quad (7)$$

Donde:

$P_{(bj)it}$  = Estimación de pérdidas por los incendios forestales en el bosque joven

$V_{bj}$  = Precio del producto a extraer del bosque joven en el año  $t$

$A_{it}$  = Afectación del bosque joven en metros cúbicos por hectárea en el año  $t$

$H_{it}$  = Número de hectáreas quemadas al propietario  $i$  en el año  $t$ .

Es de señalar que si existen diferentes productos en este estrato que hayan sido afectados por los incendios forestales, el procedimiento es el mismo, caso de productos como leña.

### Estimación de Pérdidas en Bosque Maduro y Sobremaduro

La afectación al bosque maduro se estimó del producto que obtiene cada propietario en el manejo de su área, así: Pérdidas por productos maderables, pérdidas en resinación y pérdidas por producción de semillas. Los propietarios encuestados basan sus daños en la venta de madera en pie; por lo que se estimó el porcentaje de afectación por propietario, multiplicando por el área real del estrato afectado y por el valor en dólares de la madera en pie. Obteniendo el valor de los productos maderables en el estrato maduro.

La zona de Guaimaca no posee bosques maduros, la zona de Campamento muy poco; ya que estas son regiones de macizos de bosques jóvenes del País. En la zona de Talanga las encuestas si reportan afectaciones a bosques maduros. Al igual que en las estimaciones por pérdidas en bosques jóvenes, los porcentajes de afectación por incendios forestales en

bosques maduros fueron establecidos de la misma forma. Para la zona de Campamento el rango se estableció de  $0,2 - 0,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y para Talanga de  $0,075$  a  $0,96 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . consulta.

Cálculos:

$$P_{(m)it} = (V_{mz})(H_{it})(A_{it}) \quad (8)$$

Donde:

$P_{(m)it}$  = Estimación de pérdidas del bosque maduro y sobremaduro en dólares

$V_{mz}$  = Precio en dólares del metro cúbico de madera en pie en el año  $t$

$H_{it}$  = Número de hectáreas afectadas al propietario  $i$  en el año  $t$

$A_{it}$  = Estimado de afectación del bosque maduro, en metros cúbicos por hectárea

Las pérdidas por infraestructura y otros que resultaron dañados a causa de los incendios, se estimaron por propietario  $i$  en el año  $t$ , y corregida correspondientemente por inflación. A esta estimación la denotamos por  $P_o$ .

### Estimación de Pérdidas Totales por Propietario

Las pérdidas totales por propietario resultaron con la suma de cada estrato afectado por los incendios. No todos los propietarios mantienen en las áreas forestales bosques con coberturas multietaneas, por lo que la sumatoria de pérdidas es acorde a los estratos identificados como afectados.

Adicionando, estimamos:

$$P_{it} = P_p + P_{rp} + P_{bj} + P_m + P_o \quad \text{siendo } i=1, \dots, 48; t, 1, 2, \dots, 5. \quad (9)$$

Donde:

$P_{it}$  = Estimación de pérdidas por incendios forestales del propietario  $i$  en el año  $t$

$P_p$  = Estimación de pérdidas por pasturas del propietario  $i$  en el año  $t$

$P_{rp}$  = Estimación de pérdidas por regeneración y/o plantaciones del propietario  $i$  en el año  $t$

$P_{bj}$  = Estimación de pérdidas de bosque joven por propietario  $i$  en el año  $t$

$P_m$  = Estimación de pérdidas de bosque maduro por propietario  $i$  en el año  $t$

$P_o$  = Estimación de pérdidas por infraestructura, Ganado y otros,

Todas las estimaciones de las pérdidas por estrato y otros fueron en dólares, por lo que la estimación de Pérdidas Totales por propietario son dólares en el año  $t$ .

### 3.2.2.2.2. Estimación de los Costos de las Actividades de Protección que Ejecutan los Propietarios Privados de Bosques en la Zona de Estudio

Las estimaciones de los costos de protección por propietario privado en los años de su realización fueron definidos en la encuesta por cada propietario. Por lo que fue posible identificar las medidas de protección que ellos realizan como actividades de control de los incendios forestales en sus áreas. Las actividades de protección ejecutadas en la zona de estudio fueron las siguientes: Rondas o brechas corta fuego, vigilancia, quemas controladas, brigadas de combate de incendios, publicidad radial y contratación de técnico para que dirija el programa anual de protección.

De las seis actividades de protección identificadas, las actividades publicidad radial y contratación de técnico para dirigir programa de incendios, fueron eliminadas de la muestra, ya que la frecuencia de estas actividades se limito a dos propietarios.

La información de costos por actividad de protección fue proporcionada por cada propietario de la muestra. En los casos donde el propietario realiza las actividades por si solo o por medio del núcleo familiar se cuantificó el costo de mano de obra, en base a salarios-jornal mínimos de mercado de la zona. Cuando existió aprovechamientos forestales realizados por empresas que compra la madera en pie al propietario; los costos de protección estimados fueron los incurridos por la empresa. La mayoría de los casos los propietarios realizan tratos con las empresas que compran su madera en el sentido de responsabilizar estas ultimas en la protección del área durante el aprovechamiento. Practica que no elimina la responsabilidad de protección del área forestal al propietario de la misma.

Es importante señalar que no se cuantificó por costos de equipo y materiales necesarios para la realización de estas obras; las cuales forman parte de los costos de protección. El equipo y materiales empleados mayormente no son exclusividad de actividades de protección y en otros casos la contratación de jornales para realizar estas obras, se contratan bajo el entendido de realizarlos con sus propias herramientas.

Todos los costos obtenidos fueron ajustados por la inflación de mercado del año y zona.

### **3.2.2.2.3. Variables de Sitio y del Bosque**

Las variables de Sitio y del Bosque identificadas y utilizadas fueron: Domicilio; referida al lugar de residencia del propietario, dentro o fuera de su área forestal. Uso adyacente; esta variable, se refiere al entorno geográfico natural o artificial del área del bosque del propietario encuestado. El mismo se subdividió en: uso adyacente dedicado a la agrícola, a las pasturas, bosques y comunidades. Otras variables que forman parte de la encuesta: Tenencia e Ingresos por bienes y servicios del bosque, edad promedio del bosque, volumen en metros cúbicos por hectárea y total, área del plan de manejo del bosque.

## **3.2.3. Análisis de la Información**

### **3.2.3.1. Características de los Incendios Forestales Registrados en la Zona Central**

**Estadísticas Descriptivas.** Los datos de los registros de cada Unidad de Gestión por año y por ocurrencia se analizaron por cada variable. Denotado en frecuencias por año, por periodo, y por regional forestal las ocurrencias, sitios, causas, área afectada, tenencia, tipo de combustible y estrato afectado

De los procedimientos estadísticos, se definieron cuatro análisis específicos:

#### **3.2.3.1.1. Análisis Dinámico Causal de Ocurrencias.**

Este análisis consistió en agrupar las ocurrencias del periodo por la causa probable del mismo. Se efectuó para las Regiones Forestales que comprende el estudio y además de forma conjunta para la Zona Central.

El análisis muestra la tendencia periódica de la causa probable. Los análisis se muestran en forma tabular y en gráficos.

#### 3.2.3.1.2. Análisis de Multiplicidad

Usando este tipo de análisis se logró establecer la distribución de frecuencias de ocurrencias por días en el periodo de incendios. El mismo indica cuantos días dentro del periodo ocurren las máximas y mínimas. Además, se estableció la duración del periodo de incendios dentro de los años del estudio.

Se ajustó a las curvas de cada año y por el total de años con las frecuencias de ocurrencias de días críticos de incendios una distribución de Gauss, su forma funcional es la siguiente:

$$f(y) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[ - \left( \frac{1}{2\sigma^2} \right) (y - \mu)^2 \right] \quad (10)$$

#### 3.2.3.1.3. Análisis de Incidencias Periódicas por Sitio

Este análisis se efectuó agrupando las ocurrencias por sitios dentro del periodo por cada Región Forestal. Se estableció una máxima de ocurrencia por el periodo el cual se definió en nueve ocurrencias. Los sitios que presentaron ocurrencias mayores a nueve incendios se agruparon.

Posteriormente se caracterizaron por municipio y por área afectada; para una mayor significancia y validez del análisis.

#### 3.2.3.1.4. Asociación entre Estratos de Bosques Afectados, Tipo de Combustible y Tipos de Tenencia de los Bosques Afectados

Se realizaron correlaciones para medir la asociación de los estratos afectados PI, PII, PIII, y PIV-PV con la tenencia del sitio. Igual forma con la variable tipo de combustible, liviano, ligero y pesado con la tenencia del sitio afectado.

Las variables estrato de bosque y tipo de combustible fueron registradas donde existió la información en hectáreas. Para su análisis fueron clasificadas en clases o rangos de áreas. Debido a la naturaleza categórica de la variable tenencia (ejidal, nacional y privada), los análisis de correlación fueron para datos categóricos, con el estadístico *Chi* cuadrado con un nivel de confianza del 95% y el coeficiente de correlación *phi*.

El programa utilizado para realizar los diferentes análisis, consistió en el uso del paquete computacional SAS, como herramienta de ayuda.

### 3.2.3.2. Regresiones Aplicadas en la Selección del Modelo de Pérdidas por Incendios Forestales en Función de los Costos de Protección

Con métodos de regresión múltiple se estimó un modelo econométrico de pérdidas de los propietarios privados de bosques de la zona de estudio. Se efectuaron análisis de Panel de Datos, ya que la muestra de propietarios fue de cinco años; siendo esta, una condición de la técnica, un valor  $t$  menor que el número de la muestra  $n$ , así, también, se le efectuaron análisis con regresiones logarítmicas, y análisis de regresión convencional o clásica. Se trató de ajustar un modelo que resultara satisfactorio con las variables y los supuestos básicos de la regresión múltiple, se realizaron una serie de ajustes por variables. Todas las técnicas de regresiones efectuadas, con el objeto de realizar la mejor selección de ajuste entre las variables que expliquen las pérdidas.

Se adicionaron variables ficticias para lograr un mejor ajuste del modelo. Estas variables ficticias fueron por años y zona. Las variables ficticias de años, se incorporaron para capturar los cambios por eventos como los ocurridos en 1998, año de mayor problemas con los incendios forestales. Las variables ficticias por zona, se incorporaron con el objeto de capturar cualquier posible efecto debido a particularidades propias de la zona.

#### Modelos Econométricos Empleados

El análisis de regresión múltiple se tomaron las siguientes formas funcionales:

$$Y_{it} = \alpha + \beta' X_{it} + \mu_{it} \quad (11)$$

$$\ln Y = \alpha + \beta' \ln X_i + \mu_i \quad (12)$$

$$Y = \alpha + \beta' X_i + \mu_i \quad (13)$$



En donde el modelo de la ecuación (11) es la expresión para análisis de datos de Panel, diseño de doble vía (two way designs) con efectos aleatorios. El análisis de datos de panel estima los parámetros en el modelo definido bajo tres estructuras de error. El método de regresión empleada es la técnica de Fuller, la cual estima los parámetros con el modelo general lineal (GLS).

En donde el término del error  $\mu_{it} = v_i + e_t + \varepsilon_{it}$ , donde  $v_i$  es el componente de varianza por las secciones transversales,  $e_t$  el componente de varianza de la serie de tiempo y  $\varepsilon_{it}$  el componente de varianza del error. Los errores son distribuidos independientemente con media cero y varianza positiva.

En la expresión general (12), es la forma funcional logarítmica lineal o de elasticidad constante, en donde  $\alpha = \ln \beta_1$ . Una característica atractiva del modelo logarítmico, es el coeficiente de la pendiente mide la elasticidad de  $y$  con respecto a  $x$ , es decir el cambio porcentual en  $y$  ante un cambio porcentual (pequeño) en  $x$ .

La expresión (13), es la forma funcional del Modelo de Regresión Lineal; en donde  $\beta$  representa el vector de los coeficientes de las variables explicativas  $X_i$ ; y la variable aleatoria  $\mu_i$  como el término de error del modelo.

## IV. Resultados y Discusión

### 4.1. Análisis de Tendencias, Causas, Régimen de los Incendios Forestales, y otras Variables

#### 4.1.1. Dinámica Causal de los Incendios Forestales de la Zona Central del País

##### ➤ Región Forestal de Francisco Morazán

La AFE/COHDEFOR clasifica las causas de los incendios forestales del País en 10 categorías. El Cuadro 4, muestra las frecuencias causales anuales de los incendios forestales de la región forestal de Francisco Morazán.

