



Modelo de Incendios Forestales y Valoración Económica de los Impactos de Estos Incendios sobre Diferentes Sectores de la Economía Centroamericana.

Noviembre 2006



PROARCA/APM
Comando en
Jefe de Área Protegida
y Recursos Naturales



2006 PROARCA/APM, Programa Ambiental Regional para Centroamérica, Componente de Áreas Protegidas y Mercadeo Ambiental, Proyecto USAID-CCAD, The Nature Conservancy (TNC). 12 Avenida 14-41, Zona 10 Colonia Oakland, Guatemala 01010, Guatemala.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de los miembros del Consorcio de PROARCA/APM, USAID y CCAD juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Los puntos de vista que se expresan en esta publicación no reflejan necesariamente los de TNC, USAID y CCAD.

Esta publicación fue posible a través del apoyo de la Oficina Regional para Centroamérica y México de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos y The Nature Conservancy, bajo los términos del Acuerdo de Donación No.596-A-00-01-00116-00. La opinión expresada aquí es la de sus autores y no necesariamente refleja el punto de vista de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos.

Derechos reservados: Se autoriza la reproducción de este reporte con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quién detenta los derechos de autor con tal que se menciones la fuente.

Autores Técnicos: Consultores;
Danilo Saravia, Rado Barzev y Carlos Poveda

Edición y Revisión: Mtro. Lenín Corrales
Especialista Biología Conservación
Programa de Ciencias
Región de Mesoamérica y el Caribe
The Nature Conservancy

Citación: Programa Ambiental Regional para Centroamérica, Componente de Áreas Protegidas y Mercadeo Ambiental (PROARCA/APM). *Modelo de Incendios Forestales y Valoración Económica de los Impactos de Estos Incendios sobre Diferentes Sectores de la Economía*. Guatemala, Guatemala, 2006. Número de páginas 62; 8,5 X 11 c.m.

Fotografía principal de portada: Julio Díaz Orias Sector El Alamo, Parque Nacional Guanacaste.
Área Conservación Guanacaste



Noviembre 2006

PREFACIO

El Componente de Áreas Protegidas y Mercadeo Ambiental del Programa Regional para Centroamérica (PROARCA/APM) es una iniciativa de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) asistido financieramente por la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID).

Esta iniciativa de cinco años (2001-2006) está siendo ejecutada por The Nature Conservancy (TNC). Su objetivo general es contribuir al manejo ambiental mejorado en el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), para lo cual se enfoca en dos componentes:

Resultado Intermedio 1 (IR1): Mejoramiento de la gestión en áreas protegidas. Comprende tres campos de acción para mejorar o asegurar la viabilidad de la biodiversidad en los paisajes funcionales clave.

1) El desarrollo de alianzas efectivas para la gestión en áreas protegidas que impulsa el apoyo a un marco legal y de políticas orientadas al manejo mejorado (servicios ambientales, conservación en tierras privadas y co-manejo) y el fortalecimiento de instituciones y organizaciones (gobiernos, ONGs, comunidades).

2) Para lograr el mejoramiento de la gestión financiera en áreas protegidas, se trabaja en la planificación, la gestión financiera y en el aumento de la inversión complementaria.

3) La aplicación de mejores prácticas de manejo se promueve a través de la adopción y aplicación de metodologías para la planificación Ecoregional, la planificación para la conservación de sitios, la metodología de efectividad de manejo, y la definición de indicadores para el monitoreo biológico y el Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas (SICAP), entre otros.

Resultado Intermedio 2 (IR2): Mercadeo ambiental de productos y servicios “amigables” con el medio ambiente. Trabaja en dos campos de acción dentro de los sectores productivos de forestería y turismo sostenible, para reducir las amenazas sobre la biodiversidad en los paisajes funcionales clave.

1) El incremento de la disponibilidad de productos amigables se promueve a través de la divulgación de los requerimientos, opciones y beneficios de la adopción de mejores prácticas de producción.

2) Se trabaja en desarrollar alianzas efectivas para la comercialización de productos y servicios amigables, a través de la divulgación de información sobre la oferta y demanda de productos y el fortalecimiento de las capacidades de los productores para participar en mercados innovadores.

El proyecto da énfasis a dos áreas consideradas como paisajes funcionales clave dentro del Corredor Biológico Mesoamericano, y que a la vez representan cuatro áreas prioritarias del Convenio de Biodiversidad de Centroamérica:

1. Golfo de Honduras (Belice, Guatemala, Honduras).
4. Amistad-Cahuitta-Río Cañas (Costa Rica, Panamá).

Los trabajos a nivel de los paisajes funcionales desarrollados por PROARCA/APM servirán de casos para sistematizar métodos y experiencias y así contribuir al desarrollo de políticas regionales.

INDICE DE CONTENIDOS

	PRESENTACION	2
I	INTRODUCCION	3
II	ANTECEDENTES	4
2.1.	LA CULTURA DEL FUEGO	4
2.2.	INICIATIVAS Y ESFUERZOS REALIZADOS	7
 PRIMERA PARTE: MODELO PREDICTIVO Y EXPLICATIVO DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS		
III	OBJETIVO DEL MODELO	11
IV	METODOLOGÍA	11
4.1	VARIABLES DEPENDIENTES	11
4.2	VARIABLES INDEPENDIENTES	11
V	CONSTRUCCION DEL MODELO	13
5.1.-	VARIABLES DEPENDIENTES	
5.2.-	VARIABLES INDEPENDIENTES	14
VI.-	FUNCIONALIDAD DEL MODELO	16
6.1.-	COMO FUNCIONA EL MODELO	17
VII.-	RESULTADOS	20
VIII.-	ALGUNAS CONCLUSIONES	20
 SEGUNDA PARTE: VALORACION ECONOMICA DE LOS IMPACTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES		
IX.-	METODOLOGIA DE TRABAJO	27
9.1.-	INDICADORES FÍSICOS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES OCASIONADOS POR INCENDIOS FORESTALES	27
9.2.-	DISEÑO Y ESTIMACIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS PARA LOS IMPACTOS	29

9.3.-	AMBIENTALES. AGREGACIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS.	36
X.-	ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
10.1.-	DEFINICIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO Y SU RELACIÓN CON LOS PUNTOS DE CALOR.	39
10.2.-	COSTOS DE LOS IMPACTOS DIRECTOS	41
10.3.-	LOS COSTOS DE SALUD.	45
10.4.-	AGREGACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS.	49
XI.-	CONSIDERACIONES FINALES	52
XII.-	BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA	54

PRESENTACION

El daño y las pérdidas ocasionadas por los incendios forestales que año a año vienen ocurriendo en la región centroamericana, particularmente en la época seca, causan estragos en la economía de los países de la región, a pesar de lo cual todavía no se ha podido cuantificar con precisión esos daños e impactos.

Cuando se planteó el reto de elaborar un modelo predictivo para la ocurrencia de incendio forestales en la región centroamericana y a la vez, hacer una valoración económica de los mismos, solamente se contaba con información secundaria y algunas experiencias realizadas en otros países, que no detallan suficientemente los procedimiento de análisis y calculo económico de los mismos.

Dado que nos enfrentábamos a una tarea que representa una experiencia inédita en la región, tuvimos que hacer uso de una serie de herramientas de análisis geográfico para hacer la modelación que nos permitiera identificar los sitios y ecosistemas que por sus características y estado de conservación y uso, son susceptibles a la ocurrencia de incendios forestales.

Así mismo, vincular el análisis geográfico a un procedimiento de valoración económica que permitiera un nivel de aproximación a las pérdidas que estos incendios ocasionan, fue otro reto aún mas interesante, pues la literatura existente, solamente se refiere a valoraciones muy generales de estos fenómenos, por lo que apelando al uso de métodos Proxy y de fuentes secundarias de información, presentamos un ensayo que esperamos de la pauta para continuar profundizando en este análisis y valoración.

El análisis para el período 2000 al 2005, nos llevó a identificar, en los meses secos de enero a mayo, las concentraciones de puntos de calor, en donde naturalmente los ecosistemas mas antropizados y de uso agropecuario son los de mayor incidencia de ocurrencia de incendios. Sin embargo el ejercicio nos llevó a ponderar y analizar estos puntos, cruzando la información con las características de los ecosistemas forestales, para encontrar los elementos que hacen vulnerables a estos ecosistemas y permiten inducir cuales son aquellos territorios y ecosistemas mas susceptibles a la ocurrencia de incendios forestales.

No pretendemos haber alcanzado un análisis y una valoración económica detallada y exacta, más bien se trata de una primera aproximación al problema y una propuesta metodológica, que naturalmente tiene que ser más trabajada y afinada en el futuro.

Presentamos una propuesta que se somete a la consideración de las instituciones especializadas en el tema y sobre todo, que ha tratado de poner sobre la mesa de decisiones, un primer intento de encontrar el valor promedio y la pérdida ocasionada por hectárea, en las zonas afectadas por estos incendios forestales.

I.- INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas uno de los problemas que han despertado mayor interés a nivel mundial son los incendios forestales, estos se han convertido en uno de los mayores problemas ecológicos que sufren nuestros países debido a la elevada frecuencia e intensidad que ha adquirido en las últimas décadas. En la región Centroamericana, los incendios forestales son una de las causas principales de la desaparición del recurso forestal, seguido de la tala ilegal y ataque de plagas y enfermedades, además del hombre, que incide con sus actividades o actitudes en estos incendios, como es el caso de la quema para la caza de animales u otro tipo de quemas agrícolas y ganaderas. Esto hace que resulte difícil predecir donde se producirá el conato de incendio.

Aunque los incendios forestales no puedan ser determinados de forma absoluta, existen técnicas que permiten predecir con un cierto margen de probabilidad cuando, donde y como aparecerá y se desarrollara un incendio. Estas técnicas se pueden utilizar para determinar las épocas de peligro, fijar las zonas de riesgo y organizar la prevención y la extinción en caso de producirse el siniestro.

Esto ha estado centrado en gran medida en aumentar y perfeccionar los mecanismos y recursos para su debido control, a pesar de los indudables logros obtenidos en los últimos años, especialmente en lo que se refiere al seguimiento de la superficie quemada por incendios forestales, no se ha conseguido reducir la tendencia de los incendios, por lo que es de suma importancia elaborar políticas forestales adecuadas, así como también fortalecer y mejorar las medidas de mitigación contra los incendios forestales.

Aunque las pérdidas económicas y los daños a la ecología y a los recursos naturales son cuantiosas y reducen la capacidad productiva del territorio donde ocurren, todavía no se ha podido valorar lo que significa en pérdidas económicas en la agricultura, la infraestructura, la salud humana y la biodiversidad. Es por ello que The Nature Conservancy (TNC) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), se han planteado la tarea de desarrollar estrategias para combatir estos incendios y un procedimiento para valorar estas pérdidas.

Actualmente se cuenta con algunas herramientas especializadas que permiten monitorear la ocurrencia de incendio en tiempo real y dar seguimiento histórico a los mismos, sin embargo, aunque se genera una información valiosa, esto no resuelve el problema. La elaboración de mapa de riesgo que reflejan la probabilidad de pueda llegar a ocasionarse un incendio en el futuro y en ciertas zonas en donde existen determinadas condiciones que favorecen la probable ocurrencia de estos incendios y la valoración económica de los mismos por métodos de aproximación, darán una idea estimada de la magnitud de la afectación y del costo de los mismos, información valiosa

para la oportuna toma de decisiones para enfrentar con mayor éxito este problema recurrente; los incendios forestales.