Los resultados indican que los 'Incendiaris' han sido identificados como causa principal de incendios en la región de Francisco Morazán, con un 69,11 por ciento de ocurrencias. Esto equivale a 698 incendios de un total de 1.010 ocurrencias combatidas.

El Cuadro 4, muestra como la causa incendiarios se incrementa de 1996 a 1998, desciende a partir del año 1999, para luego iniciar de nuevo su incremento en el año 2000.

De los resultados, es evidente que la causal 'incendiarios', es la causa-responsable de los incendios de la Región. Esto es particularmente crítico, ya que, en Francisco Morazán se concentra la mayor densidad poblacional con un 18,6% del total de la población del País.

La causal 'Otros' indica un 10,89 por ciento de ocurrencia en el periodo. El restante 20 por ciento causal, es distribuido en orden descendente por Quemados de Pastoreo (7,62), Quemados Agrícolas (3,86), Leñadores (1,98), Caminantes Nocturnos y Fumadores (1,58 cada categoría), Colmeneros (1,49), Cazadores (1,29) y Pescadores (0,59).

##### • Área afectada por Causal

El Cuadro 4, muestra el área total afectada por incendios en la Región de Francisco Morazán la cual fue 53.769 hectáreas. Un 75,94 por ciento del área afectada se atribuye a la causal 'Incendiaris', un 9,53 por ciento a la causal 'Otros' y un 7,6 por ciento por quema de pastoreo. Las tres causales representan el 93,07 por ciento del total del área afectada.

**Cuadro 4. Ocurrencia, Causalidad y Área Quemada Anual por Incendios Forestales en la Región de Francisco Morazán**

Categoría de la Causalidad	Ocurrencias/Año					Área Quemada (Has)
	1996	1997	1998	1999	2000	
Quemas Agrícolas	9	5	9	3	13	1.282,0
Quemas de Pastoreo	10	12	18	18	19	4.089,0
Colmeneros	3	2	3	4	3	258,0
Caminante Nocturno	0	0	1	9	6	652,0
Cazadores	0	1	5	7	0	309,0
Leñadores	8	2	4	2	4	554,0
Pescadores	1	2	0	2	1	269,0
Fumadores	7	4	4	1	0	361,0
Incendiaros	119	176	194	78	131	40.831,0
Otros	14	32	10	20	34	5.124,0
<b>TOTAL</b>	<b>171</b>	<b>236</b>	<b>248</b>	<b>144</b>	<b>211</b>	<b>53.729,0</b>

#### ➤ Región Forestal Comayagua

El Cuadro 5, muestra que en la región de Comayagua la causa principal de incendios reporta con mayor frecuencia 'Incendiaros' con un 63,86 por ciento. Las siguientes dos causales, quemas agrícolas y de pastoreo se ubicaron en segundo y tercer lugar con 8,16 y 6,91 respectivamente. El restante 21,07 por ciento esta distribuido en siete categorías.

#### • Área afectada por causal

El Cuadro 5, muestra el área quemada por causal en la región de Comayagua en el periodo 1996-2000. La causal 'Incendiaros' muestra un 61,01 por ciento del área quemada, lo que equivale a 12.040,01 hectáreas. Las causales 'Colmeneros y Fumadores' con un 6,16 y 6,09 por ciento se ubican en segunda y tercera con respecto al área quemada. Subsecuentemente, la quema de pastoreo y agrícola con un 6,01 y 5,94 como cuarta y quinta respectivamente.

El área quemada total en la región de Comayagua en el periodo 1996-2000 fue de 19.733, hectáreas.

**Cuadro 5. Ocurrencia, Causalidad y Área Quemada por los Incendios Forestales en la Región Comayagua**

Categoría de la Causalidad	Ocurrencias/Año					Área Quemada (Has)
	1996	1997	1998	1999	2000	
Quemas Agrícolas	8	32	12	30	9	1.175,9
Quemas de Pastoreo	20	17	6	24	10	1.189,3
Colmeneros	11	9	0	8	5	1.218,5
Caminante Nocturno	5	9	3	9	1	466,3
Cazadores	0	2	0	1	3	284,7
Leñadores	7	26	3	4	1	273,5
Pescadores	6	15	3	5	1	859,5
Fumadores	4	9	0	8	3	1.205,2
Incendiaros	89	190	127	114	192	12.040,1
Otros	9	14	8	25	15	1.020,9
<b>TOTAL</b>	<b>159</b>	<b>323</b>	<b>162</b>	<b>228</b>	<b>240</b>	<b>19.733,9</b>

➤ **Región Forestal El Paraíso.**

Los resultados del análisis para la región de El Paraíso muestran en el Cuadro 6, la causal 'Incendiaros como la responsable de los incendios forestales con 55,67 por ciento, equivalente a 422 ocurrencias. Las Quemas de Pastoreo y Agrícolas le siguen con 18,47 y 7,26 por ciento respectivamente; lo cual equivale a 140 y 55 ocurrencias. Las siguientes causas probables de los incendios en la región de El Paraíso resultaron atribuibles en porcentajes así: 'Otros (5,54), Caminante Nocturno (3,96), Leñadores (2,37), Cazadores (1,72), Colmeneros (1,32), Pescadores y Fumadores (1,06 cada categoría)' y un 1,58 no identificado en ninguna categoría.

La tendencia en retornos de ocurrencia marca un ascenso en el año 1998, como se denota en el Cuadro 6, con una máxima en el año 2000; si observamos el inicio de las ocurrencias, estas muestran un descenso de los años 1996 y 1997; podríamos estar en presencia de un retorno de tres años. Esto lógicamente, es una observación de la tendencia de las variables antropocéntricas que influyen en la causalidad de los incendios en la región, la cual nos hace inferir el acortamiento de estos periodos de ocurrencias.

• **Área afectada por causal**

El Cuadro 6, muestra el análisis realizado sobre el área quemada y la causa probable de la ocurrencia en la región Forestal de El Paraíso en el periodo de 1996- 2000. El total de hectáreas

quemadas en el periodo fue de 23.040,0 hectáreas. El Cuadro reporta que 16.452,8 hectáreas de bosque fueron quemados por la causal 'Incendiaros', equivalente a un 69,86 por ciento del total de hectáreas quemadas en el periodo. La quema de pastoreo como segunda causa responsable del área quemada, con un 14,66 por ciento. Le siguen, las quemas agrícolas y causal pescadores con 5,06 y 2,06 por ciento respectivamente.

**Cuadro 6. Ocurrencia, Causalidad y Área Quemada por los Incendios Forestales en la Región El Paraíso.**

Categoría de la Causalidad	Ocurrencia/Año					Área Quemada (Has)
	1996	1997	1998	1999	2000	
Agrícola	15	3	6	13	18	1.191,3
Pastoreo	13	40	16	25	46	3.452,4
Colmeneros	0	1	0	4	5	154,2
Caminantes Nocturnos	1	1	1	9	18	432,5
Cazadores	1	0	11	0	1	156,0
Leñadores	3	4	1	7	3	112,5
Pescadores	0	4	0	2	2	485,0
Fumadores	0	0	1	1	6	138,7
Incendiaros	100	34	47	80	161	16.452,8
Otros	19	2	10	8	3	464,6
TOTAL	152	89	93	149	263	23,040,0

#### ➤ Región Forestal de Yoro

Los incendios forestales de la Regional de Yoro del periodo 1998-2000 se reportan en 412 ocurrencias. El Cuadro 7, muestra un 32,28 por ciento de las ocurrencias del período atribuible a la causal 'Incendiaros', seguida de un 23,3 por ciento la causal 'Otros'. Las quemas agrícolas y de pastoreo con 19,66 y 10,19 por ciento respectivamente. La causa 'Pescadores' no reporta ocurrencias en los tres años del estudio; la causa 'Colmeneros' reporta una ocurrencia, 'Fumadores' tres y 'Cazadores' seis ocurrencias en el periodo.

#### • Área afectada por causal

El Cuadro 7, muestra el área quemada y la causa probable del periodo 1998-2000 en la Regional de Yoro. El área quemada fue de 5.812,1 hectáreas. El área quemada en hectáreas por la causal 'Incendiaros' reporta un 28,82 por ciento del total; le siguen el área quemada por la causal 'Otros' con un 27,91 por ciento. Las quemas agrícolas reportan un 23,17 por ciento en área quemada y las quemas de pastoreo con un 7,55 por ciento. Las cuatro causas descritas reportan el 87,45 por ciento del total del área quemada del periodo en la Regional de Yoro.

La cuatro causas probables principales de los incendios forestales en la Regional de Yoro y el área quemada guardan relación directa.

**Cuadro 7. Ocurrencia, Causalidad y Área Quemada Anual por Incendios Forestales en la Región de Yoro**

Categoría de la Causalidad	Ocurrencias/Año			Área Quemada (Has)
	1998	1999	2000	
Agrícola	18	28	35	1.358,0
Pastoreo	8	7	27	444,5
colmeneros	0	0	1	8,0
Caminantes Nocturnos	5	5	21	316,0
Cazadores	0	2	4	137,0
Leñadores	11	1	5	137,0
Pescadores	0	0	0	0,0
Fumadores	3	0	0	24,0
Incendiaros	21	66	46	1.689,6
Otros	93	0	3	1.636,0
TOTAL	159	109	142	5.812,1

Estará la causa probable 'Incendiaros' incluyendo la parte natural de los regímenes de disturbios de incendios, Middleton (1997) documenta un caso de incendio por rayo en un bosque seco tropical cerca de Cebadilla, Costa Rica, sin embargo, en los bosques de pino de la Zona Central de Honduras; no hay estudios que nos guíen al respecto; Wolffsohn (1986) argumenta que el fuego en los pinares de Honduras las especies de pinos y la vegetación asociada con ellos son ejemplos de asociaciones pirofíticas, el desarrollo de estas asociaciones es una consecuencia de las frecuencias de las ocurrencias de fuego.

La causa principal de incendios en la Zona Central, dentro del grupo de los intencionados, fue 'Incendiaros'; sin embargo, la causa es sinónima de Pirómano, la pregunta es necesaria, es posible que exista tal numero de Pirómanos para tal numero de ocurrencias. Lo cual nos lleva a analizar que la causa 'Incendiaros' podría ser el efecto de causas como: Conflictos (ya sean económicos, políticos, sociales, e institucionales), sobredimensionamiento al no poder identificar la causa probable de ciertos eventos, entre otros. Lamentablemente, no se dispone de documentación que nos guíe al respecto, pero, Sosa (1985) menciona en un estudio realizado en un área de bosque de la Región de Comayagua de 4.200 hectáreas, un 64,5 por ciento de las ocurrencias del año fueron atribuibles a 'Incendiaros' seguido por quemas agrícolas con 14,65 y quemas de pastoreo con 10,86.

#### 4.1.2. Determinación de la Multiplicidad de las Ocurrencias

Para este análisis se agrupó toda la información secundaria registrada de la Zona Central, con excepción de la Región de Yoro, por carecer de dos años de información (1996 y 1997). Por lo que los resultados del análisis son solo validos para las Regiones de Francisco Morazán, Comayagua y El Paraíso. El cuadro 8, muestra los días de duración de los incendios forestales de los últimos cinco años, los cuales en promedio muestran una duración de 141 días al año. La multiplicidad máxima de ocurrencia de incendios forestales por día en promedio reportó 17 incendios con una duración media de 1,6 días.

El cuadro 8, refiere exclusivamente la máxima ocurrencia de incendios forestales dentro del periodo de duración de los mismos; sin embargo, para efectos de planificación la Máxima Ocurrencia de Incendios Forestales podría establecerse a días con ocurrencias mayores a un numero determinado, sobre el cual se definen estrategias de protección. Los Análisis de Multiplicidad son herramientas de apoyo a nivel de regionales forestales sobre todo porque muestran el numero de eventos máximos.

**Cuadro 8.** Días de Duración del Periodo de Incendios Forestales en los Bosques de la Zona Central de Honduras, Máxima Multiplicidad (MM) y días de MM (DMM).