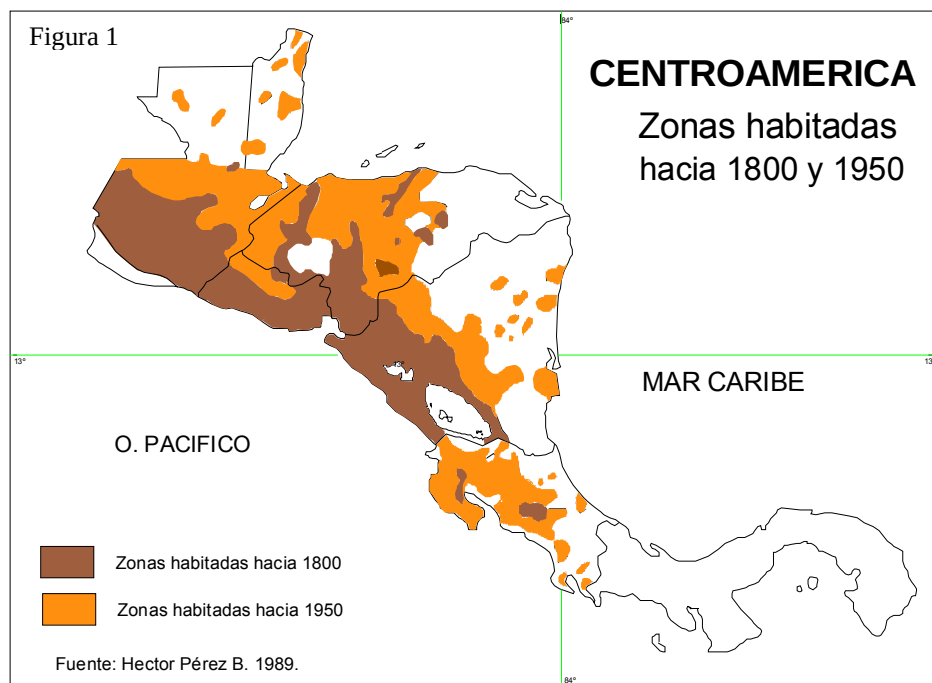
Créditos: Roberto Faidutti ©

II.- ANTECEDENTES

2.1. LA CULTURA DEL FUEGO

Hace varios siglos empezaron las talas sistemáticas de los bosques. Primero en las costas del Pacífico, para luego ir avanzando hacia el interior, según iban desarrollándose los medios de transporte y los procesos de colonización (Figura 1). El bosque autóctono de la región del Caribe, particularmente latifoliados y pinares fueron sustituidos por pastizales o especies pioneras y matorrales. Con ello se fue rompiendo la relación sistémica y anímica de las poblaciones autóctonas que habitaban el área, modificándose las prácticas de uso del recurso forestal, de un uso armónico a un uso irracional y de deterioro ambiental, con ello, sembraron la simiente de uno de los grandes problemas actuales: los *incendios forestales*.

Lo cierto es que la frontera agrícola que se fue formando y expandiendo fue acompañada de procesos inducidos de colonización agrícola que marca el inicio de la historia ecológica moderna, marcada también por los medios de producción y en el modelo energético de la pre-revolución industrial. Los bosques empiezan a talarse para construcción y para la industria naval, así como para combustible. También la metalurgia emplearía grandes cantidades de carbón vegetal antes de usar el carbón mineral.



Durante las últimas décadas, la construcción del paisaje rural en Centroamérica se ha decidido por dos grupos de interés: por un lado los madereros y ganaderos, quemando los bosques y dejando un monte con matorral bajo apto para sus intereses. Por el otro

lado, una masa emigrante de campesinos desplazados de las fértiles regiones del pacífico y asentados en los frágiles ecosistemas húmedos tropicales de la región Caribe centroamericana que han avanzado constantemente en frentes pioneros de agricultura migratoria.

Así, las masas boscosas del Caribe, han sufrido una extraordinaria regresión, con excepción de los remanentes y relictos boscosos que se encuentran bajo distintos regimenes de protección, a pesar de lo cual se encuentran amenazados y presionados por los distintos intereses, producto de un modelo económico agroexportador, que ha apostado a la explotación de los recursos naturales y ha concentrado una estructura latifundiaria de tenencia de la tierra, principalmente en la región del pacífico centroamericana, en parte por sus ricos suelos y por el desarrollo de infraestructura de comunicación.

Los incendios forestales y las quemas constituyen, sin lugar a dudas, un problema que preocupa seriamente a las autoridades públicas y a la actividad privada de los países coincidiendo las apreciaciones de ambos sectores sobre la necesidad de buscar soluciones que definitivamente permitan disminuir los perjuicios que históricamente se han estado produciendo en los recursos naturales renovables.

Los daños de los incendios en zonas rurales son considerables porque no sólo están afectando a los productores forestales, agrícolas y ganaderos en su misión de proveer bienes demandados por la comunidad, sino que también, y en niveles de una mayor significación, a los servicios y externalidades que derivan de los recursos naturales renovables, por la destrucción de la flora y fauna, la degradación de suelos y, en general, a la diversidad de valores económicos, sociales y ambientales que ellos sustentan.

Si bien las causas inmediatas que dan lugar a los incendios forestales pueden ser muy variadas, en todos ellos se dan los mismos presupuestos, esto es, la existencia de grandes masas de vegetación en concurrencia con periodos más o menos prolongados de sequía.

El calor solar provoca deshidratación en las plantas, que recuperan esta agua perdida del sustrato. No obstante, cuando la humedad del terreno desciende a un nivel inferior al 30% las plantas son incapaces de obtener agua del suelo, con lo que se van secando poco a poco. Este proceso provoca la emisión a la atmósfera de etileno, un compuesto químico presente en la vegetación y altamente combustible. Se produce entonces un doble fenómeno: tanto las plantas como el aire que las rodea se vuelven fácilmente inflamables, con lo que el riesgo de incendio se multiplica. Y si a estas condiciones unimos altas temperaturas y vientos fuertes o moderados, las posibilidades de que una simple chispa provoque un incendio se vuelven abrumadoras.

Las causas de incendios en la región centroamericana, al igual que en el resto del mundo, se dividen en dos grupos: las **motivadas por el hombre**, y las originadas en

forma natural, por ejemplo: rayos en zonas de tormentas eléctricas. Los incendios forestales son causados principalmente por negligencia o por intencionalidad. Durante la década del años 50s, con el comienzo de los procesos de colonización agrícola, la zona del Caribe centroamericano y principalmente los territorios donde se ubicaron los frentes pioneros de la frontera agrícola se vieron afectados por grandes incendios cuyo principal motivo fue abrir nuevas áreas para la ganadería.

Existen diferentes intentos de clasificar los incendios forestales, una de las tipificaciones que contemplan los diferentes factores causales para clasificarlos propone lo siguiente¹:

- a) **Los subterráneos:** son peligrosos pues son difíciles de detectar y destruyen las raíces, muriendo luego el árbol por completo. Como el oxígeno es limitante, se desarrollan sin llama, avanzando muy lentamente.
- b) **Los superficiales:** queman las plantas del sotobosque (éstas no necesariamente mueren) y queman parte del perímetro del tronco de los árboles. Dependiendo de la intensidad (calorías liberadas) y la velocidad del viento y de la especie y edad de los individuos del bosque, estos sufrirán más o menos el incendio.
- c) **Los de copas:** son los más graves ya que se queman las hojas y las ramas finas, y los árboles mueren. Se constituyen cuando las llamas de un fuego superficial alcanzan las primeras ramas de la copa, y de esto se deduce lo siguiente:
 - la intensidad del incendio debe ser importante para que esto ocurra, es decir debe haber mucho material leñoso seco (20% ya es riesgoso) y de dimensiones adecuadas sobre el suelo.
 - Las ramas de la copa deben estar bajas, esto implicará tres posibilidades:
 1. Que la calidad del sitio sea de clases inferiores;
 2. que se trate de un renoval;
 3. que sea un rodal mas abierto, ya que en condiciones normales, debido al temperamento intolerante a la sombra de nuestras longas, la copa se encuentra a muchos metros de altura.

Debe tratarse de un rodal disetáneo, es decir que haya una escalera de edades que determine una continuidad de copas desde el suelo hasta las más altas, por donde el fuego irá trepando.

No todos los incendios provocan los mismos daños, éstos como es de prever, están directamente relacionados con la intensidad del fuego. Los incendios de baja intensidad se producen sobre poco combustible o combustible algo húmedo y el calor no alcanza a

¹ <http://www.santacruz.gov.ar/recursos/flora/incendio.htm>

quemar raíces, por lo que actúan como una limpieza del terreno. Pocos árboles son afectados, por lo tanto, seguirán produciendo semilla y la continuidad o perpetuidad del bosque no se verá alterada. En un área similar, puede producirse un incendio de alta intensidad si, por ejemplo, se acumuló mucho combustible (rama, troncos, etc.) y tuvo tiempo de secarse bien.

En este caso, el calor matará raíces y la biota del suelo hasta una profundidad variable y las llamas alcanzarán las copas matando a la mayoría de los árboles. Dependiendo de la distancia a un bosque cercano, la regeneración podrá establecerse nuevamente o no. Debido a que la lenga dispersa sus semillas valiéndose del viento, y como éstas no llegan más allá de los 50 metros de distancia del árbol madre, no podrán colonizar áreas más alejadas que esa distancia.

Si existieran fuertes pendientes, actuará también la erosión hídrica que se verá potenciada por la longitud de la misma. En las zonas de ecotono bosque-estepa se observa una destrucción total de los bosques después de los incendios, con el agravante de la utilización de dichas áreas para pastoreo. A grandes rasgos, la susceptibilidad de los árboles al fuego depende de lo siguiente:

- a) **De su tolerancia:** si es intolerante a la sombra desramará rápido y será más difícil que el fuego corone (llegue a la copa).
- b) **Presencia de resinas:** estas favorecen la ignición rápida; la lenga no las posee.
- c) **Grosor de la corteza:** a mayor grosor, menos probable que se dañe el tejido vivo, Cuando mas joven es el árbol, mas fina su corteza y por lo tanto, mas susceptible.

La amenaza de incendios forestales para las personas que viven cerca de áreas naturales o usan instalaciones recreativas en terrenos naturales es real. Planear de antemano y saber cómo proteger los edificios en estas áreas puede disminuir la devastación producida por un incendio forestal.

La mitigación incluye todas las actividades que previenen una emergencia, reducen las probabilidades de que ocurra una emergencia o disminuyen los efectos nocivos de las emergencias inevitables. Invertir ahora en medidas de mitigación preventivas, contribuirá a reducir el impacto de los incendios forestales en el futuro.

2.2. INICIATIVAS Y ESFUERZOS REALIZADOS

En Centroamérica se han desarrollado diferentes actividades a través de los últimos diez años, las cuáles buscaron aumentar la integración de los países en el tema de manejo del fuego.

Entre las actividades más recientes sobresalen la V Reunión Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno de los países integrantes del Mecanismo de Diálogo y Concertación de Tuxtla (Tuxtla V) (27-28 junio 2002, Mérida, México), en la cual los gobernantes de la región acordaron reforzar la cooperación en materia de combate de incendios forestales en Mesoamérica. Durante la Reunión Tuxtla VI (25 marzo 2004, Nicaragua), los gobernantes de la región reiteran su compromiso de incrementar la cooperación en materia de prevención y atención de desastres en Mesoamérica, particularmente en las áreas de combate de incendios forestales, entre otros.

En el marco del Programa Mesoamericano de Cooperación 2001-2002, aprobado durante la reunión Tuxtla IV (del 25 agosto 2000, Guatemala), se celebra el 8 y 9 de julio 2002 en Guatemala la Primera Reunión Mesoamericana de Cooperación en Materia de Protección contra Incendios Forestales. La reunión fue convocada por la Comisión Mexicana para la Cooperación con Centroamérica (CMCCA) y el Sistema de Integración Centroamericano (SICA).

En esta reunión se acordó establecer un Grupo Técnico Mesoamericano Permanente sobre Incendios Forestales, conformado por especialistas de cada país, el cual propondrá y dará seguimiento a las políticas, estrategias, programas, acciones y un plan operativo para la prevención y control de incendios forestales en la región.

Durante los días 26 a 30 de agosto 2002, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), en Siguatepeque, Honduras se realizó el Taller para elaborar una Propuesta “Plan Estratégico para el Manejo de incendios Forestales”, donde se establecieron líneas de acción sobre gestión, prevención, control y restauración de áreas afectadas por los incendios forestales.

En base a este Plan Estratégico se desarrolló en Guatemala, del 26 al 27 de abril 2004, el Programa de Administración de Incendios y Plagas Forestales en Centroamérica, el cual posteriormente se revisó y se concretó en la 5ª Reunión Regional Centroamérica y México para el Manejo de Plagas e Incendios Forestales, celebrada los días 8-9 de julio 2004 en El Salvador. En el marco de este Programa se contó con el apoyo de USAID/DOI para financiar parte de los componentes del Plan Estratégico.

Para los días 21-23 de octubre 2004 se celebraron en Costa Rica las Reuniones de las Redes Regionales de Incendios Forestales de América del Sur, Mesoamérica y el Caribe y la Conferencia Panamericana sobre Incendios Forestales en el marco de la Comisión Forestal para América Latina y el Caribe (COFLAC), la Red Mundial de Incendios Forestales de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (NU-EIRD) y el Proyecto TCP/RLA/3010 - Apoyo al Desarrollo de la Estrategia de Cooperación Regional para la Prevención y Control de Incendios Forestales en América Latina y el Caribe, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (NU-FAO).

El 14 de marzo del 2005, se celebra en Roma, la Reunión Ministerial sobre Bosques, donde se analizaron y coordinaron una serie de temas importantes como fue la cooperación internacional en la ordenación forestal sostenible y el control y la prevención de los incendios forestales a nivel mundial. Del 24 al 26 de mayo del 2005, se elabora en Panamá durante el Taller Técnico Subregional de Mesoamérica del Proyecto TCP/RLA/3010, el borrador No. 1 de la “Estrategia Centroamericana para el Manejo del Fuego”.

Seguidamente se celebra en El Salvador durante los días del 22 al 24 de junio del 2005 la 9ª Reunión de la Comisión Centroamericana para el Manejo del Fuego, con el propósito de contribuir con la revisión de “Estrategia”, por parte de los puntos focales de cada país.

El resultado de la reunión fue la elaboración del borrador No. 4 de la estrategia, la cual ha continuado su proceso de revisión a nivel nacional, con el apoyo del GFMC y la Oficina Regional de la FAO, el cual fue presentado al Comité Técnico de Bosques de la CCAD, durante los días 21 y 22 de julio del 2005, en Managua, Nicaragua; para su análisis y aceptación.

Para 2005 CCAD y el Grupo centroamericano para el Manejo del Fuego, formularon la Estrategia Centroamericana para el Manejo del Fuego (2005 – 2015) que trata de poner el marco común de referencia para orientar las acciones que permitan reducir y controlar la ocurrencia de los incendios forestales. En todo este marco, TNC y la CCAD se han avocado a sistematizar información relativa a la ocurrencia de incendios, particularmente del período 2000 al 2005, tratando de encontrar un modelo de simulación que permita conocer las tendencias posibles de ocurrencia de incendios y establecer valoraciones económicas y financieras aproximadas del costo económico y social de tales eventos.

PRIMERA PARTE

**MODELO PREDICTIVO Y
EXPLICATIVO DE
LA OCURRENCIA DE INCENDIOS
CAUSADOS
POR FACTORES
ANTROPOGÉNICOS**



III.- OBJETIVO DEL MODELO

El objetivo de este estudio fue proponer, aplicar y validar un modelo predictivo y explicativo de la ocurrencia de incendios causados por factores antropogénicos, esto se lleva a cabo a partir de variables previamente identificadas como variables predictoras que estén relacionadas con tendencias a largo plazo de la ocurrencia de incendios forestales a escala regional, es decir utilizar variables temporales y geográficas que nos permitan establecer algún diagnostico de futuro que pueda ser útil para definir o mejorar las políticas de prevención.

Por ejemplo si se observa que la cercanía de un centro poblado o un centro urbano cerca de un área boscosa esta asociada a la ocurrencia de incendios se puede concluir que en el caso de aumentar esta, aumentara aquella, en otras palabras al aumentar la población de un determinado centro poblado aumentara la frecuencia de incendios por lo tanto es necesario tomar medida específicas de prevención en esta área.

IV.- METODOLOGIA

El primer paso del trabajo consistió en identificar, a partir de revisiones bibliográficas, análisis geográfico con herramientas SIG y consultas a expertos, las variables a ser introducidas en el modelo tales como:

4.1. VARIABLES DEPENDIENTES

1. Cercanía a red vial
2. Densidad poblacional
3. Datos de Salud
4. Distancias a centros poblados
5. Tipo de vegetación por ecosistemas naturales
6. Áreas protegidas
7. Corredores Biológicos
8. Pendientes
9. Ecoregiones,
10. Infraestructura

4.2.- VARIABLES INDEPENDIENTES

Norma Histórica de Puntos de Calor (2002 – 2005)

Como variables Independientes se tomaron los puntos de calor por época, mes y año, luego se hizo norma histórica por cada uno de los meses de la época seca (Enero,

Febrero, Marzo, Abril y Mayo) también se hizo un consolidado por cada uno de los años del estudio (2002, 2003, 2004 y 2005) y luego se hizo un consolidado total.

Dependiendo de la fuente de adquisición de los datos, estas variables pueden ser estadísticas o cartográficas. La Geo Base de Datos creada para la región Centroamericana como área de estudio esta compuesta por 20 variables dependientes de ocurrencia histórica de incendios forestales y por 9 variables independientes referidas a características sociodemográficas, territoriales y Geográficas .

Las variables estadísticas fueron recopiladas por fuentes censales y las variables espaciales como red vial, áreas protegidas, corredores, Ecosistemas, Eco regiones, Pendientes e Infraestructuras fueron recopiladas por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Para obtener superficies municipales y hacer los análisis espaciales del modelo fue utilizado el programa Arc GIS – Arc Info versión 9, también fue necesario utilizar Access y SPSS.

Cabe mencionar que por falta de información disponible no fue posible conseguir el conjunto ideal de variables muy relacionadas con los incendios (como por ejemplo medir la velocidad del viento, Humedad efectiva del suelo, permisología de quemas agrícolas y ganaderas, Red de líneas de Electricidad, etc..).

Este modelo ha sido validado previamente y obteniendo buenos resultados para predecir la probabilidad de ocurrencia de incendios y examinar los factores mas críticos de incidencia a escala regional y local, se utilizo una técnica de regresión muy flexible y fácil de utilizar, es la mas conocida y utilizada cuando la variable dependiente a predecir es dicotomica, en función de los valores de un conjunto de variables predictoras. Se basa en la siguiente función:

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Donde z se obtiene por una combinación lineal estimada de las variables independientes mediante un ajuste de máxima probabilidad. Los valores z se pueden interpretar como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno.

La función $f(z)$ convierte los valores de z en una función continua cuyo rango oscila entre 0 y 1, donde habitualmente los valores menores 0.5 se asignan cuando la probabilidad de ocurrencia de un incendio es alta y los valores mayores a 0.5 se asignan cuando la probabilidad es baja y a medida que se acerca a 1 la probabilidad que ocurra un incendio es menor.

V.- CONSTRUCCION DEL MODELO

El modelo fue construido con el software Arc GIS – Arc Info v 9.x (ESRI Inc...) utilizando el modulo Model Builder. Se introdujeron las variables anteriormente mencionadas, sin embargo, como la información relativa a características geográficas cambia en el tiempo debido a la construcción de nuevas carreteras e infraestructura, entonces era importante utilizar un periodo de tiempo corto para hacer el estudio.

Debido a que la precisión de la información geográfica disponible seria mayor, en consecuencia seleccionamos para el desarrollo del modelo el periodo 2002 – 2005 ya que los datos disponibles sobre incendios en este intervalo se podían considerar completos y suficientes para mostrar patrones de probabilidad de incendios.

Otro aspecto muy importante que se considero fue que la información geográfica había sido actualizada y digitalizada en ese periodo de esta manera, estimamos que serian minimizados los errores que se cometen al relacionar incendios con características geográficas.

Los resultados del modelo se representaran en forma de mapas de probabilidad de ocurrencia que es lo que entendemos como riesgo, en cuanto a la peligrosidad del riesgo de incendios forestales, hemos distinguidos dos tipos; la vulnerabilidad o las consecuencias que los incendios tendrían sobre los elementos vulnerables (personas, bienes y medio ambiente) y el peligro de ocurrencia y propagación de los incendios que vendría determinado por la probabilidad de que se produzca un incendio y se propague en una determinada zona, para ambos tipos de riesgo se ha realizado un análisis cuantitativo y cualitativo y se elaboraron los mapas de riesgo en diferentes periodos de tiempo.

Para la selección de las variables se tomaron en cuenta los criterios según revisiones bibliográficas y juicio de expertos donde se analizaron las circunstancias o factores que facilitan la ignición y contribuyen a la propagación del fuego, como son las pendientes ya que a mayor pendiente mayor propagación del fuego debido a la orientación y velocidad del viento, así como también que en pendientes muy escarpada la accesibilidad para llegar a el para su extinción resulta mas difícil, densidad poblacional, cercanía a centros poblados y red vial, así como la combustibilidad o sensibilidad de los Ecosistemas al cual se les asigno un valor definido por grupo de experto, estos valores integran los conceptos ecológico, paisajísticos y florísticos.