Año	Periodo	Días en el Periodo	Máxima Multiplicidad	Días de Máxima Multiplicidad
1996	Enero 17 – Junio 12	148	18	2
1997	Enero 08 –Junio 02	147	14	3
1998	Enero 17 – Junio 18	154	12	1
1999	Febrero 01 – Mayo 31	121	16	1
2000	Enero 25 –Junio 07	135	25	1
<b>Promedio</b>		141	17	1,6

La Figura 5, muestra el total de días por año de duración de los incendios y su frecuencia. La misma muestra la tendencia de las ocurrencias por año; resultando el año de 1998 con un comportamiento inusual. El comportamiento del año 1998 se explica por las sequías generalizadas en el País por el efecto regional del 'niño'. Los años de 1996, 1997, 1999 y 2000, presentan un comportamiento normal claramente definido.

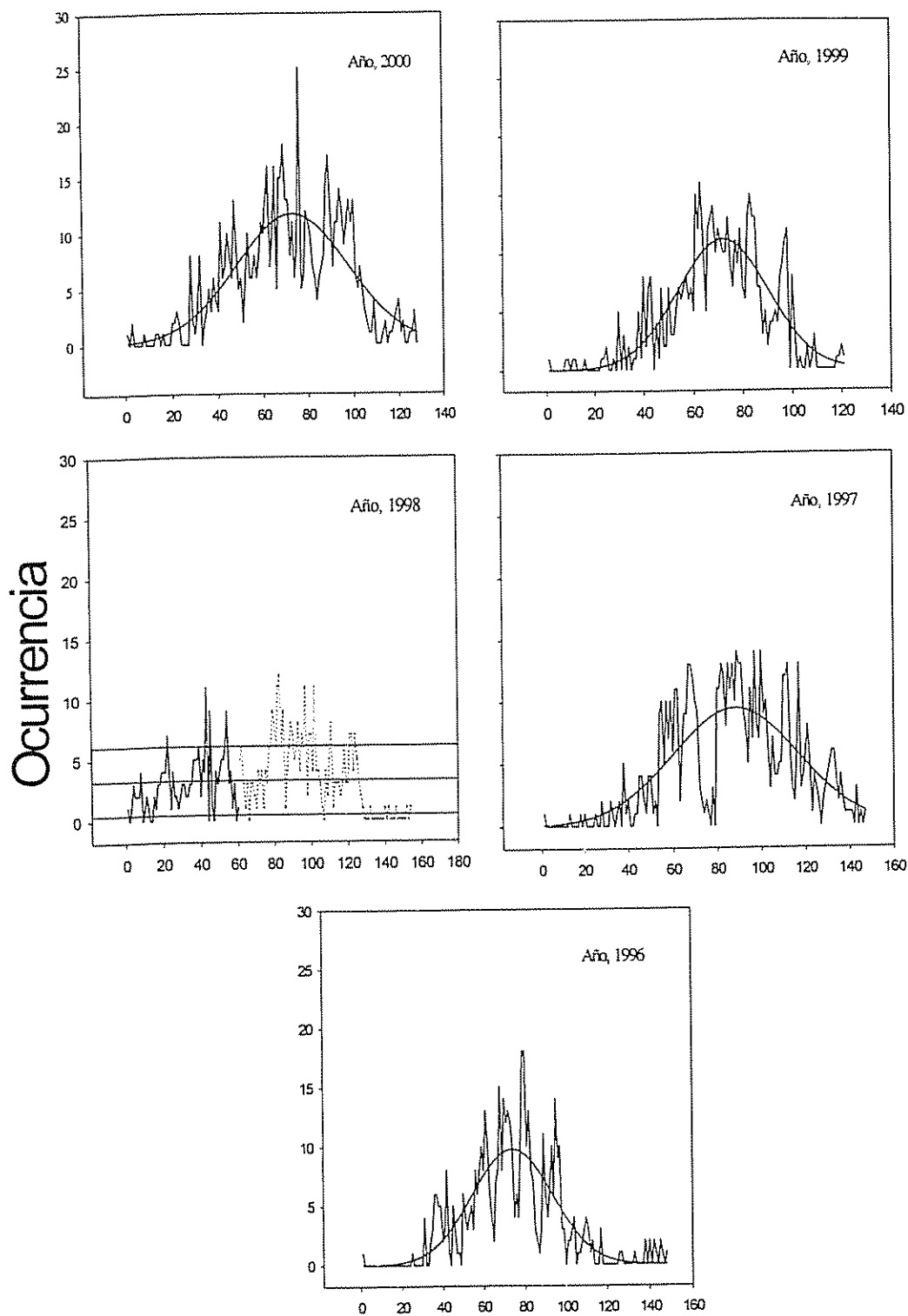
Se ajusto un modelo con los datos de las frecuencias de ocurrencias por años que explicara el comportamiento. El ajuste se realizo siguiendo un modelo de distribución normal, el cual se ajusto

satisfactoriamente, a excepción del año 1998. El cual se secciono y se ajusto con los datos de frecuencias de ocurrencias de la mitad del periodo de días de duración de los incendios (Figura 6, año 1998). En la Figura 5, se muestra el ajustamiento realizado mediante las curvas sobrepuestas a las frecuencias de ocurrencias de los incendios. Los modelos ajustados por año resultantes del análisis, se presentan en el cuadro 9. El ajuste del modelo para el año 1998 resulto con el  $R^2$  mas bajo comparado con los restantes años. El año 1999, resulto ser el año mejor explicado por el Modelo, aunque comparado con el año 1996 no se encuentra mayor diferencia. El año 1997, resulto con un  $R^2$  igual a 0,55; en la Figura 5, se observa la distribución de las frecuencias de incendios para el año 1997 con la curva ajustada mas desplazada hacia ambos lados y no muy definida en los puntos máximos de la curva.

**Cuadro 9.** Modelos Probabilísticos Ajustados por Año al Análisis de Multiplicidad de Incendios Forestales para la Zona Central de Honduras

Año	Modelos	$R^2$
2000	$Y = 11,7311 * \exp(-0,5 * ((x - 72,9510) / 24,8168) \wedge 2)$	0,62
1999	$Y = 11,1136 * \exp(-0,5 * ((x - 72,0347) / 18,3229) \wedge 2)$	0,71
1998	$Y = 6,3658 * \exp(-0,5 * ((x - 91,5342) / 22,0533) \wedge 2)$	0,48
1997	$Y = 9,4270 * \exp(-0,5 * ((x - 88,4106) / 28,2801) \wedge 2)$	0,55
1996	$Y = 9,7520 * \exp(-0,5 * ((x - 73,9163) / 19,5247) \wedge 2)$	0,63





### Días de Duración de los Incendios

Figura 5. Análisis de Multiplicidad Comparativa 1996-2000 de la Zona Central de Honduras.

Así mismo se repitió el ejercicio agrupando los cinco años de observaciones de incendios forestales combatidos. Se estimó una curva de distribución normal la cual se presenta en la Figura 6. Los resultados del ajuste se presentan en el Cuadro 10. El  $R^2$  obtenido fue de 0,84; mejorando los resultados del análisis por año efectuado, dado esto, por el mayor número de datos muestrales.

**Cuadro 10.** Resultados Estadísticos del Ajuste de la Ocurrencia de Multiplicidad de Incendios Forestales de la Zona Central de Honduras, 1996-2000.

Variable	Coficiente	Error Standard	P-value
Constante (a)	9,0489	0,2481	0,0001
Varianza (b)	25,2407	0,8051	0,0001
Media $x_0$	80,7506	0,7961	0,0001
$R^2$ ( $R^2$ ajustado) = 0,84 (0,84)			
s.e = 1,3492			
F= 368,9644 (0,0001)			

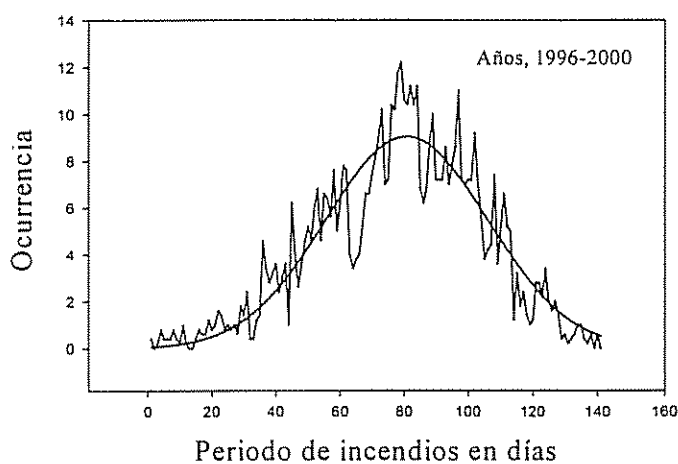


Figura 6. Ajuste de Curva de la Multiplicidad de Incendios Forestales para la Zona Central de Honduras, 1996-2000.

El resultado del modelo probabilístico estimado para incendios forestales en la Zona Central de Honduras fue el siguiente:  $F(I) = 9,0489 * \exp(-0,5 * ((x - 80,7506) / 25,2407) \wedge 2)$

### • Probabilidades de Incendios Forestales en la Zona Central

El Cuadro 11, muestra las probabilidades de Incendios Forestales de la Zona Central de Honduras. Los resultados se obtuvieron de la estandarización de los datos de la regresión del modelo estimado de la información de cinco años. El rango promedio de duración de los incendios forestales en días, se agrupo en clases, para facilitar los cálculos con numeraciones muy pequeñas. Las probabilidades para las primeras y últimas tres clases no fueron calculadas (NC) para no manipular resultados muy pequeños. En el Anexo 3, se detallan las probabilidades de incendios forestales para la Zona Central por día.

Los resultados indican que las probabilidades altas de ocurrencias de incendios se ubican en los días 70 a 90, por lo que su duración comprende 20 días críticos. Las probabilidades moderadas de ocurrencias se ubican en los días de rangos 65-70 y 90-100. Los días de baja probabilidad de incendios resultaron en los primeros 60 días y los últimos 40 días de la temporada de incendios de la Zona Central.

Cuadro 11. Estimación Probabilística de Ocurrencias de Incendios Forestales en la Zona Central de Honduras. (Probabilidades en base a serie de cinco años. 1996-2000).

Intervalo de Clases (Días)	Probabilidad de Ocurrencia	No. De Incendios Esperados
0-20	NC	NC
20-40	NC	NC
40-60	NC	NC
60-65	0,0006	0,3
65-70	0,0154	8,5
70-75	0,1109	64,0
75-80	0,3133	179,0
80-85	0,2399	137,0
85-90	0,1676	96,0
90-95	0,0306	17,5
95-100	0,0021	1,2
100-105	0,000197	0,11
105-110	NC	NC
110-120	NC	NC
120-140	NC	NC

#### 4.1.3. Identificación de Sitios de Alta Ocurrencia de Incendios por Región Forestal.

El estudio identifica 26 sitios con ocurrencias mayores a nueve incendios en el periodo de duración de los mismos. El cuadro 12, muestra los sitios por región forestal, municipio y área afectada.

Cuadro 12. Identificación de Sitios con Alta Ocurrencia de Incendios por Región Forestal.

Región Forestal Francisco Morazán				
No.	Sitio Identificado	Municipio	Ocurrencias #	Área Afectada (has)
1.	Agua Blanca	Talanga	9	296
2.	Cerro Grande	Talanga	10	1187
3.	Esperanza	Talanga	13	313
4.	Hatillo	Distrito Central	11	570
5.	Higuerito	Talanga	10	722
6.	Marias	Guaimaca	16	532
7.	Montañita	Distrito Central	11	470
8.	Monterrey	Guaimaca	10	639
9.	Palmira	Talanga	20	502
10.	San Diego	Guaimaca	14	1614
11.	San Francisco	El Porvenir	22	1111
12.	San Quín	Guaimaca	10	158
13.	Villa Nueva	Distrito Central	13	222
14.	Zambrano	Distrito Central	13	1116
Total		14	182	9.452,00
Región Forestal Comayagua				
15.	Agua Fría	La Paz	17	528.4
16.	Chupadero	Signatepeque	26	68.6
17.	Pichingas	Lajas	10	198.0
18.	San Isidro	El Rosario	12	29.4
19.	Volcán	La Paz	12	160.2
20.	Volcancito	El Rosario	10	58.8
Total		6	87	1043.4
Región Forestal El Paraíso				
21.	Agua Blanca	Teupasenti	9	183.0
22.	Carrizo	Teupasenti	11	914.0
23.	Lavaderos	Guinope	10	193.6
24.	Majada	Teupasenti	12	405.0
25.	San Julián	Danlí	10	66.4
Total		5	52	1762.0
Región Forestal Yoro				
26.	Alta Cruz	Jocón	9	59
Total		1	9	59
Gran Total		26	330	12.316,4

Se estableció el numero de ocurrencias por sitio a nueve como parámetro para identificar los sitios; el área que reportan los sitios identificados asciende a 12.316,4 hectáreas.