A continuación se detallan los valores que se determinaron en las diferentes variables que se integraron al modelo ya sean variables dependientes o variables independiente las variables utilizadas se encuentran listada en los anexos

5.1.-

VARIABLES DEPENDIENTES

El Mapa de Ecosistemas de la región Centroamericana se encuentra clasificado en 200 tipos diferentes de Ecosistemas los cuales fueron agrupados de acuerdo a su grado de sensibilidad a los incendios en cada uno de ellos clasificándolos en 5 categorías:

- a) Aquí se encuentran los Ecosistemas con alta Frecuencia de Incendios asociados a cacerías, cambios de uso de los suelos y sistemas agropecuarios dentro de los que agrupamos los siguientes tipo de Ecosistemas:
 - Arbustal Deciduo, Latifoliados
 - Bosque Tropical Deciduo Latifoliados
 - Bosque Tropical Siempre verde estacional aciculifolia
 - Flujo de lava con escasa vegetación
 - Sabana de Graminoides
 - Sistemas Agropecuarios
- b) Ecosistemas con moderada frecuencia de incendios forestales por cambios de uso de los suelos y practicas agropecuarias, aquí se agrupan los siguientes Ecosistemas:
 - Bosque Tropical siempre verde estacional mixto, submontano
 - Bosque semideciduo latifoliados
 - Bosque semideciduos mixtos (Bosques encinos de Pino y Roble)
 - Bosque tropical semideciduo mixto submontano
 - Bosque tropical siempre verde estacional mixto
 - Bosque tropical siempre verde latifoliado submontano
 - Bosque tropical siempre verde mixto montano inferior
 - Herbazal de Helechos, inducidos por fuegos en las partes submontanas y donde existen elevaciones mayores
 - Sabana altimontana con vegetación leñosa
- c) Ecosistemas con baja frecuencia de incendios por cambios de uso de los suelos, dentro de los que tenemos:
 - Arbustal siempre verde
 - Bosque tropical siempre verde inferiores
 - Bosque tropical siempre verde latifoliado montano
- d) Ecosistemas con incendios aislados, aquí encontramos:
 - Bosque tropical siempre verde de galería
 - Bosque tropical siempre verde estacional latifoliado pantanoso

- Bosque tropical siempre verde estacional latifoliado pantanoso con palma
 - Bosque tropical siempre verde estacional mixto montano superior
 - Bosque tropical siempre verde latifoliado, altimontano
 - Bosque tropical siempre verde latifoliado, submontano
 - Bosque tropical siempre verde mixto, altimontano
 - Bosque tropical siempre verde montano superior
 - Carrizal pantanoso de agua dulce
 - Duna y playa tropical con escasa vegetación
 - Pantano
 - Pradera
 - Sabana de graminoides cortos, inundados
 - Vegetación costera
 - Vegetación de páramo, altimontano
- e) Ecosistemas sujeto a inundaciones permanentes y Centros Poblados, dentro de los que se encuentran:
- Areas Urbanas
 - Bosque de Manglar
 - Ríos y Lagunas
 - Marisma
 - Tierra sin Vegetación

La densidad poblacional incide sobre el riesgo de incendios ya que se ha comprobado que a mayor presión antrópica mayor riesgo de incendios, debido a las quemadas causadas son productos de la actividad humana sumatoria a los daños de bienes e infraestructura (viviendas, aeropuerto, bodegas, silos, triillos, beneficios etc.) por lo que se calculo la distancia a centros poblados y su incidencia en la ocurrencia de incendio por lo que se determino que la distancia a centros determina el mayor o menor grado de vulnerabilidad que puede darse en un determinado territorio, identificándose 5 rangos de distancias

- 0 – 500 metros
- 500 – 1500 metros
- 1500 – 2500 metros
- 2500 – 5000 metros
- Mayores de 5000 metros

Las pendientes de cierta manera inciden en la propagación del fuego por lo que resulta evidente que a mayor pendiente mayor facilidad existe en la expansión del fuego; de esta manera se ha establecido la siguiente clasificación:

- 0 – 15 %
- 15 – 30 %

- 30 – 50 %
- Mayor del 50 %

Los datos obtenidos para la clasificación del mapa de pendiente fueron tomados del modelo de elevación SRTM de 90 metros elaborado por NASA

La distancia a Red Vial ya sean estas carreteras pavimentadas, caminos de todo tiempo, camino de tiempo seco, trochas etc. están estrechamente ligado al riesgo de que se produzca un incendio por lo que se determino la distancia de estos a zonas boscosas, para determinar dichas distancias se elaboro una cobertura de puntos con una distancia de 1000 metros utilizando el comando NEARS de Arc Info y se determinaron los sitios que estuvieran mas cerca a caminos obteniendo los siguientes rangos:

- 0 – 3 Km
- 3 – 6 Km
- 6 – 9 Km
- 9 – 12 Km
- 12 – 15 Km

5.2.- VARIABLES INDEPENDIENTES

Como variable independiente se tomaron las normas históricas de los puntos de Calor para los años 2002, 2003, 2004 y 2005 para los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo considerando que estos meses se consideran como la época seca donde ocurren la mayor cantidad de incendios forestales, dichos datos fueron tomados a partir de imágenes de satélites NOAA (National Oceanographic Administration Atmospheric) por medio del sensor AVHRR con una resolución de píxel de 1.1 Km².

Para poder determinar cuales son los meses con mayor riesgo de incendio se hizo una agrupación histórica de los años de estudio para cada uno de los meses, así como también las estadísticas de los puntos de calor por mes y año para cada uno de los países de la región Centroamericana

VI.- FUNCIONALIDAD DEL MODELO

Este modelo es capaz de predecir el riesgo que se produzca un incendio para cada uno de los meses de la época seca (Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo) en la región centroamericana con el interés de dirigir los recursos de extinción de manera mas eficiente a las zonas donde presenten mayor probabilidad de riesgo, sin embargo el desarrollo de un modelo de predicción de incendios siempre presenta una gran dificultad, que es la incertidumbre asociada al comportamiento humano en relación al fuego.

El objetivo de este estudio fue modelizar la ocurrencia mensual de incendios forestales causados por factores antropogénicos y variable geográfica (topografía del terreno, demografía, combustibilidad) en la región centroamericana.

6.1. COMO FUNCIONA EL MODELO

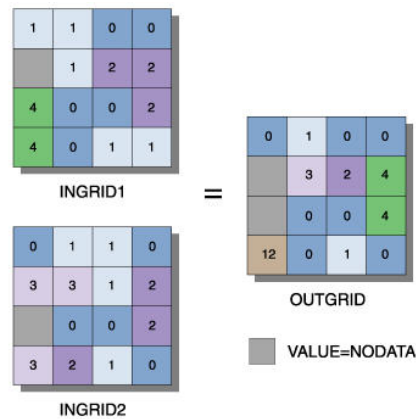
Se preparan los datos que serán introducidos al modelo, para este caso se utilizaron los datos de CCAD y las Imágenes NOAA con una resolución de 5000 metros por píxel, los pasos a seguir para la preparación de los datos son los siguientes:

- a) Se genera una cobertura de puntos con distancia de 1000 metros para determinar la distancia a centros poblados y carreteras utilizando el comando NEAR de Arc Info, el cual genera una base de datos de 25840 registros los cuales nos indican la distancia de cada punto a cada centro poblado y a cada camino que se encuentran dentro de un área boscosa.
- b) Luego se convierten cada uno de los archivos en formato ASCII gris con el módulo de Arc Info Workstation o con Spatial Analyst.
- c) Luego se introducen cada una de las variables ya sea en forma de mapa o de base de datos dentro del modelo

Una vez introducido los datos se corre este para generar el producto final que será un mapa que nos permite valorar las partes del territorio donde hay mayor riesgo de probabilidad de incendios en cada uno de los meses de la época seca, dicho mapa puede ser cruzado con áreas protegidas, ecosistemas y corredores biológicos para determinar el grado de vulnerabilidad dentro de las mismas.

Luego se corre el modelo con el programa model builder de Arc Gis 9.x y se guarda el modelo dentro de un arc toolbox con un nombre fácilmente interpretable seguido de la extensión **.tbx**. la interfase del programa model builder presenta óvalos azules los cuales representan las tablas de las bases de datos y los mapas en formato grid, las líneas con una flecha representan la conexión entre cada uno de los objetos (mapas y tablas), las acciones para hacer las calculaciones o transformaciones están representadas por rectángulo color naranja y las salidas son representadas por óvalos verdes, una vez que el modelo se corre los óvalos verdes tendrán un halo plomo que nos indica que el modelo ya ha sido ejecutado.

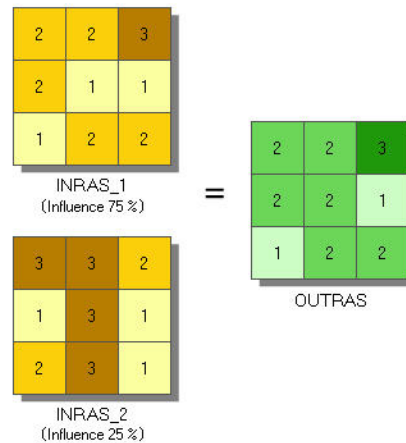
Los cálculos se hacen multiplicando el valor de cada píxel en cada una de las capas o entradas del modelo dependiendo del grado sensibilidad a los incendios el valor del píxel será mayor o menor en cada clase. Ver diagrama



Cada píxel en cada capa tiene un valor continuo es decir menor que 1 y las capas se multiplican para obtener valores decimales donde el valor máximo es 1 y el mínimo es arriba de 0

Ejemplo: $0.1 * 0.8 * 0.9 * 0.3 * 0.2 * 0.1 * 0.2 * 1 * 1 = 0.0000864$

Cada uno de estos valores son los valores que se le asignan a los pixeles de cada variable que se introducen al modelo, aunque existen variables que tienen mayor significancia que otras es por ello que a cada una de las variables que se introducen dentro del modelo se les asigna un castigo específico excepto a la variable independiente. Ver diagrama



Por ejemplo: Podemos considerar que el píxel superior de la cobertura de arriba es $2 * 0.75$ que es el valor del peso que se le asigno a esa variable entonces $2 * 0.75 = 1.50$ y el píxel superior de la cobertura de abajo es $3 * 0.25$ entonces es igual 0.75 , la suma de ambos es 2.25 pero como el valor en este caso es una grid discreta o sea valores absoluto el píxel es redondeado al inmediato superior o al inmediato menor que en este caso será 2.

Así los valores bajos corresponden a píxeles donde el riesgo a que se produzca un incendio es alto y los valores cercanos a 1 corresponden a valores donde el riesgo a que se produzca un incendio es bajo. De esta manera cada capa de información tendrá un valor de píxel mayor cuando la afectación es poca y menor cuando la afectación es alta.

Lo mas importante es asegurarse que toda la información se encuentra localizada correctamente y que los datos de salida estén especificado donde van a ser alojados, en caso de que la información no se encuentren en los fólderes indicados usted puede perfectamente redefinir la dirección, haciendo clic en los rectángulos color naranja y cambie a la localización correcta., así como también se puede corregir el nombre en caso que no sea el nombre correcto.

Con Model Builder tu puedes introducir o modificar un modelo ya estructurado y remplazar los datos que tu necesitas cambiar para hacer algún tipo de análisis, los datos reemplazados cambian automáticamente y los que no fueron reemplazado permanecen constante, una vez que corres model builder el programa chequea automáticamente si encuentra todos los datos, si los datos no son encontrados te aparecerá un mensaje en la ventana del proceso y te dará un aviso diciendo cual es el error, el aviso aparecerá en color rojo o te aparecerá un warning (ver procesos en los Anexos), para ver la localización y los nombres de los datos perdidos tu puedes encontrarlo haciendo clic sobre el rectángulo color naranja

Finalmente tu puedes que la acción fue ejecutada cuando el ovalo verde aparece con una sombra, las acciones o cálculos están programadas en lenguaje de Arc Info Workstation que es AML (Arc Macro Lenguaje), también es posible programarlas en Phyton que es el nuevo lenguaje de programación de Arc Gis versión 9.x

VII.- RESULTADOS

Los resultados obtenidos confirman la importancia que tiene la utilización de los datos históricos de los puntos de calor para el periodo 2002 – 2005 y con ello se puede mostrar que las quemadas intencionadas para fines agrícolas y ganaderas, de acuerdo al comportamiento histórico en cada uno de los meses, afectan fuertemente a la región del pacífico, la que se ve afectada en los primeros meses de la época seca.

Otro elemento a observar, es como los puntos de calor se desplazan a las áreas boscosas para los meses de abril y mayo cuando la época seca se encuentra en su etapa final, es allí cuando toda la vegetación se encuentra en estado seco y la región del pacífico empieza a perder intensidad de puntos, debido a que en ese momento las áreas agrícolas, se encuentran en estado de preparación de terreno para la siembra de los cultivos agrícolas o en algunos casos, se encuentran en estado de germinación de los cultivos.

Como resultado, obtuvimos los mapas de riesgo de incendio para los meses de la época seca así como también las áreas mas susceptible clasificándolas en alta, media y baja con su respectiva tablas.

VIII.- ALGUNAS CONCLUSIONES

Podemos concluir de que este es un modelo que sirve para determinar el riesgo de incendios en un territorio, dado lo que nos permitirá dirigir los esfuerzo de prevención y extinción del mismo, en caso de producirse el evento, por otra parte, se demuestra que los datos históricos con respecto a la frecuencia de incendio es un elemento muy importante, ya que este es un índice que figura en todas las metodologías de determinación de riesgos de incendios. Con todo esto podemos decir que este modelo puede considerarse adecuado para determinar las zonas más susceptibles a incendios.

Hubiese sido recomendable utilizar el índice de vegetación para determinar el grado de madurez de la vegetación, aunque para eso se necesita un mayor grado de información de referencia, también es recomendable introducir al modelo variables climáticas que permitan hacer un diagnostico mas preciso de la situación de los incendios forestales.

Es interesante destacar que los meses de marzo y abril, son los que presentan mayor probabilidad de ocurrencia de incendios, particularmente en las zonas más antropizadas de los países de la región, en donde concurren áreas de uso agropecuario, mayor concentración poblacional y mayor densidad de infraestructura de comunicación y transporte y en los ecosistemas forestales, la mayor posibilidad de incendios, está asociada a la existencia de frentes pioneros de agricultura migratoria y áreas de penetración a la frontera agrícola, en donde precisamente existen ecosistemas

forestales que son dañados por la acción del fuego, particularmente los asociados a coníferas y bosque seco tropical.

De acuerdo a los mapas de probabilidad de incendios que se presentan a continuación, son los meses de abril y mayo los que presentan mayor probabilidad de ocurrencia de incendios en ecosistemas forestales, al contrario de enero y febrero, en donde las quemadas están más concentradas en la vertiente Pacífica, probablemente debido a las quemadas agropecuarias.

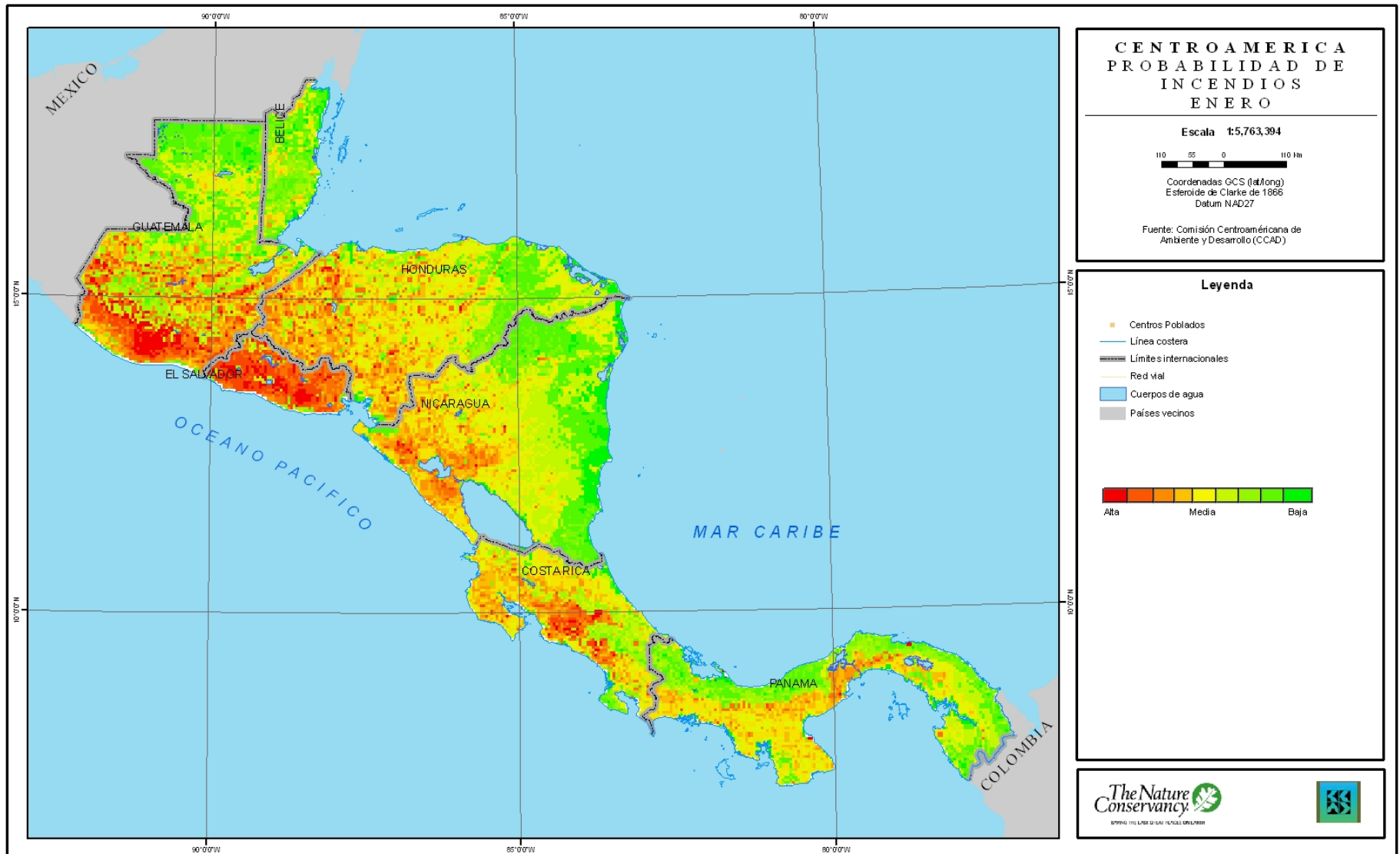
De todos los países, El Salvador es que presenta un rango casi constante de probabilidad de incendio en todo su territorio, durante los meses de enero a mayo, en cambio Honduras que empieza enero con pocas quemadas, va aumentando cada mes, hasta llegar a mayo con un alto grado de probabilidad de incendios en casi todo el territorio nacional.

Es interesante notar que la franja de bosque latifoliado y de coníferas que se encuentra en el litoral del Caribe, se mantiene prácticamente estable durante los meses de enero a mayo, sin mayor probabilidad de ocurrencia de incendios, correspondiéndose en su mayoría, con áreas protegidas y los espacios del Corredor Biológico Mesoamericano.

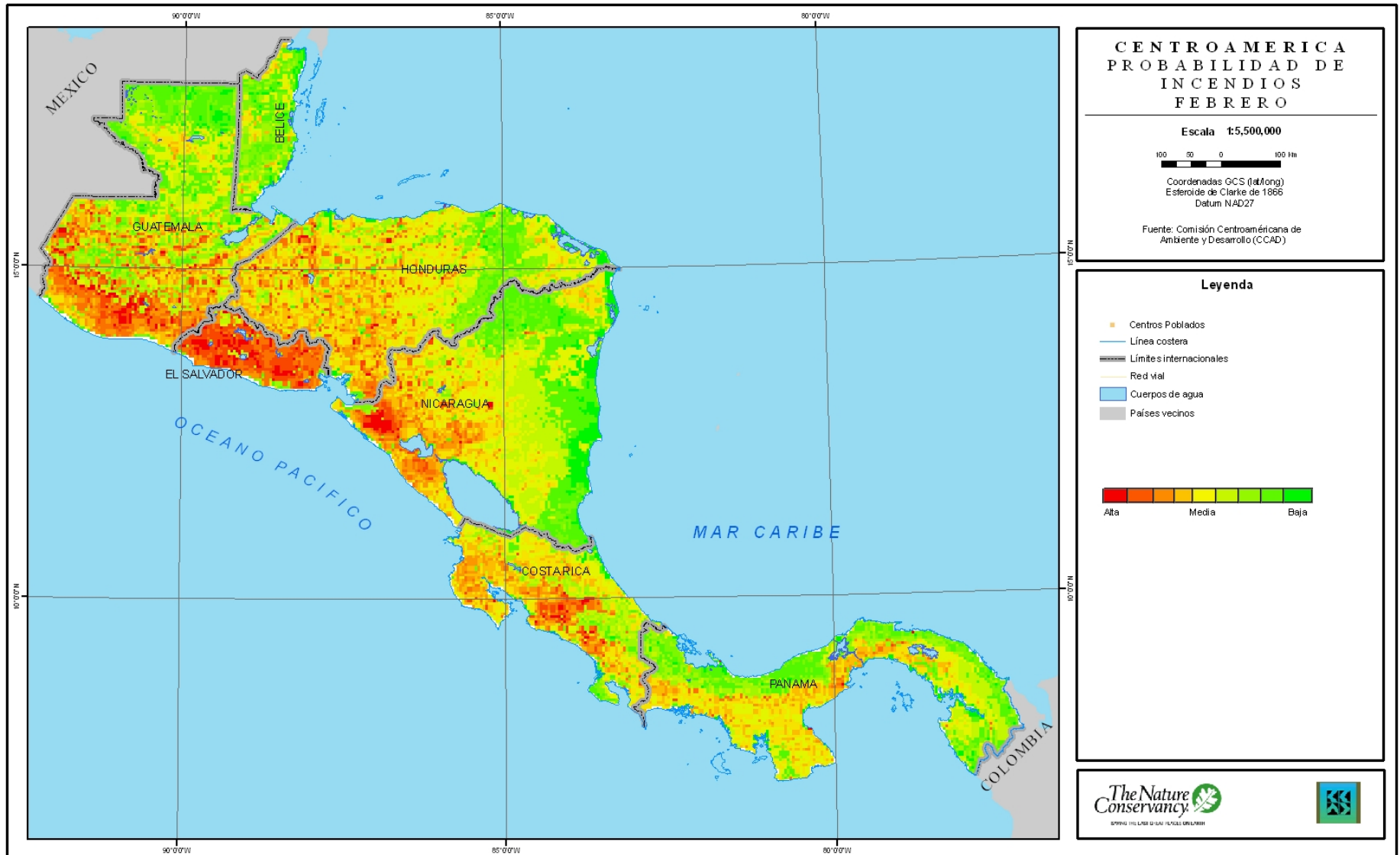
Los casos de Costa Rica y Nicaragua llaman la atención pues el gradiente de riesgo de ocurrencia de incendios, sufre pequeñas variaciones durante la época seca, en el primer caso, la mayoría de la probabilidad se concentra en la zona más humanizada del valle central y en el caso de Nicaragua, el gradiente va de mayor intensidad en la zona del Pacífico, va disminuyendo a medida que se va acercando a las llanuras aluviales del Caribe, manteniéndose bastante similar los cinco meses de la época seca.