Podría haberse tomado el área en lugar del número de ocurrencias, pero, el estudio se basa en ocurrencias combatidas; por lo que el área de la ocurrencia deja de ser comparativa, y el número de ocurrencias demuestra la realidad del sitio con respecto a la problemática de incendios forestales en el periodo del mismo. Es la incidencia en el tiempo la que nos interesa, la que nos indica sus tendencias y comportamientos.

Ya que, si la logística que conlleva el combate en determinado año, es fuerte, la ocurrencia nos permite visualizar aquellos sitios con mayor incidencia. Los 26 sitios identificados, presentan esta característica.

En la Región de Francisco Morazán los 14 sitios identificados representan el 18 por ciento del total de la ocurrencia del periodo; en relación con área afectada las 9.452,0 hectáreas son responsables de un 17,6 por ciento del total de área afectada en el periodo.

En la Región de Comayagua los 6 sitios identificados representan un 7,8 por ciento del total de la ocurrencia del periodo; y un 5,27 por ciento del total del área afectada.

En la Región de El Paraíso los 5 sitios identificados representan un 6,86 por ciento del total de ocurrencia del periodo; y 5,53 por ciento del total de área afectada.

Para la Región de Yoro, solamente un sitio fue identificado, por la restricción impuesta de nueve ocurrencias en el periodo.

Los sitios identificados en la Zona Central con excepción de la Región Yoro son responsables del 11,13 por ciento de la ocurrencia combatida en el periodo.

#### 4.1.4. Análisis de Correlaciones a las Variables Tenencia de los Bosques Afectados por Ocurrencias, Tipo de Combustible y Estratos de Bosques Quemados.

El Cuadro 13, resume las ocurrencias de incendios por el tipo de tenencia en el periodo, en las regiones forestales de Francisco Morazán, Comayagua y El Paraíso. Los resultados del Cuadro 13, muestran que las regionales de Francisco Morazán y Comayagua la mayor ocurrencia de incendios se presenta en los bosques privados, seguido por los bosques ejidales y por último los bosques nacionales. Diferentes resultados se encontraron en la regional de El Paraíso, en donde la mayoría de las ocurrencias se concentran en los bosques nacionales, seguido las ocurrencias en los bosques privados y por último las ocurrencias en bosques de tenencia ejidal.

La ausencia de un catastro completo y detallado del país, imposibilita calcular las superficies de cada régimen de tenencia. Por los registros de procedencia de la madera aprovechada en los registros de la institución reguladora, se puede inferir porcentajes que puedan guiarnos; lo cual reportan un promedio de 50% para bosques privados, un 30% bosques nacionales y un 20% de bosques ejidales (AFE/COHDEFOR, 1996).

**Cuadro 13.** Distribución de las Ocurrencias Combatidas por Tenencia de las Áreas Forestales, en Tres Regiones Forestales, de 1996 – 2000.

Regiones Forestales	Ocurrencias		
	Tenencia		
	Ejidal	Nacional	Privado
Francisco Morazán	322	59	615
Comayagua	403	227	464
El Paraíso	93	359	296
Total	818	645	1.375

#### 4.1.4.1 Correlación Área Quemada y Tenencia del Área Afectada

Los resultados de la correlación realizada entre el área quemada y el tipo de tenencia del área se presentan en el Cuadro 14. Los resultados totales muestran que la mayor área quemada se presenta en los bosques de tenencia privada (48%), le siguen los bosques ejidales (28%) y los bosques nacionales (23%). Excepto en las áreas de la clase de 8-30 hectáreas en donde la mayor ocurrencia se reporta en la tenencia privada, seguida la tenencia nacional y por último las ocurrencias en el tipo de tenencia ejidal.

**Cuadro 14.** Resultados Análisis Prueba de Correlación Categórica *PHI* Asociada con las Variables Área Quemada en Hectáreas por Clases y el Tipo de Tenencia, Zona Central de Honduras. Exceptuando Regional de Yoro, 1996 – 2000.

Área Quemada (has) (Clases)	Ocurrencias		
	Ejidal	Nacional	Privada
0 – 2.5	221	136	362
2.5 – 8	221	175	334
8 – 30	184	189	335
> 30	192	145	344
Total	818	645	1.375
Chi cuadrado	19,89 (0,019)		
Coefficiente <i>PHI</i>	0,083		

El estadístico Chi cuadrado con un nivel de  $\alpha = 0,05$  reporta un valor de  $p$  significativo. El coeficiente de correlación *phi* entre las variables fue de 8,3 por ciento. Aunque los resultados demuestran significancia, el coeficiente de correlación demuestra una relación muy baja entre las variables. Lo cual indica que estadísticamente, el área quemada se distribuye igual entre los diferentes tipos de tenencia.

#### 4.1.4.2. Correlaciones entre los Tipo de Combustible Quemados y los Estratos de Bosque de Pino Afectados por las Ocurrencias de Incendios Forestales

El Cuadro 15, reporta los resultados de las correlaciones efectuadas a las variables asociadas área quemada, tipo de combustible (Liviano, ligero y pesado) y Estrato del bosque (PI, PII, PHI, PIV-V). Los resultados muestran valores de  $p$  significativos en todas los pares de variables asociadas a un nivel  $\alpha = 0,05$ ; exceptuando la correlación efectuada entre las variables Combustible Liviano y Estrato del Bosque PI, el cual reportó no significancia con un valor de  $p = 0,0610$ .

La relación entre las variables combustible ligero y estrato de bosque PII, reportó el mayor coeficiente de correlación con un  $\rho = 0,81444$ ; las variables asociadas área quemada y combustible liviano y ligero reportan coeficientes de  $\rho = 0,48183$  y  $0,73312$  respectivamente. De igual forma la variable área quemada y los estratos de bosque PII y PIV-V reportan coeficientes de  $\rho = 0,79250$  y  $0,46584$ ; también el Combustible liviano y el estrato de bosque PIV-V muestran un coeficiente de  $\rho = 0,41052$ .

Por los resultados de las correlaciones entre las variables se observa que el tipo de combustible de las áreas quemadas es mayormente ligero y el estrato de bosque que soporta esas áreas reporta el PII (Bosque joven). Y que, además existe una correlación menor pero estadísticamente significativa en las áreas quemadas que soportan estratos de bosques PIV-V (Bosques maduros) y combustibles livianos.

**Cuadro 15.** Resultados de las Pruebas de Correlación de Pearson Aplicadas a las Variables: Área Quemada, Tipo de Combustible y Estratos del Bosque Afectados por Incendios

Variables Correlacionadas	Coefficiente	*Significancia (valor $p$ )	Observaciones
Área Quemada –			
Combustible Liviano	0,48183 †	0,0001	2857
Combustible Ligero	0,73312 †	0,0001	2857
Combustible Pesado	0,28039	0,0001	2857
Estrato de Bosque PI	0,31103	0,0001	2857
Estrato de Bosque PII	0,79250 †	0,0001	2857
Estrato de Bosque PHI	0,17504	0,0001	2857
Estrato de Bosque PIV-PV	0,46584 †	0,0001	2857
Combustible Liviano –			
Estrato de Bosque PI	0,03488	0,0610 (NS)	2884
Estrato de Bosque PII	0,30136	0,0001	2884
Estrato de Bosque PHI	0,09351	0,0001	2884
Estrato de Bosque PIV-V	0,41052 †	0,0001	2884
Combustible Ligero –			
Estrato de Bosque PI	0,30406	0,0001	2884
Estrato de Bosque PII	0,81444 †	0,0001	2884
Estrato de Bosque PHI	0,05761	0,0020	2884
Estrato de Bosque PIV-V	0,09160	0,0001	2884
Combustible Pesado –			
Estrato de Bosque PI	0,23411	0,0001	2884
Estrato de Bosque PII	0,11344	0,0001	2884
Estrato de Bosque PHI	0,11322	0,0001	2884
Estrato de Bosque PIV-V	0,27705	0,0001	2884

\* Correlaciones de Pearson,  $\alpha = 0,05$  † Coeficientes de Correlación más altos





## 4.2. Estimación y Análisis de las Pérdidas por Incendios Forestales y los Costos Asociados de Protección en Propietarios Privados de Bosques

### 4.2.1. Características Físicas de las Áreas de las Fincas Forestales

De los 48 propietarios privados de bosques que comprende la muestra del estudio, el área total de las fincas fue de 38.753,00 hectáreas. El promedio de área por finca fue de 807 hectáreas. El área máxima de finca fue de 3.465,80 hectáreas y el área mínima fue de 6,0 hectáreas.

### 4.2.2. Área Afectada por Incendios Forestales en los Bosques de Propietarios Privados

El cuadro 16, presenta los resultados de las áreas de bosques en hectáreas totales, y por propietario que han sido afectadas por incendios forestales en el periodo de 1996 al 2000. El año 2000, resulta el más afectado con una media de 422 hectáreas por propietario. Sin embargo, el cuadro muestra una tendencia creciente en área quemada por propietario, a excepción del año 1998, donde se observa un leve decrecimiento. Decrecimiento que podría explicarse, en las áreas privadas específicamente al conocimiento de que el año 1998, resultó un año irregular por el fenómeno del niño. Los detalles de área quemada por propietario se presentan en el Anexo 4.

**Cuadro 16.** Resumen del Área Quemada en Hectáreas, Totales y por Propietario, de 1996–2000.

Área Quemada (Has)	Año				
	1996	1997	1998	1999	2000
Total (has)	13 995,0	16 970,0	16 416,0	17 433,0	20 263,0
Hectáreas/Propietario	292,0	354,0	342,0	363,0	422,0
Área máxima, has/Propietario	2 180,0	2 180,0	2 180,0	1 800,0	2 700,0
Área mínima, has/Propietario	0	0	0	0	0

### 4.2.3. Estimaciones de las Pérdidas por Incendios Forestales del Periodo 1996-2000

La pérdidas fue el resultado de la estimación de seis estratos identificados por los propietarios privados como pérdidas por la acción de los incendios forestales en sus áreas de bosques. Los componentes identificados fueron los siguientes: Regeneración natural establecida, plantaciones, bosque joven, bosque maduro, pasturas, y un componente clasificado como

'Otros' el cual incluye pérdidas por agricultura, ganadería e infraestructura. En el cuadro 17, se presentan los resultados por estratos. En Anexo 5, se detallan las estimaciones por propietario y estrato.

Cuadro 17. Resultados de las Pérdidas por Estratos en Miles de US Dólares Estimadas en 48 Propietarios de Bosques Privados de las Unidades de Gestión de Talanga, Guaimaca y Campamento en Honduras

Estrato	Año					Total
	1996	1997	1998	1999	2000	
Pasturas sin Uso	0,64	0,64	0,82	0,69	0,89	3,68
Pasturas en Uso	10,79	11,63	16,11	10,11	9,04	57,68
Regeneración Natural	0,00	0,00	4,10	1,68	0,07	5,84
Plantaciones	0,00	0,00	0,30	0,50	0,24	1,03
Bosque Joven	25,09	3,22	33,73	47,69	55,61	192,33
Bosque Maduro	1,14	7,34	9,96	3,74	12,01	34,19
Otros	5,98	8,98	16,22	25,67	20,33	77,18
<b>Total</b>	<b>43,63</b>	<b>58,80</b>	<b>81,23</b>	<b>90,07</b>	<b>98,20</b>	<b>371,94</b>

Los resultados del Cuadro 17, reportan el estrato de Bosque Joven con la mayor estimación en pérdidas, con un total en el periodo de 192,33 miles de dólares. Por cada año estimado, representó el estrato con las pérdidas por incendios mas alta, a excepción del año 1997. Las estimaciones en los estratos 'Otros', Pasturas en Uso y Bosque Maduro reportaron las subsecuentes pérdidas mayores por incendios forestales. La regeneración natural no mostró pérdidas en los años 1996-1997; no obstante el año 1998 reporta su mayor pérdida del periodo. Las estimaciones mas bajas de los estratos se reportan en plantaciones, en donde no existió pérdidas en los años de 1996-1997 y en pasturas sin uso; las pérdidas totales del periodo de los dos estratos se estimaron en 1,03 y 3,68 en miles de US\$ respectivamente.

Por los resultados en las estimaciones por estratos, se infiere que los propietarios privados de bosque de la zona de estudio poseen en su mayoría bosques jóvenes, pasturas en uso extensivo bajo el bosque, algunas áreas de bosque maduro y algún tipo de infraestructura susceptible con los incendios forestales.

En la Figura 7, se muestran las pérdidas por estrato y por año, y la tendencia de las estimaciones en el periodo de análisis. Se observa como el estrato de 'Otros' y Pasturas en Uso tienden a decrecer a partir del año 1998.

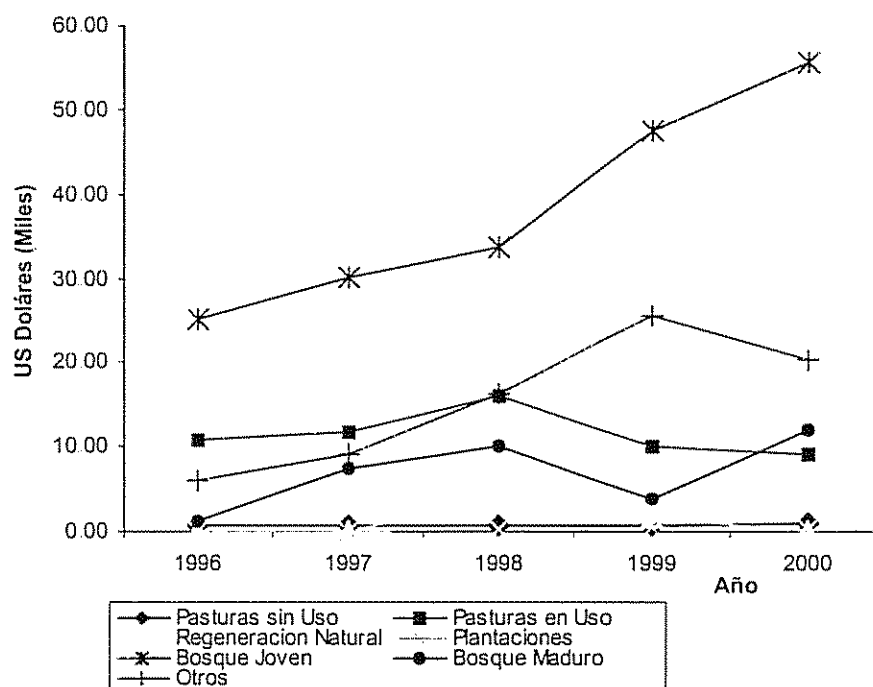


Figura 7. Estimación de Pérdidas en Miles de US Dólares por Estratos Afectados por Incendios Forestales en Propietarios Privados de Bosques en el Período de 1996-2000.

#### 4.2.3.1 Estimaciones y Proyecciones de Pérdidas por Hectárea

El Cuadro 18, resume las estimaciones de las pérdidas anuales en dólares, totales, por propietario y por hectárea. En el Anexo 6, se presentan las estimaciones por propietario por año.

**Cuadro 18.** Estimación Pérdidas Anuales en US Dólares de Propietarios Privados de Bosques de las Unidades de Gestión de Talanga, Guaimaca y Campamento, en Honduras

ESTIMACIÓN DE PERDIDAS	AÑO				
	96	97	98	99	2000
Pérdidas Totales por Año	43.633,76	58.800,05	81.232,62	90.074,70	98.196,10
Pérdidas/Propietario	909,04	1.225,00	1.692,35	1.876,56	2.045,75
Pérdidas/ha	3,12	3,46	4,96	5,22	4,85
Estimación promedio anual = US\$ 74.387					
Estimación por Hectárea anual = US\$ 4,32					

Las pérdidas estimadas por año por hectárea resultó de US \$ 4,32. La población en donde se realizó el estudio comprende 108 áreas privadas (Población hasta mayo del 2000, la cual pudo haberse incrementado a nivel decreciente) con planes de manejo en ejecución, con un área total de 91.411,06 hectáreas. Una proyección de las pérdidas resultaría en un estimado para la zona de US \$ 394.895,78. Es importante señalar que en la estimación de las pérdidas no se internalizó las pérdidas por los efectos ambientales y el complejo de daños indirectos a la finca forestal. La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo en el informe sobre incendios forestales en Centroamérica en 1998, reporta que las pérdidas económicas por productos forestales y no maderables en áreas boscosas con usos agrícolas se estima en US\$ 1,50/Ha/año. Así mismo, reporta pérdidas asociadas con protección de ecosistemas, belleza escénica y ecoturismo con estimaciones de US\$ 1,50/ha/año. Pérdidas económicas al suelo (US \$ 5,00/ha/año), pérdidas económicas por emisiones de CO<sub>2</sub> (US \$ 2.830/Ha/año para bosques y US \$ 630/Ha/año para agricultura).

#### **4.2.4. Estimaciones de los Costos por las Actividades de Protección Implementadas en el Manejo de los Incendios por los Propietarios Privados de Bosques**

Se identificaron seis actividades de protección que los propietarios implementan en la zona de estudio, como medidas contra los incendios forestales:

Rondas o brechas corta fuego, vigilancia de sus áreas, quemas controladas e implementación de cuadrillas de combate de incendios (Cuadro 19). Otras actividades que se identificaron muy infrecuentes y puntuales a dos propietarios: Publicidad a través de la radio y contratación de técnico en el periodo específico de incendios. Las cuales no se incorporaron a la estimación.

Los resultados del Cuadro 19, indican que la actividad de brigadas de combate es donde los propietarios asignan mayores recursos, con excepción del año 1997 en donde la vigilancia muestra los costos mas elevados de todas las actividades de protección. Además, de ser el año 1997 donde los propietarios adjudicaron mas recursos económicos a la protección. Las rondas cortafuegos representan la segunda actividad de protección implementada en la zona, después se reporta la vigilancia y por ultimo con respecto a gastos en la ejecución de la actividad de protección se muestra las quemas controladas.

La estimación de costos de protección anual por hectárea resultó de US \$ 2,62/año.

**Cuadro 19. Costos por Actividad de Protección Ejecutada por Propietarios Privados de Bosques en US\$ por Hectárea y Total de Costos de Protección.**

Actividades	Años				
	1996	1997	1998	1999	2000
Rondas	0,54	0,66	0,67	0,67	0,82
Vigilancia	0,23	2,11	0,33	0,53	0,55
Quemas Controladas	0,02	0,05	0,07	0,07	0,06
Brigadas de Combate	1,05	1,27	1,20	0,94	1,28
<b>COSTOS DE PROTECCIÓN, Propietario/ha*</b>	<b>1,84</b>	<b>4,10</b>	<b>2,26</b>	<b>2,21</b>	<b>2,71</b>

\* Costos de Protección: es la sumatoria de todas las actividades de protección ejecutadas.

#### 4.2.5. Relación entre Pérdidas por Incendios Forestales y Costos de Protección

La literatura sobre la eficiencia económica en el manejo de los incendios forestales, se centra en el objetivo de minimizar los costos del manejo de incendios, minimizando los daños netos por los efectos del mismo, (Rideout, 1990). Que es lo mismo expresado en el marco teórico del estudio y desarrollado como 'Least-cost-plus-loss', y que para expresar las consideraciones de los efectos benéficos potenciales del fuego, se modifico el marco teórico introduciendo Cost plus net value change 'C + NVC', para denotar la inclusión.

La Figura 8, muestra los gastos en protección por hectárea por los propietarios privados, en el periodo de cinco años, con costos crecientes por hectárea en los primeros dos años; la curva de pérdidas denota un crecimiento descendente en los mismos años, se cruzan y se observa levemente por debajo de la curva de costos. Cuando los costos de protección decrecen, la curva de pérdidas continua su ascenso, y se sitúa por encima de la curva de costos por el año 1998 en adelante. Luego en el año 2000, la curva de costos levemente se incrementa y la curva de pérdidas responde e inicia un leve decrecimiento. La curva de costos totales es la sumatoria de las curvas de costos de protección y de pérdidas, en su punto mínimo es donde se minimizan los costos del manejo de incendios forestales.

La Figura 8, muestra que las inversiones en protección reducen perdidas por incendios forestales. No obstante, los propietarios carecen de cierto tipo de planificación eficiente en manejo de incendios, los mismos realizan sus actividades de protección procurando solamente evitar incendios en el periodo critico.

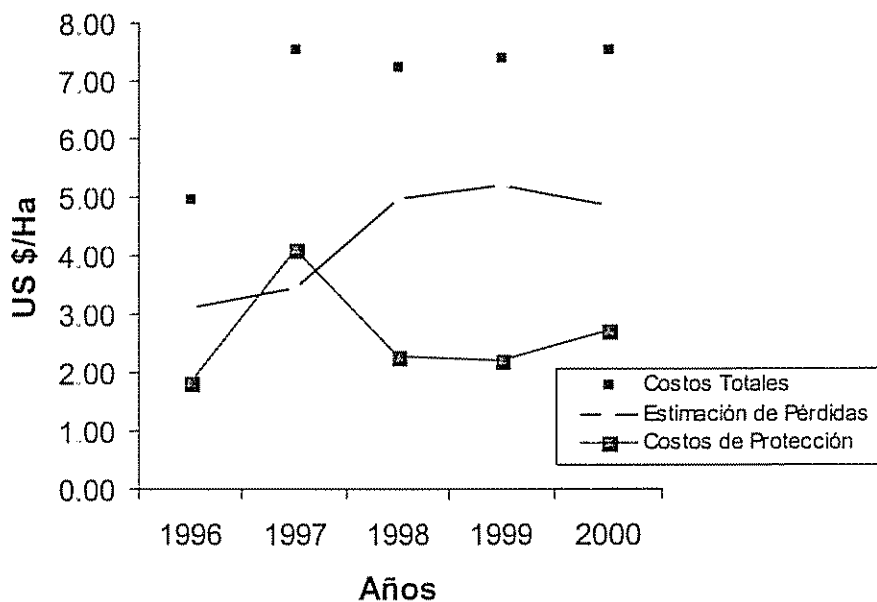


Figura 8. Relación de Pérdidas y Gastos de Protección por Incendios Forestales en Bosques Privados de Talanga, Guaimaca y Campamento, 1996-2000

#### 4.2.6. Características de Sitio de las Áreas Forestales de los Propietarios Privados de Bosques del Estudio

Las características de sitio recolectadas de los propietarios, fueron las establecidas en la metodología. Las mismas representaron variables capaces de capturar de forma categórica efectos individuales y de muestra característicos a las áreas, al municipio o al año. Las características de sitio, formaron parte del vector de variables explicativas categóricas, que se estableció en el modelo propuesto de regresión en la metodología.

Las estadísticas descriptivas de los resultados agrupados del vector características de sitio de la muestra en el periodo, se resumen en el Cuadro 20.

El Cuadro 20, reporta que en la variable de sitio 'Domicilio del Propietario' 67% de la muestra reside en el área donde tiene su bosque y un 33% reside fuera de la misma. En la variable 'Uso Adyacente del Área Forestal' un 89% de las áreas forestales mantienen en su proximidad otras áreas de bosque; un 79% mantiene entornos de potreros o pasturas; un 68% tiene comunidades y un 50% colinda o tiene agricultura. En forma general, los bosques de la zona tiene mayormente usos adyacentes de otros bosques, potreros y comunidades.

**Cuadro 20.** Características de Sitio de los Bosques de los Propietarios Privados del Estudio. Áreas de las Unidades de Gestión de Talanga, Guaimaca y Campamento.

VARIABLES	%
Domicilio del Propietario	
• En el área forestal	67
• Fuera del área forestal	33
Uso Adyacente del área forestal	
• Otro bosque	89
• Agricultura	50
• Potreros	79
• Comunidades	68

#### 4.2.6.1. Modelo Econométrico de Implicancia de las Variables de Sitio con Respecto al Área Afectada por Incendios Forestales

El Cuadro 21, resume los resultados del modelo ajustado a las variables de sitio en relación al área quemada en los bosques privados del estudio. Los resultados muestran significancia en las variables 'Área de la Finca' y 'Uso Adyacente de Comunidades' con un valor  $p = 0,0001$  a un nivel de  $\alpha = 0,01$ . La variable 'uso adyacente de Pasturas' también muestra significancia con un valor  $p = 0,0162$  a un nivel de  $\alpha = 0,05$ . El coeficiente de correlación determinado por el ajuste del modelo resultó en un  $R^2 = 0,70$ .

Las otras tres variables planteadas en el modelo, resultaron no significativas (Uso adyacente de la finca forestal con Bosques, agricultura y domicilio del propietario). Por lo que, estadísticamente expresado en el modelo, las variables que explican el área quemada en la zona del estudio, lo representan los potreros y las comunidades que rodean el área privada forestal.