En Guatemala se mantiene la probabilidad en la costa sur del Pacífico, sin embargo, en enero y febrero no se nota mucha probabilidad en la zona del Petén, es hasta marzo que empieza a notarse la probabilidad de incendios en esa zona, incrementándose de marzo a mayo, cuando se nota una alta probabilidad en el Petén, hasta cerca del límite con Belice. Este último no presenta mayor probabilidad de ocurrencia de incendio, debido en parte a las grandes áreas protegidas y a la poca población que tiene este país.

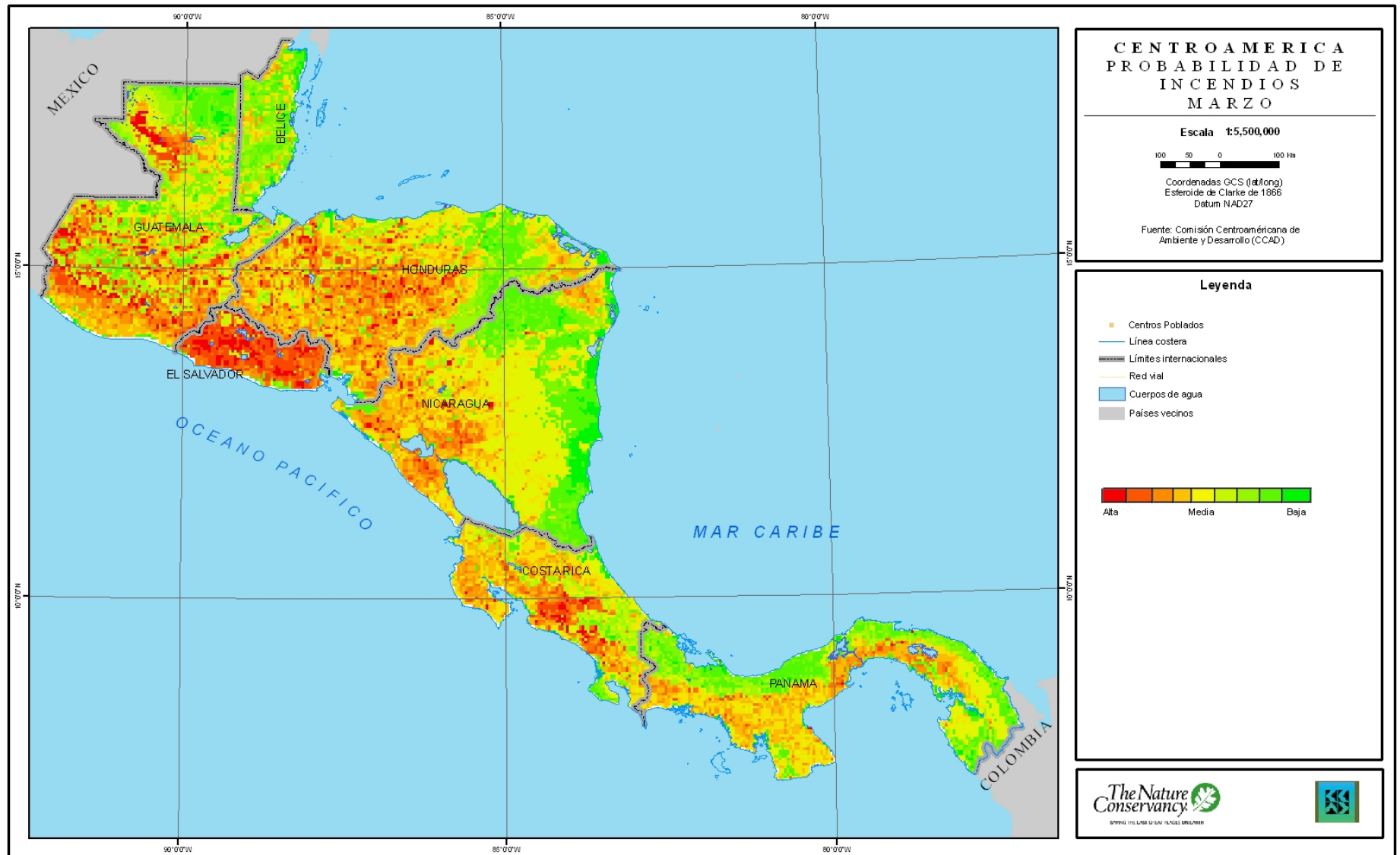
**Modelo de Incendios Forestales y Valoración Económica de los Impactos de estos
Incendios sobre diferentes sectores de la Economía Regional**



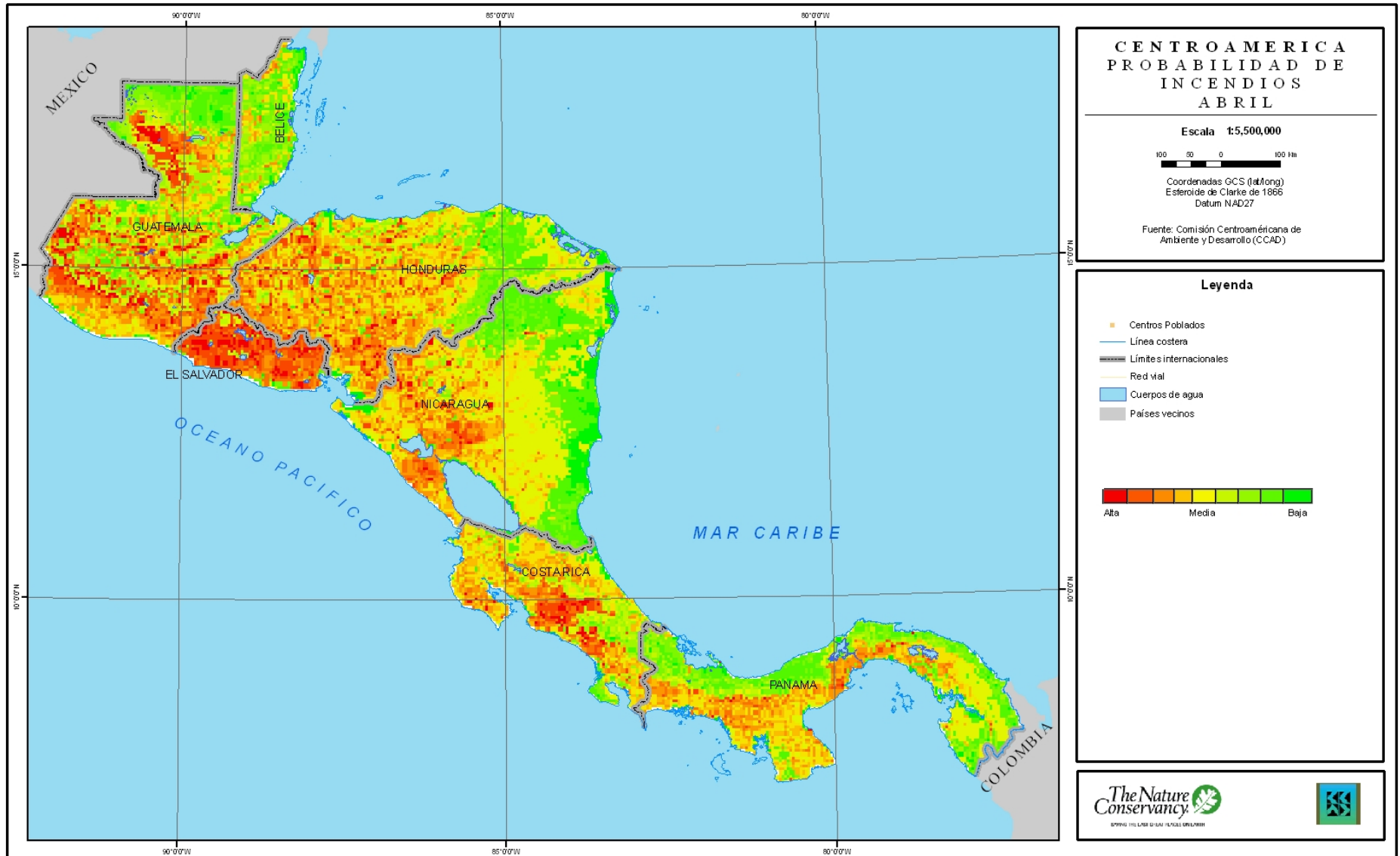
Modelo de Incendios Forestales y Valoración Económica de los Impactos de estos Incendios sobre diferentes sectores de la Economía Regional



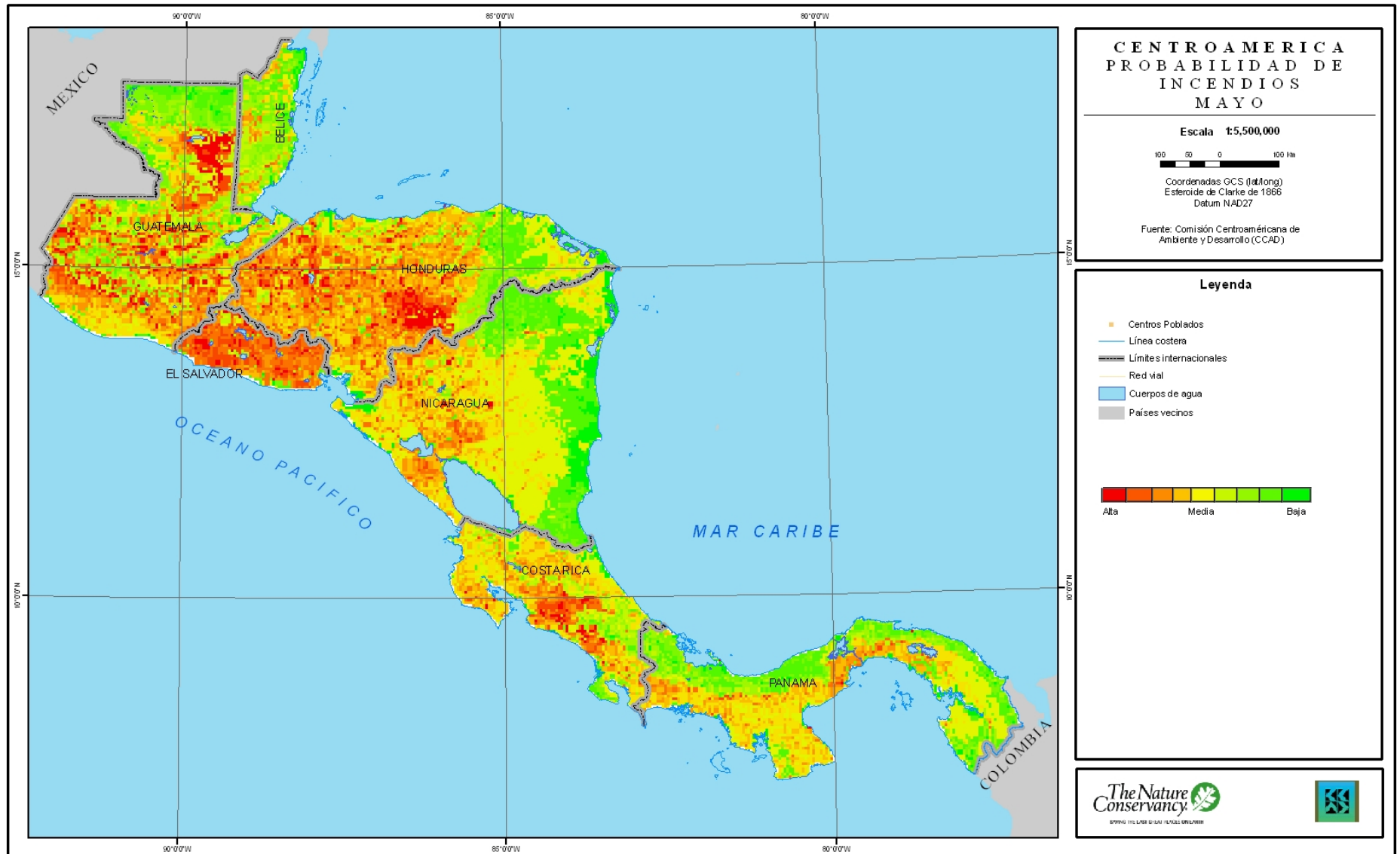
**Modelo de Incendios Forestales y Valoración Económica de los Impactos de estos
Incendios sobre diferentes sectores de la Economía Regional**



**Modelo de Incendios Forestales y Valoración Económica de los Impactos de estos
Incendios sobre diferentes sectores de la Economía Regional**



**Modelo de Incendios Forestales y Valoración Económica de los Impactos de estos
Incendios sobre diferentes sectores de la Economía Regional**





SEGUNDA PARTE

**VALORACION ECONOMICA
DE LOS IMPACTOS DE
LOS INCENDIOS FORESTALES
SOBRE DIFERENTES
SECTORES DE LA ECONOMIA
REGIONAL**



IX.- METODOLOGIA DEL TRABAJO

9.1.- INDICADORES FÍSICOS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES OCASIONADOS POR INCENDIOS FORESTALES

Antes de realizar la valoración económica de los incendios forestales, hay que identificar y clasificar los impactos ambientales, en función del tipo de bosque afectado; y determinar los indicadores físicos para medir y cuantificar dichos impactos. (ver cuadro 1).

Cuadro 1: Impactos Ambientales por tipos de Bosque.

Tipo de Bosque	Elementos impactados	
	Impactos Directos	Impactos Indirectos
Bosque de Producción	Madera con valor comercial.	- Problemas de salud por enfermedades respiratorias. - Reducción de visitación de turistas por deterioro de calidad visual. - Afectación en el funcionamiento de infraestructura relevante para la economía.
Bosque de Protección	Biodiversidad y no-maderables.	
Bosque de Conservación	Funciones ecosistémicas de prevención de desastres y fijación de CO ₂ .	

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro 1 se observa que el bosque se puede clasificar en tres principales tipos: 1) De producción – refiriéndose a las áreas para explotación maderera; 2) De Protección – refiriéndose a las áreas protegidas legalmente declaradas y; 3) De Conservación – refiriéndose a las áreas que desempeñan funciones ecosistémicas de importancia para el bienestar del ser humano.

Esta clasificación es general, y los impactos identificados son los más relevantes, de una serie mucho más amplia de impactos específicos.

Los impactos en sí se subdividen en directos e indirectos. Los directos reflejan el efecto directo del incendio sobre el tipo de bosque; mientras que los indirectos implican algunos efectos indirectos significativos, pero cuya magnitud no necesariamente depende en un 100% del incendio forestal.

El sector agrícola, a pesar de sufrir daños por incendios anualmente, no ha sido incluido en este estudio, siendo que el análisis está enfocado en ecosistemas forestales. Se asume que la mayoría de incendios en áreas agrícolas son producto de la

actividad productiva y no generan pérdidas directas en la producción, porque se realizan entre cosechas.²

Una vez identificados los impactos ambientales, independientemente de su clasificación, deben vincularse con sectores económicos específicos a través de indicadores físicos medibles (ver cuadro 2).

Cuadro 2: Impactos ambientales sobre los sectores de la economía.

Funciones Ecosistémicas	Impactos ambientales	Sector Económico afectado
Mantenimiento de la calidad del Aire	Producción de humo, partículas en suspensión.	Salud
Regulación de Gases	Emisión de CO ₂ .	Mercado de bonos.
Producción de materia prima - madera	Destrucción de Bosques Latifoliados y coníferas.	Extracción de madera
Producción de materia prima - No-maderables	Plantas medicinales, artesanías, etc.	Aprovechamiento de no-maderables
Regulación de disturbios	Inundaciones, sedimentos, etc.	Prevención de desastres
Recursos genéticos	Biodiversidad	Sector farmacéutico.
Recreación	Belleza escénica, calidad del paisaje	Turismo
Protección de infraestructura	Aeropuertos, carreteras, caminos rurales, cercas, etc.	Transporte aéreo, transporte terrestre, industria, sector doméstico.

Fuente: Elaboración Propia.

En fin, para poder cuantificar los impactos ambientales en términos físicos, hay que proponer indicadores físicos relacionados con el funcionamiento del ecosistema, que midan la calidad ambiental.

En el cuadro 2 se observa como los impactos ambientales afectan funciones ecosistémicas específicos, que en última instancia se pueden trasladar en el plano económico cuantificando los daños específicos que generan dichos impactos ambientales para la economía.

En el cuadro 3 se ajusta el cuadro anterior, asignando a cada impacto un indicador físico y medible, en función del tipo de sector económico afectado.

² Sin embargo, las quemas de terrenos para eliminar la maleza pueden generar daños indirectos por el deterioro del suelo y la disminución de su productividad a mediano y largo plazo. Este tipo de impacto no ha sido considerado en el presente análisis.

Cuadro 3: Medición física de los impactos ambientales.

Funciones Ecosistémicas	Impactos ambientales	Indicadores Físicos
Mantenimiento de la calidad del Aire	Producción de humo, partículas en suspensión.	Casos de enfermedades de origen respiratorio.
Regulación de Gases	Emisión de CO ₂ .	Toneladas emitidas.
Producción de materia prima - madera	Destrucción de Bosques Latifoliados y coníferas.	Pies tablas perdidas/tipo de especies.
Producción de materia prima - No-maderables	Plantas medicinales, artesanías, etc.	Reducción en producción de no-maderables.
Regulación de disturbios	Inundaciones, sedimentos, etc.	Daños por desastres en áreas deforestadas.
Recursos genéticos	Reducción de la Biodiversidad	Perdida de oportunidades de patentar productos farmacéuticos.
Recreación	Belleza escénica, calidad del paisaje	Reducción de la visitación turística.
Protección de infraestructura	Aeropuertos, carreteras, caminos rurales, cercas, etc.	Daños en infraestructura, volúmenes reducidos/pérdida de negocios.

Fuente: Elaboración Propia.

Los indicadores físicos propuestos sirven para la valoración económica de los impactos ambientales. Esto quiere decir que considerados los indicadores físicos, se aplican métodos de valoración económica de los impactos, generando indicadores económicos-ambientales.

9.2.- DISEÑO Y ESTIMACIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS PARA LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

Los indicadores económicos básicamente miden en términos monetarios el comportamiento de los indicadores físicos – el costo social por los incendios en la región.

En el cuadro 4 se presentan las diferentes técnicas de valoración sugeridas para cada impacto ambiental, y el tipo de indicador económico que se genera a partir de su aplicación.

Cuadro 4: Técnicas de valoración e indicadores económicos ambientales.

Impactos ambientales	Indicadores Físicos	Métodos de Valoración Económica; Indicadores Económicos
Producción de humo, partículas en suspensión.	Casos de enfermedades de origen respiratorio.	Costos de Salud – estimar los costos relacionadas con las enfermedades respiratorias que se agudizan con la calidad del aire.
Emisión de CO ₂ .	Toneladas emitidas.	Precio Internacional de los bonos por fijación de carbono.
Destrucción de Bosques Latifoliados y coníferas.	Pies tablas perdidas/tipo de especies.	Precios de mercado de madera.
Reducción de la Biodiversidad y no-maderables	Perdida de oportunidades de patentar productos farmacéuticos y; Reducción en producción de no-maderables.	Costos preventivos para mantenimiento del ecosistemas Precios de mercado para las diferentes especies.
Inundaciones, deslaves, sedimentos, etc.	Obras físicas de prevención en función de los potenciales daños por desastres naturales en áreas deforestadas.	Costos de prevención para áreas sensibles.
Belleza escénica, calidad del paisaje	Reducción de la visitación turística.	Costo por pérdida de visitación.
Reducción de transporte aéreo internacional	Días de cierre de aeropuerto; aviones no atendidos en el aeropuerto.	Costos por pérdida del tráfico aéreo internacional.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se presenta con mayor detalle la forma de valorar económicamente cada impacto ambiental, según fueron clasificados en el cuadro 1.

a) Valoración Económica de Bosque Productivo.

Cuando se trata de ecosistemas forestales, existen diferentes tipos de bosques. En este estudio consideraremos los bosques predominantes en la región y que presentan mayor riesgo de incendio (ver cuadro 5).

Cuadro 5: Bosques Productivos.

Impactos Ambientales	Enfoques de valoración económica	Aspectos medibles para la construcción de los Indicadores Económicos
Destrucción de Bosques Latifoliados y coníferas.	Precios de mercado de madera.	- Áreas de bosque afectado. - Volumen por área, según especie. - Metros cúbicos perdidos.

Para la pérdida de Especies Maderables la valoración se realiza a través del análisis de los precios de mercado para cada especie. O sea, el costo de oportunidad es el valor del volumen de especies maderables destruidas por los incendios, evitando su aprovechamiento y generación de beneficios para los usuarios. La pérdida de beneficios se cuantifica considerando el bosque maduro a intervenir:

$$VolumenAprovechable = \frac{m^3 / Ha * Ha(afectadas)}{CicloCorte(años)}$$

Donde,

$$Posibilidad\ Silvícola\ (en\ pies\ tablas) = Volumen\ Aprovechable\ en\ m^3$$

$$U_m = \sum P_i^m Q_i^m - \sum C^m$$

Donde,

U_m = Utilidad por aprovechamiento de madera (\$/año)

P_i^m = Precio de la madera a especie i (\$/m³)

Q_i^m = Volumen de madera comercializado de la especie i (m³/año)

C^m = Costos de extracción, transporte y plan de manejo del bosque (\$/año).

b) Valoración Económica de Bosques de Protección - AP.

En este punto se abordan aspectos difíciles de cuantificar en términos económicos, siendo que no existen mercados explicititos para ciertos elementos del ecosistema que estarían afectados por incendios forestales (ver cuadro 6).

Cuadro 6: Bosque de Protección para mantenimiento de la Biodiversidad.

Impactos Ambientales	Enfoques de valoración económica	Aspectos medibles para la construcción de los Indicadores Económicos
Destrucción de Biodiversidad y no-maderables.	Costos de mantenimiento por hectárea.	- Áreas de bosque afectado. - Volumen de no-maderables por área, según especie. - Obras mínimas de conservación, para garantizar la producción de estos bienes ambientales.

Cuando se trata de biodiversidad, es más factible la prevención y mantenimiento del ecosistema, que la recuperación de la misma. De hecho, muchas veces la pérdida de un ecosistema es irreversible por ser de características únicas y porque una vez perdidas las especies en este ecosistema no existe el material genético necesario para su recuperación total.