Los coeficientes significativos del modelo muestran la magnitud del incremento positivo del área quemada cuando estos se incrementan en una unidad. La constante del modelo es negativa, capturando otros efectos y estabilizando el modelo.

Los resultados en cuanto a las variables significativas son indicativos de zonas ganaderas y posiblemente con concentración de caseríos y/o comunidades aledañas

**Cuadro 21.** Resultados del Modelo de Regresión de los Bosques Privados en Relación al Área Quemada en Hectáreas y sus Variables de Sitio.

Variables	Estimación de Parámetros		
	Coefficiente	Error Standard	P-value
Constante	-223,99	92,8806	0,0167**
Área de la Finca	0,4482	0,0251	0,0001***
Domicilio del Propietario	24,3677	41,1696	0,5545
Uso Adyacente con Bosque	-83,5353	72,0124	0,2472
Uso Adyacente Agricultura	-5,3646	43,4395	0,9018
Uso Adyacente de Pastura	115,7221	47,7849	0,0162**
Uso Adyacente Comunidades	423,6219	42,5184	0,0001***
R <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> ajustado)	0,70 (0,69)		
F (signif)	90,472 (0,0001)		

Nivel de significancia: \*\*\* 0.01 y \*\*0.05

#### 4.2.7. Estimación de Pérdidas en Función de los Costos de Protección y Variables de Sitio de las Áreas Forestales

Con las estimaciones de pérdidas construidas y las estimaciones de los costos de las actividades de protección y las variables de sitio, de los 48 propietarios del periodo 1996 – 2000, se realizaron una serie de regresiones. El método empleado fue el de datos de panel con transformaciones logarítmicas y sin transformación, y la regresión convencional. Aparte de las variables definidas se emplearon variables ficticias para denotar las zonas (Campamento, Guaimaca y Talanga) y captar posibles efectos al estudio debido a los años y sus particularidades.

Los resultados de tres regresiones se presentan en el Cuadro 22. Es necesario aclarar que se realizaron una serie de regresiones tratando de buscar el mejor ajuste posible; No sin antes haber realizado análisis de regresión para cada año de las variables estimadas (1996 – 2000) con el objeto de definir si los datos aceptaban ser analizados en conjunto (Pooling vrs no-pooling).

Los resultados del Cuadro 22, muestran que la regresión con transformación logarítmica no logró un ajuste de los datos, la misma no se adecuó, ni generó coeficientes significativos que pudieran explicar las estimaciones.

La regresión de datos de panel mostró con tres coeficientes significativos 'Rondas, Brigadas y Uso Adyacente de Pasturas' con valores de  $p = 0,0243$ ,  $0,0167$  y  $0,0331$  respectivamente a un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ , el valor resultante  $R^2 = 0,10$ .



Los resultados de la regresión convencional mostró cinco coeficientes significativos con valores de  $p$  significativos a nivel de  $\alpha = 0,05$ ; 'Rondas (0,0316), Brigadas (0,0143), Domicilio (0,0475) Uso Adyacente de Pasturas (0,0319) y una variable Ficticia F4 (0,0046)', sin embargo, los coeficientes de los parámetros significativos no indican o explican la estimación de pérdidas por efectos de los incendios forestales; con excepción de la variable 'Quemas Controladas', la cual mostró un coeficiente negativo (-4,25) y un valor  $p$  (0,0842). El valor resultante de  $R^2 = 0,14$ .

Los modelos de regresión de datos de panel y convencional, muestran similitud en los resultados. Ambos reportaron tres coeficientes en común: Rondas, Brigadas y Uso Adyacente de potreros.

El signo de los coeficientes de las variables significativas resultaron positivos en ambos modelos. Lo cual denotan que por cada unidad que incrementen estas variables, las perdidas se incrementan en el valor del coeficiente respectivo. Las variables Rondas o brechas cortafuego y brigadas como variables de protección deberían decrecer las pérdidas estimadas por los incendios forestales. Sin embargo, los modelos no presentaron tal dirección en los ajustes. Por lo que se interpreta, que los propietarios están invirtiendo en medidas de protección, pero las mismas no se traducen en reducción de área quemada, y por consiguiente en reducción de la pérdidas.

Así mismo, la efectividad del combate en el control y extinción de un incendio forestal es prioritario y tiene como fin el de reducir las posibles pérdidas por el evento. No obstante, dicha variable característica no formó parte del estudio. Así como características físicas de la actividad de protección 'Rondas', la cual varía entre propietarios en cuanto a sus dimensiones.

Los resultados pueden conducir a que las actividades de protección que se realizan para reducir y/o controlar pérdidas, no están siendo las adecuadas o que los niveles de eficiencia y optimización (costo-efectivo) de los gastos no están siendo bien definidos.

Otra situación interesante es que la variable estimación de pérdidas, es una variable construida y los propietarios pueden no estar conscientes de sus daños por pérdidas por incendios forestales en términos monetarios.

**Cuadro 22.** Resultados de Tres Modelos Ajustados para Explicar las Perdidas por Incendios Forestales con Variables de Costos de Protección y de Sitio en Bosques Privados de la zona Central de Honduras.

Variables	Datos de Panel, Efectos Aleatorios			Regresión con Transformación Logarítmica			Regresión Convencional OLS		
	Coefficientes	Error Std	p-value	Coefficientes	Error Std	p-value	Coefficientes	Error Std	p-value
Constante	-1,0914	2,7951	0,6966	0,4306	0,5899	0,4662	-2,6337	2,8411	0,3549
Rondas	1,6766	0,7394	0,024*	-0,2255	0,1583	0,1557	1,6024	0,7409	0,0316*
Vigilancia	0,0333	0,0725	0,6460	-0,0726	0,1018	0,4764	0,0373	0,0727	0,6088
QuemasC	-4,0001	2,4472	0,1035	-0,2562	0,3348	0,4450	-4,2518	2,4509	0,0842
Brigadas	0,5167	0,2143	0,016*	0,1427	0,0915	0,1202	0,5301	0,2146	0,0143*
AreaF	0,0001	0,0005	0,8779	-0,1005	0,0661	0,1299	0,0001	0,0005	0,8432
Domicilio	1,6812	0,8604	0,0519	0,2176	0,1306	0,0971	1,7147	0,8605	0,0475*
Vbosque	-1,0595	1,7294	0,5407	-0,2856	0,2517	0,2578	-1,1412	1,7298	0,5101
Vagric	0,6527	0,8961	0,4671	0,1089	0,1347	0,4198	0,6413	0,8961	0,4749
Vpotre	2,0905	0,9753	0,033*	0,1404	0,1465	0,3391	2,1053	0,9753	0,0319*
Vcom	-0,5736	1,0567	0,5878	0,1758	0,1557	0,2600	-0,5837	1,0567	0,5813
F2 (1997)				0,3474	0,1907	0,0698	0,6059	1,1685	0,6046
F3 (1998)				0,6612	0,1898	0,0006**	1,9379	1,1636	0,0972
F4 (1999)				0,8923	0,1909	0,0001**	3,3371	1,1663	0,0046*
F5 (2000)				0,8675	0,1898	0,0001**	2,0142	1,1655	0,0853
Zona 1									
Zona2	1,5142	1,4005	0,2808	-0,3827	0,2472	0,1230	1,5325	1,4006	0,2751
Zona3	0,8294	1,3059	0,5260	0,1681	0,2123	0,4291	0,8419	1,3058	0,5197
R <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> adj)	0,10			0,23 (0,17)			0,14 (0,07)		
F (signif)				4,116 (0,0001)			2,245 (0,0049)		
se									
var(e)	33,71								
var(u)									
Hausman	5,3504 (0,2532)								

Nivel de Significancia \*  $\alpha = 0,05$ , \*\* $\alpha = 0,01$ .

## V. Conclusiones y Recomendaciones

1. La tendencia de los incendios forestales de la Zona Central mostró un comportamiento repetitivo. Con excepción de 1998, el cual fue un año de inusual. Con una duración media anual del periodo de incendios de 141 días y una media de ocurrencia de anual de 577,2 incendios
2. La causalidad antropocéntrica intencionada de los incendios forestales no mostró cambios en los últimos cinco años con Incendiarrios, quemas de pastoreo y agrícolas como causales principales. Y las ocurrencias se concentran en bosques de propiedad privada, seguida en los bosques de tenencia ejidal y por último en bosques nacionales. Se encontró un 11,13% de los incendios forestales de la Zona Central se concentran en 26 sitios identificados
3. Se encontró que el tipo de combustible ligero presenta una mayor asociación con relación a las áreas afectadas por los incendios forestales; igualmente, se encontró al estrato de bosque joven asociado con las áreas afectadas por los incendios
4. Se estimó que las pérdidas por incendios forestales en las áreas privadas del estudio es de 4,32 US\$/ha y los costos por las actividades protección realizados en los bosques para el control de los incendios es de 2,62 US\$/ha
5. Que las medidas de protección ejecutadas por los propietarios privados para reducir y controlar los incendios forestales en sus áreas de bosques no reinvierte la tendencia creciente de las pérdidas por hectárea de los mismos
6. Es necesario validar las actividades y prácticas de protección implementadas, definir criterios y normas claras en concordancia con las características y objetivos de los bosques y las comunidades
7. Sería recomendable continuar actualizando y monitoreando la información recopilada en este estudio, la cual muestra la situación de los bosques de pino en la Zona Central y hacia donde dirigir los esfuerzos técnicos y económicos en la protección del recurso

8. Es necesario la adecuación, validación y estandarización de los formatos empleados en la forma de registros de la información que se recolecta de los incendios forestales a nivel nacional.
9. Es importante tener presente que los incendios forestales ponen en riesgo al País en sus aspiraciones y búsqueda de proyectos de desarrollo de mecanismos limpios.
10. La causal incendiarios como responsable principal de los incendios forestales debería ser sujeta a otros estudios y análisis detallados.

## VI. Bibliografía Consultada

64

- AFE/COHDEFOR. 1996. Administración forestal del Estado. Análisis del sub-sector forestal de Honduras. Tegucigalpa, Graficentro Editores. p. 141-146
- Alvear, J. G. 1992. Dinámica de la causalidad de incendios forestales en Chile. Ciencia e Investigación Forestal. 6(1): 25-45.
- Alvear, J. G. 1999. Curso Internacional de Control de Incendios Forestales. Chile, Universidad de Chile/OEA. Chile. 90 p.
- Anderson, D. R; Sweeney, D. J; Williams, T. A. 1993. Statistics for business and economics. 5 ed. New York, West Publishing 850 p.
- Baltagi, B. H. 1995. Econometric analysis of panel data. New York, John Wiley. 257 p
- CCAD; Union Europea. 2000. Atlas histórico de incendios en Centroamérica: Análisis de datos satelitales 1996-1999. Panamá. 40 p.
- Chap, L. T. 1998. Applied categorical data analysis. New York, Wiley-Interscience Publication. 287 p.
- De Dismunde, A. J; Navarro, P; Flasse, S; Downey, I; Valerio, L; Uriarte, F; Ramos, A. 1999. Monitoreo de fuegos en Nicaragua: El uso de la teledetección. Revista Forestal Centroamericana. No 27: 26-31.
- Dixon, J. A; Scura, L. F; Carpenter, R. A; Sherman, P. B. 1994. Análisis económico de impactos ambientales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p 33-63.
- Donoso, C.1992. Ecología forestal: El Bosque y su medio ambiente. 3 ed. Chile, Universidad Austral de Chile. p 319-330.

FAO. 1994. El desafío de la ordenación forestal sostenible: perspectivas de la silvicultura mundial. Roma. p 69-74. 65

Goldammer, J.G. 1993. Fire management. In Pancel, L. ed. Tropical forestry handbook. Berlin, Alemania, Springer-Verlag. p 1221-1268.

Goldammer, J. G. 1988. Rural land-use and wildland fires in the Tropics. *Agroforestry Systems* 6: 235-252.

González, A. R. 1999. Riqueza ambiental y miseria social: Causas estructurales de los incendios forestales. (en línea). México. Consultado el 1 de Noviembre de 1999. Disponible <http://www.laneta.apc.org/emis/jornada/marzo99/riqueza.htm>

González-Caban, A. 1998. Economics of fire damage assessment. Riverside, California, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 12 p.

González-Caban, A. 1998. The importance of nonmarket values in land and fire management planning. Riverside, California, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 18 p.

Greene, W. H. 1993. *Econometric analysis*. 2 ed. New York, Macmillan Publishing. 791 p.

Gujarati, D. N. 1992. *Econometric*. 2 ed. Mexico, Mc Graw-Hill. 597 p.

Hewitt, C. N. ed. 1992. *Methods of environmental data analysis*. Londres, Elsevier Applied Science. 309 p.

Hudson, J; Kellman, M; Sanmugadas, K; Alvarado, C. 1983. Prescribed burning *Pinus oocarpa* in Honduras, 1. Effects on surface runoff and sediment loss. *Forest Ecology and Management*. 5(4): 269-281.

Hudson, J; Kellman, M; Sanmugadas, K; Alvarado, C. 1983. Prescribed burning *Pinus oocarpa* in Honduras, 2. Effects on nutrient cycling. *Forest Ecology and Management*. 5(4): 283-300.

- Kennedy, P. 1993. A guide to econometrics. 3 ed. Cambridge, Mit press. 410 p.
- Mendenhall, W; Scheaffer, R. L; Wackerly, D. 1986. Estadística matemática con aplicaciones. México, Grupo editorial Iberoamerica. 751 p.
- Middleton, B. A; Rojas-Sanchez, E; Suedmeyer, B; Michels, A. 1997. Fire in a tropical dry forest of Central America: A natural part of the disturbance regime. *Biotropica* 29(4): 515-517.
- Mutch, R. W; Lee, B; Perkins, J.H. 1998. Public policies affecting forest fires in the Americas and the Caribbean. In FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires. FAO Forestry Paper no. 138. p 65-90.
- Novales, A. 1993. Econometria. 2 ed. Madrid, McGraw-Hill. p 52-78.
- Paiz, M. R. 1994. Factores que afectan la regeneración natural de *Pinus oocarpa* Schiede, en un bosque seco de la Brea Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 96 p.
- PNUD. 1998. Informe sobre desarrollo humano Honduras 1998: Por un desarrollo incluyente Tegucigalpa. 244 p.
- Ramírez, C. 1999. Modelo de la susceptibilidad a incendios utilizando imágenes AVHRR y sistemas de información geográfica, en la reserva de la biosfera Maya, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 79 p.
- Rideout, D. B; Hesseln, H. 1997. Principles of forestry and environmental economics. Colorado. p 13.2-13.16.
- Rideout, D.B; Omi, P. 1990. Alternate expressions for the economic theory of forest fire management. *Forest Science*. 36(3): 614-624

- Rodríguez, D.A. 1994. La lucha contra el fuego: Guía para la prevención, presupresión, y <sup>67</sup>  
supresión de incendios forestales. México, Universidad Autónoma de Chapingo. p 25-  
117.
- Salazar, M. A. 1995. I Reunión Centroamericana: Prevención y Control de Incendios  
Forestales. San José, Costa Rica, CCAB/AP. UICN/ORMA. p. 66-69.
- Salazar, M. A. 1998. Políticas y estrategias de protección contra incendios forestales en  
Honduras. In FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires. FAO Forestry  
Paper no. 138. Rome. p. 319-326.
- SAS Institute Inc., SAS/ETS<sup>®</sup>. 1993. User's Guide, Version 6, 2 ed. Cary, NC: SAS Institute  
Inc., 1,022 p.
- Scheaffer, R. L.; Mendenhall, W.; Lyman Ott, R. 1996. Elementary survey sampling. 5 ed.  
Belmont, Wadsworth Publishing. p. 125-161.
- Soares, R. V. 1972. Determinacao de um índice de perigo de incendio para a regio Centro-  
Paranaense, Brasil. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 72 p.
- Sosa, L. A. 1985. Los incendios forestales en la zona de estudio de ESNACIFOR. In Escuela  
Nacional de Ciencias Forestales. Informe anual. Siguatepeque, Honduras. p. 1 – 6.
- Vásquez, A. 1996. Reducción del efecto invernadero mediante la limitación y absorción del  
CO<sub>2</sub> en América Central: Propuesta prevención y combate de incendios forestales en  
América Central. San Jose, Costa Rica, Comisión Centroamericana de Ambiente y  
Desarrollo (CCAD); UICN/ORMA. p. 3-10.
- Wolffsohn, A. 1986. El fuego en los bosques de Honduras y su manejo. Siguatepeque,  
Honduras, ESNACIFOR. t. 1, p. 1-8.



VII. ANEXOS

ANEXO. 1.

ENCUESTA A PROPIETARIOS DE BOSQUES

Encuesta No. \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Estimado(a) Señor(a):**

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), institución asociada, se encuentra realizando una Encuesta confidencial y de carácter científico-académico para conocer las actividades principales de protección, que realizan en sus bosques.

Muchas Gracias por su Colaboración:

**Datos Generales:**

Nombre del Propietario o Encargado encuestado: \_\_\_\_\_

Nombre del sitio del Bosque: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_

Área del Plan de Manejo \_\_\_\_\_ Fecha de aprobación del Plan \_\_\_\_\_

**I. Medidas de Protección:**

1.1 Medidas Preventivas Anuales

ACTIVIDAD	SI	NO	COSTO US\$/Año*					COSTO TOTAL US(\$)
			96	97	98	99	00	
1. Realiza rondas								
2. Tiene vigilancia en época crítica								
3. Hace quemas controladas								
4. Rotula su bosque, contra incendiarios								
5. Tiene brigada de control a su disposición								
6. Otras, especifique								
TOTAL								

\*Utilizar reverso de la página para cálculos por obra, unidades, costos necesarios y otros pertinentes

**II. Características del Bosque**

2.1 Área de su bosque \_\_\_\_\_/has

2.2 Edad promedio del bosque \_\_\_\_\_

2.3 Volumen promedio por hectárea \_\_\_\_\_ M<sup>3</sup>/ha

2.4 Objetivo productivo de su bosque por año:

PROPÓSITO	SI	NO	VOLUMEN (M <sup>3</sup> /año)	PRECIO/UNIDAD US\$/año	TOTAL DE INGRESOS US\$
1. Madera					
2. Leña					
3. Otros, especifique					
TOTAL					

**III. Variables de Sitio**

3.1 Domicilio del propietario:

3.1.1 Reside en el Municipio \_\_\_\_\_

3.1.2 Reside fuera del Municipio \_\_\_\_\_

3.2 Tipo de tenencia del bosque:

3.2.1 Individual \_\_\_\_\_

3.2.2 Grupo agroforestal \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

3.2.3 Comunitario \_\_\_\_\_

3.2.4 Otros \_\_\_\_\_ especifique \_\_\_\_\_

3.3 Uso del suelo circunvecino

3.3.1 Agricultura \_\_\_\_\_

3.3.2 Potreros \_\_\_\_\_

3.3.3 Bosque \_\_\_\_\_

3.3.4 Poblados \_\_\_\_\_

3.3.5 Otros, especifique \_\_\_\_\_

**IV. INCENDIOS**

4.1 Ha tenido problemas con Incendios en su bosque desde su aprobación de su Plan de Manejo

Si \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

4.2 En cuanto estima el área quemada por año \_\_\_\_\_ /has

4.3 En cuanto asciende el monto de la perdida por quema \_\_\_\_\_ US\$

4.4 Cual ha sido la causa principal de los incendios

4.4.1 Quema agrícola \_\_\_\_\_

4.4.2 Quema ganadera \_\_\_\_\_

4.4.3 Incendiaros \_\_\_\_\_

4.4.4 Otros, especifique \_\_\_\_\_

**4.5. Estimaciones de pérdidas por Incendios Forestales por Propietario de Bosque**

Bien Afectado	Área Quemada Has/año				Precios de Mercado del Bien US \$/ha, US\$/m <sup>3</sup>	Pérdidas del bien afectado. M <sup>3</sup> /ha/total (Unidades equivalente)	Total en Pérdidas Estimadas US\$	Observaciones, Cálculos y otros Datos que se Utilizaron
	96	97	98	99				
Zacateras sin Uso								
Zacateras en Uso								
Regeneración Natural								
Plantación								
Bosque Joven								
Bosque Maduro								
Arboles/Rodales en Resinación								
Arboles/Rodales Semilleros								
Otros, Especifique								
TOTAL								

Encuestador (a): \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

# Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal

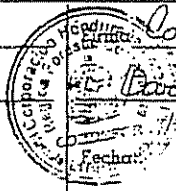
DEPTO. FORESTAL

REPORTE DE INCENDIO

Nº

M A R 1 7

1. REGION FORESTAL	<input type="checkbox"/>	Area Bajo Protección Int.	<input type="checkbox"/>	Ext.	<input checked="" type="checkbox"/>
2. UNIDAD DE MANEJO	L 4	Localización	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO	Marcbala	Aldea	San Antonio		
4. AREA QUEMADA TOTAL	Manzanas 10	Hectáreas	0.97		
5. INDICE PELIGRO DE INCENDIO		Rango	Imp.	Alvarado	
6. PORCENTAJE DE AREA QUEMADA SEGUN VEG. EXISTENTE		Extremo			
		Muy alto			
		Alto	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Moderado			
		Bajo			
		%	Hectárea		
Pino	90	6.29			
Latifoliada	10	0.69			
7. ESPECIE EXISTENTE	P. oocarpa ( ) P. Caribaea ( ) Otros ( )				
8. % INDIVIDUAL DE AREA QUEMADA SEGUN ESTRATO Y EDAD DEL PINO					
	%	Hectáreas		%	Hectáreas
Maduro P IV y P V	85	5.32	Joven P II		
Mediano P III	15	0.14	Regeneración P I		
9. % TIPO DE COMBUSTIBLE					
		Pesado	<input checked="" type="checkbox"/>		
Liviano	<input type="checkbox"/>	Ligero	<input type="checkbox"/>		
10. % AREA SEGUN TENENCIA					
		Nacional	<input type="checkbox"/>		
Ejidal	<input type="checkbox"/>	Particular	<input checked="" type="checkbox"/>		
11. DETECCION POR					
		Torre de Observación	<input type="checkbox"/>		
Patrullaje Terrestre	<input checked="" type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		
12. LAPROS DE TIEMPO					
Nº	DETALLE	HORA MINUTOS	DIA	FECHA	
1	Inicio del Incendio	11:00 am	Jueves	17/4/97	
2	Reportado	1:10 pm			
3	Salida de cuadrilla	1:30 pm			
4	Primer ataque	2:15 pm			
5	Controlado	5:40 pm			
6	Extinguido	6:00 pm			
7	Regreso de la cuadrilla	6:30 pm			
13. HABIA PASTOS		Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>

<b>14. CAUSA PROBABLE</b>			
1 Quemadas agrícolas	<input type="checkbox"/>	6 Leñados	<input type="checkbox"/>
2 " de pastoreo	<input type="checkbox"/>	7 Pescados	<input type="checkbox"/>
3 Colmeneros	<input type="checkbox"/>	8 Fumadores	<input checked="" type="checkbox"/>
4 Caminante nocturno	<input type="checkbox"/>	9 Incendios	<input type="checkbox"/>
5 Cazadores	<input type="checkbox"/>	10 Otras	<input type="checkbox"/>
<b>15. Nº PERSONAS PARTICIPANTES EN EL COMBATE</b>			
Forestales	<input style="width: 50px;" type="text" value="5"/>	Particulares:	<input style="width: 50px;" type="text" value="29"/>
Militares	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Otras	<input style="width: 50px;" type="text"/>
<b>16. EQUIPO Y HERRAMIENTA UTILIZADA EN EL COMBATE</b>			
Matafuegos	<input style="width: 30px;" type="text" value="4"/>	Machetes	<input style="width: 30px;" type="text" value="2"/>
Rastrillo azadón	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	Patas	<input style="width: 30px;" type="text"/>
Rastrillo forestal	<input style="width: 30px;" type="text"/>	Hachas	<input style="width: 30px;" type="text"/>
Pulasky	<input style="width: 30px;" type="text"/>	Bombas manuales	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>
	<input style="width: 30px;" type="text"/>	Otras	<input style="width: 30px;" type="text"/>
17. Observaciones generales (extravío de herramientas, accidentes de trabajo, pérdidas causadas estimadas u otra información de importancia).			
<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;"><i>Se dañaron dos matafuegos durante el ataque al incendio.</i></p> <p style="margin: 0;"><i> </i></p> <p style="margin: 0;"><i> </i></p> <p style="margin: 0;"><i> </i></p>			
18. Explique que lo hizo determinar la causa probable			
<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;"><i>Fumadores</i></p> <p style="margin: 0;"><i> </i></p> <p style="margin: 0;"><i> </i></p>			
Firma			<i>Núñez</i>
Nombre Responsable	<i>Dormen O. Núñez</i>		Responsable Provisión
Fecha:	Nº de Personal	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Nº de Personal
			<input style="width: 50px;" type="text" value="372"/>

ADMINISTRACION FORESTAL DEL ESTADO 1

DEPARTAMENTO MANEJO DE BOSQUE

Reporte de Incendios: Y3-01-2000

Departamento: YOZO Municipio: JOCON

Aldea: JOCON Sitio: EL PICACHO

Area Quemada: Manzanas: — Hectáreas: 5.0

Vegetación Existente: Pino:  Latifoliado:

Tenencia de la Tierra: Nacional  Ejidal  Particular

Incendio Reportado por: \_\_\_\_\_

Hora de Inicio: 13:30 Control: —

Fecha en que: Ocurrió 20/FEB/2000 Se controló 20/FEB/2000

Causa Probable: CAMINANTES AMBULANTES

Participantes: \_\_\_\_\_

Herramientas Utilizadas: —

OBSERVACIONES:

NO SE CONTROLÓ DEBIDO A CONDICIONES ABRUPTAS  
DEL TERRENO.

WILLIAMS QAZARCA  
NOMBRE DEL RESPONSABLE

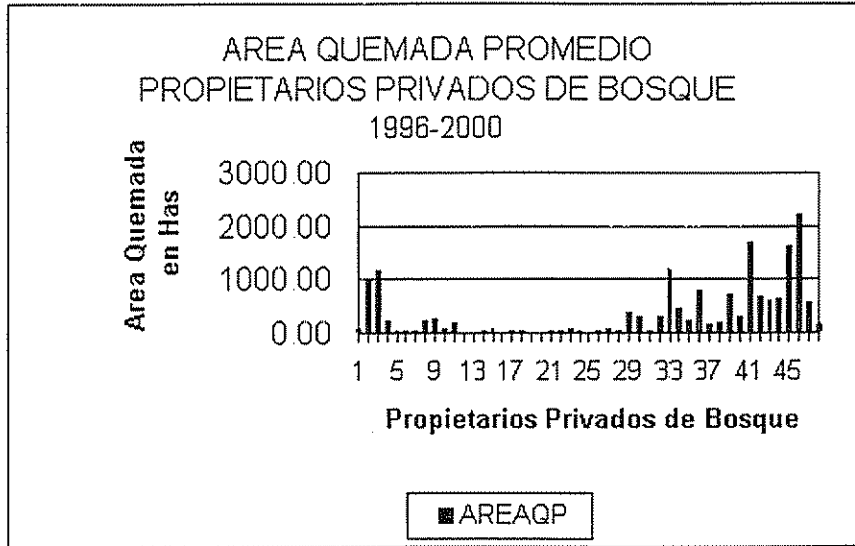
- Original: Protección Forestal Tegucigalpa
- 1ª Copia: Región Forestal
- 2ª Copia: Unidad de Manejo
- 3ª Copia: Informante

**ANEXO 4. Área Quemada en Hectáreas por Año por Plan de Manejo Privado de la Muestra del Estudio.**

Propietarios	AREAQ96	AREAQ97	AREAQ98	AREAQ99	AREAQ00	AREAQ01
1	40 00	70 00	50 00	85 00	75 00	64 00
2	1140 00	900 00	1500 00	650 00	950 00	1028 00
3	1240 00	1500 00	900 00	1300 00	950 00	1178 00
4	300 00	350 00	0 00	0 00	400 00	210 00
5	80 00	40 00	15 00	60 00	60 00	51 00
6	60 00	40 00	50 00	35 00	35 00	44 00
7	0 00	0 00	0 00	140 00	0 00	28 00
8	365 00	200 00	400 00	100 00	90 00	231 00
9	250 00	250 00	300 00	300 00	250 00	270 00
10	0 00	0 00	0 00	0 00	300 00	60 00
11	0 00	300 00	400 00	100 00	200 00	200 00
12	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
13	0 00	0 00	0 00	80 00	0 00	16 00
14	0 00	0 00	0 00	100 00	0 00	20 00
15	0 00	0 00	40 00	350 00	40 00	86 00
16	0 00	0 00	15 00	15 00	30 00	12 00
17	0 00	60 00	60 00	60 00	0 00	36 00
18	100 00	100 00	40 00	0 00	25 00	53 00
19	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
20	0 00	0 00	6 00	0 00	6 00	2 40
21	0 00	0 00	40 00	30 00	40 00	22 00
22	0 00	60 00	20 00	15 00	0 00	19 00
23	0 00	0 00	200 00	62 00	80 00	68 40
24	0 00	0 00	0 00	200 00	0 00	40 00
25	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
26	0 00	0 00	50 00	90 00	0 00	28 00
27	0 00	0 00	200 00	120 00	70 00	78 00
28	0 00	0 00	0 00	100 00	100 00	40 00
29	330 00	275 00	440 00	330 00	440 00	363 00
30	285 00	285 00	285 00	285 00	285 00	285 00
31	56 00	45 00	0 00	56 00	84 00	48 20
32	270 00	225 00	360 00	270 00	360 00	297 00
33	1068 00	668 00	800 00	1600 00	1870 00	1201 20
34	262 00	436 00	436 00	436 00	610 00	436 00
35	80 00	265 00	159 00	265 00	265 00	206 80
36	143 00	952 00	952 00	952 00	952 00	790 20
37	134 00	178 00	89 00	89 00	268 00	151 60
38	134 00	134 00	134 00	178 00	356 00	187 20
39	800 00	800 00	800 00	400 00	800 00	720 00
40	250 00	250 00	250 00	280 00	400 00	286 00
41	1672 00	1672 00	1672 00	1672 00	1672 00	1672 00
42	694 00	833 00	1 50	555 00	1250 00	666 70
43	2 00	942 00	471 00	754 00	848 00	603 40
44	320 00	440 00	540 00	978 00	978 00	651 20
45	1600 00	1600 00	1600 00	1600 00	1600 00	1600 00
46	2180 00	2180 00	2180 00	1800 00	2700 00	2208 00



47	0.00	780.00	780.00	780.00	390.00	546.00
48	140.00	140.00	140.00	0.00	419.00	167.80
<b>Total</b>	<b>13995.00</b>	<b>16970.00</b>	<b>16375.50</b>	<b>17272.00</b>	<b>20248.00</b>	<b>16972.10</b>





Continuación Anexo 5.....

26	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	317.56	571.63	0.00	889.189
27	0	0	444.59	635.1	1714.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
28	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	680.50	680.50	1361.001852
29	0	0	0.00	0	0	0.00	104.78	87.32	139.71	183.37	244.50	759.684
30	0	0	0.00	0	0	0.00	90.51	90.51	90.51	158.36	158.36	588.23
31	0	0	0.00	0	0	0.00	17.78	14.29	0.00	31.12	46.68	109.8698
32	0	0	0.00	0	0	0.00	85.74	71.39	114.31	150.03	200.03	621.4942
33	0	0	0.00	0	0	0.00	423.94	265.16	444.53	889.06	1039.08	3061.7814
34	0	0	0.00	0	0	0.00	104.01	173.07	242.27	242.27	338.95	1100.56594
35	0	0	0.00	0	0	0.00	31.76	105.19	88.35	145.58	145.58	516.46594
36	0	0	0.00	0	0	0.00	56.76	377.90	377.90	528.99	528.99	1870.54898
37	0	0	0.00	0	0	0.00	53.22	70.66	35.33	49.45	148.92	357.5754
38	0	0	0.00	0	0	0.00	53.19	53.19	74.46	98.91	197.82	477.56488
39	0	0	0.00	0	0	0.00	317.56	317.56	317.56	222.26	444.53	1619.4792
40	0	0	0.00	0	0	0.00	99.24	99.24	138.92	138.92	222.26	698.5836
41	0	0	0.00	0	0	0.00	50.89	50.89	50.89	98.91	197.82	449.403
42	0	0	0.00	0	0	0.00	220.39	264.53	0.48	308.39	694.58	1488.37412
43	0	0	0.00	0	0	0.00	0.64	299.13	149.57	418.97	471.20	1339.5006
44	0	0	0.00	0	0	0.00	101.62	139.71	171.49	543.44	543.44	1499.6974
45	0	0	0.00	0	0	0.00	8181.40	8181.40	8181.40	889.01	889.01	26322.224
46	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
47	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	247.71	247.71	433.41	216.71	1145.5322
48	0	0	0.00	0	0	0.00	44.46	44.46	44.46	0.00	232.83	366.213
<b>Total</b>	<b>635.1</b>	<b>635.1</b>	<b>821.67</b>	<b>694.7</b>	<b>893.24</b>	<b>3679.76</b>	<b>10792.12</b>	<b>11628.16</b>	<b>16106.02</b>	<b>10113.82</b>	<b>9039.07</b>	<b>57679.19</b>

**Anexo 6. Estimación de pérdidas en US\$ anuales por propietario por incendios forestales**

Propietario	PERD96	PERD97	PERD98	PERD99	PERD00	Pérdidas Prom Anual
1	508.11	889.13	2694.86	984.49	1032.12	1221.74
2	3651.96	2858.08	4763.42	2064.17	3326.42	3332.81
3	4445.86	5874.89	4564.95	4890.45	3334.40	4622.11
4	2381.71	2778.66	0.00	0.00	3175.62	1667.20
5	190.53	95.27	35.73	190.53	190.53	140.52
6	285.81	190.53	238.17	166.72	166.72	209.59
7	0.00	0.00	0.00	533.51	0.00	106.70
8	1706.91	635.12	5597.13	2361.90	428.72	2145.96
9	793.90	2699.31	4616.55	1746.59	2064.15	2384.10
10	0.00	0.00	0.00	0.00	7423.14	1484.63
11	0.00	3429.67	4572.85	1524.29	3048.65	2515.09
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	13099.64	0.00	2619.93
14	0.00	0.00	0.00	674.83	0.00	134.97
15	0.00	0.00	317.56	698.64	317.56	266.75
16	0.00	0.00	59.54	59.54	1632.93	350.40
17	0.00	476.37	476.37	3096.24	0.00	809.79
18	635.08	635.10	6668.89	0.00	198.59	1627.53
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	95.27	0.00	95.27	38.11
21	0.00	0.00	476.34	357.26	476.34	261.99
22	0.00	369.95	255.64	52.40	0.00	135.60
23	0.00	0.00	1270.27	2180.11	508.11	791.70
24	0.00	0.00	0.00	3175.68	0.00	635.14
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	317.56	3588.51	0.00	781.21
27	0.00	0.00	3688.64	706.60	706.56	1020.36
28	0.00	0.00	0.00	1791.97	1791.97	716.79
29	549.37	462.15	738.49	628.09	843.28	644.28
30	362.02	452.53	452.53	610.89	724.05	520.40
31	71.13	2493.19	0.00	239.12	213.40	603.37
32	685.89	357.19	571.56	578.72	914.52	621.57
33	2107.96	1325.83	2349.93	4699.87	4750.66	3046.85
34	232.61	344.56	563.81	563.81	1175.35	576.03
35	107.98	441.85	340.81	776.65	881.94	509.85
36	192.99	1587.20	1889.51	2796.42	3174.33	1928.09
37	665.80	733.43	1407.22	1531.69	2640.21	1395.67
38	244.68	265.95	287.21	494.56	989.19	456.32
39	1436.97	1770.42	2977.19	2604.01	4414.11	2640.54
40	416.80	754.22	615.26	734.36	1333.75	770.88
41	8248.12	8248.12	8248.12	8296.13	9440.33	8496.16
42	1101.95	1587.19	3.33	1630.23	4167.91	1698.12
43	3.02	1654.50	897.43	2214.81	2827.54	1519.46

## Continuación

44	601.76	857.41	1227.40	3110.92	13065.87	3772.67
45	9705.71	10213.83	10721.94	5969.97	6049.42	8532.18
46	2076.80	2769.11	3461.41	4287.18	7502.56	4019.41
47	0.00	1238.08	3391.87	4363.20	1939.31	2186.49
48	222.30	311.21	377.84	0.00	1230.56	428.38
TOTAL	43633.76	58800.05	81232.62	90074.70	98196.10	371937.22
	909.04	1225.00	1692.35	1876.56	2045.75	7748.69