Entonces, los costos de mantenimiento del ecosistema dependen principalmente del estado de conservación del mismo y de las obras de mantenimiento propuestas:

Costos Mantenimiento

$$\text{Ecosistema}_{\text{Hectárea}} = f(\text{Estado del Ecosistema; obras de conservación propuestas}) + \varepsilon$$

En casos particulares, se deben determinar los costos específicos de mantenimiento de cada ecosistema. Sin embargo, en este estudio trabajamos con los datos promedios de los costos que se pagan en diferentes proyectos internacionales, por hectárea:

Costos de Mantenimiento

$$\text{Del Ecosistema} = \text{Lo que se paga internacionalmente por la conservación de una hectárea, para conservación de biodiversidad.}$$

Dichos costos pueden subestimar el verdadero valor biológico de los ecosistemas, sin embargo, es una aproximación que sirve para cuantificar los potenciales daños en la biodiversidad por incendios (si no por el lado de los beneficios directos, al menos por el lado del valor de mantenimiento del ecosistema).

c) Valoración Económica de Bosques de Conservación.

Al igual que en el punto anterior, en el cuadro 7 se consideran aspectos (funciones ecosistémicas) que no tienen necesariamente precios de mercado. Esto dificulta la valoración económica de dichos elementos.

Cuadro 7: Bosque de Conservación para mantener funciones ecosistémicas que generan bienestar al ser humano.

Impactos Ambientales	Enfoques de valoración económica	Aspectos medibles para la construcción de los Indicadores Económicos
Inundaciones, deslaves, sedimentos, etc.	Costos de mantenimiento por hectárea en función de los potenciales daños por desastres naturales en áreas deforestadas.	- Áreas de bosque afectado. - Obras mínimas de conservación y prevención para áreas sensibles para desastres naturales.
Pérdida de capacidad de fijación de CO ₂	Beneficios económicos no percibidos por la destrucción de la capacidad de fijación de CO ₂ , según precios de mercado de la tonelada métrica de CO ₂ .	- Áreas de bosque afectado. - Volumen de CO₂ potencialmente secuestrado por el tipo de bosque.

En este sentido, en el caso de las funciones ecosistémicas que garantizan la prevención de desastres naturales se utilizan nuevamente los costos de mantenimiento del ecosistema.

El buen funcionamiento de dichas funciones ecosistémicas depende principalmente del estado de conservación del mismo y de las obras de mantenimiento propuestas:

Costos Mantenimiento

$$Ecosistema_{Hectárea} = f(\text{Estado del Ecosistema; obras de conservación propuestas}) + \varepsilon$$

Al igual que en el caso de biodiversidad, en este punto se utilizan los datos promedios de los costos que se pagan en diferentes proyectos internacionales, por hectárea:

Costos de Mantenimiento

Del Ecosistema = Lo que se paga internacionalmente por la conservación de una hectárea, para prevención de desastres.

Mientras tanto, en el caso del mantenimiento de capacidad del ecosistema de secuestrar dióxido de carbono (CO₂), se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$CF_{CO_2} = \text{Área} * IMA * Dm * Rc$$

Donde,

CF_{CO₂} = Capacidad de fijación de CO₂ anual (expresada en toneladas métricas).
Área = Área total del bosque de conservación considerado para el análisis (en Ha).
IMA = Incremento medio anual (m³/Ha/año).
Dm = Densidad de la madera (asumiendo 1 tonelada por m³).
Rc = Cantidad de carbono en el biomasa (asumiendo 50%).

Una vez estimada la capacidad de fijación se multiplica por el precio de mercado internacional:

$$VET_{CF} = CF_{CO_2} * PM$$

Donde,

VET_{CF} = Valor Económico del CO₂ potencialmente secuestrado.
PM = Precio de Mercado (\$/tonelada).

d) Valoración de los Costos de Salud.

En el cuadro 8 se presentan la valoración económica de los impactos ambientales por quemas, sobre la salud.

Cuadro 8: Costos de Salud.

Impactos Ambientales	Enfoques de valoración económica	Aspectos medibles para la construcción de los Indicadores Económicos
Calidad del aire	- Costos de salud.	- Tipos de enfermedades vinculadas con la calidad del aire. -
Calidad del Aire: Producción de humo, partículas en suspensión.	Casos de enfermedades de origen respiratorio.	- N°. de casos de enfermos. - Costos de consultas médicas. - Costos de las medicinas. - Pérdida de productividad por días de recuperación.

Fuente: Elaboración propia.

Primero hay que determinar si existe relación entre los cambios en la calidad del aire y la frecuencia de casos de enfermedades respiratorias.

A partir de los datos existentes en un sitio específico en la región centroamericana (un país) se pueden corroborar esta hipótesis, para luego extrapolar esta relación al resto de países, para determinar el costo total de salud.

$$\text{Número de Enfermedad } i = f(\text{Calidad Ambiental}) + \varepsilon$$

Y en función del tipo de enfermedad se identifican los diferentes costos directos e indirectos de salud:

$$\begin{aligned} \text{Costos de Salud } \textit{Enfer. respiratorias} &= \text{Costos Consulta médica} + \\ &+ \text{Costos de medicamentos} + \\ &+ \text{Costoso por perdida de productividad} + \\ &+ \text{Otros costos.} \end{aligned}$$

En muchas ocasiones dichos valores representarán escenarios estimados y/o potenciales, pero son útiles porque revelan los costos sociales invisibles de los impactos ambientales, producto de los incendios forestales.

e) Impactos en el sector Turismo e Infraestructura.

El turismo en Centro América está basado principalmente en la visitación de sitios naturales que presentan paisajes únicos y sitios naturales con diferentes potencialidades para desarrollar actividades recreativas (ver cuadro 9).

Cuadro 9: Impactos en el Sector Turismo y transporte aéreo internacional.

Impactos Ambientales	Enfoques de valoración económica	Aspectos medibles para la construcción de los Indicadores Económicos
Cambio en la calidad del paisaje (belleza escénica) y la calidad de los sitios naturales recreativos.	Costo por pérdida de visitación.	- Cambio en la visitación nacional y extranjera en sitios naturales turísticos. - Costos promedios por visita; beneficios no percibidos.
Impacto en transporte aéreo internacional	Costos por cierre de aeropuertos.	- Días de cierre de aeropuertos. - Aviones sin atender. - Costo diario por no-funcionamiento de aeropuertos.

Para el Sector Turismo existen claras pérdidas por reducción de la visitación cuando se deteriora la oferta turística (la calidad de los ecosistemas que ofrecen los Bienes y Servicios Ambientales Recreativos).

Dicho cambio en las utilidades se puede estimar a partir de los ingresos generados por visitantes extranjeros y nacionales y su comportamiento cuando los sitios recreativos están afectados directa o indirectamente por los incendios forestales.

$$\Delta Y_{be} = P_{be}^E Q_{be}^E + P_{be}^N Q_{be}^N$$

ΔY_{be} = Cambio en el Ingreso por belleza escénica en turismo (\$/año)

P_{be}^E = Precio pagado por turistas extranjeros por belleza escénica (\$/persona/año)

P_{be}^N = Precio pagado por turistas nacionales por belleza escénica (\$/persona/año)

ΔQ_{be}^E = Cambios en la Cantidad de turistas extranjeros (persona/año)

ΔQ_{be}^N = Cambios en la Cantidad de turistas nacionales (persona/año)

CCR = Costos de Conservación y Reposición.

Por otro lado, los diferentes tipos de transporte se ven afectados también por los incendios forestales. Sin embargo, no es fácil cuantificar exactamente cual es el daño para cada sector de transporte, a nivel de la región.

Es de alguna manera más fácil cuantificar los daños para el sector transporte aéreo, siendo que en los días de grandes incendios forestales se cierran las actividades de los aeropuertos internacionales.

En función a ello, se pueden estimar las pérdidas económicas para los aeropuertos internacionales de la región:

Costos

**Cierre Aeropuertos = Costos por aviones desatendidos +
Impuestos no recaudados por pasajeros desatendidos +
Servicios no prestados + costos fijos de aeropuerto + ϵ**

9.3. AGREGACIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS.

Considerando los impactos ambientales valorados económicamente en este estudio, se pueden agregar los valores de los impactos directos y los impactos indirectos; considerando al mismo tiempo dichos impactos por tipo de bosque (ver cuadro 10).

Los costos pueden ser interpretados por impacto, o por tipo de bosque afectado; aunque en última instancia y de mayor interés es poder estimar un monto total que represente el costo total por hectárea quemada de bosque (\$/Ha/año).

Cuadro 10: Valor Económico total de los impactos ambientales.

Impactos Ambientales		Bosque Productivo	Bosque de Protección	Bosque de Conservación	Total por Impacto
Impactos Directos	Destrucción de bosque para producción de madera				
	Reducción de Biodiversidad y no-maderables				
	Desastres naturales por mayor fragilidad de lo ecosistemas				
Impactos Indirectos	Reducción en la capacidad de fijación de CO ₂				
	Enfermedades Respiratorias				
	Reducción en la visitación turística				
	Impactos en transporte aéreo				
Pérdida total por año					

Fuente: Elaboración Propia.

El procedimiento para lograr dicho costo total consiste en 3 pasos:

- 1) *Estimar el valor directo del bosque, para tener de referencia un valor económico a la hora de estimar pérdidas por áreas boscosas quemadas en los incendios forestales – El Costo de Oportunidad del Bosque.*
 - Hay que asignarle valor económico a cada Hectárea, según el tipo de bosque y el uso potencial de éste.
 - Dicho valor se promedia para tener un monto de referencia para la pérdida de de una hectárea de bosque. El costo de una hectárea quemada se basa en el valor de bosque perdido de dicha hectárea por los incendios forestales.
- 2) *Estimar el los costos por daños indirectos producto de los incendios.*
 - Se estiman los costos por la reducción de la capacidad de fijación de CO₂ de los bosques afectados por los incendios.
 - Se estiman los costos de salud por enfermedades respiratorias vinculadas con el humo.
 - Se estima la pérdida económica por la reducción de la visitación de turistas a sitios recreativos naturales.
 - Se estiman las pérdidas por daños en infraestructura, producto de los incendios forestales – pérdidas para el transporte aéreo por cierre temporal de aeropuertos.

- Todos los costos estimados se agregan y se dividen por las hectáreas quemadas para tener una idea del Costo Indirecto Total por Hectárea, de los incendios forestales.
- 3) *Finalmente, ambos valores (del paso 1 y 2) se agregan para tener un monto final por Ha.*
- De hecho el procedimiento arriba mencionado se puede resumir en la siguiente expresión matemática:

$$CT/Ha = \frac{\sum_{\#_{TiposBosque}} VEBosque_i}{\#_{TiposBosque}} + \frac{\sum CostosIndirectos_m}{Ha_{BosqueQuemado}}$$

Donde,

CT/Ha = Es el Costo Total del bosque quemado por Ha (incluyendo los costos directos y los costos indirectos.

VE Bosque_{"i"} = Es el Valor Económico por Ha del bosque de tipo "i"; donde "i" representa tres tipos principales: bosque productivo, de protección y de conservación.

Costos Indirectos_{"m"} = Son los diferentes costos indirectos identificados en el paso 2).

Contando con el Costo total por hectárea, y al conocer a través del Modelos de Predicción las áreas de alta probabilidad de sufrir incendios forestales, se pueden predecir/pronosticar las perdidas económicas futuras por quemas.

X.- ANALISIS DE RESULTADOS

10.1. DEFINICIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO Y SU RELACIÓN CON LOS PUNTOS DE CALOR.

Uno de los aspectos críticos de esta metodología es la definición de las áreas de trabajo que se utilizarán en los diferentes cálculos.

En particular, se requiere la estimación de las siguientes áreas:

- Existencia de tipos de bosque: de producción, de protección y de conservación.
- Hectáreas incendiadas en la región.
- Cantidad de puntos de calor en la región.
- Estimación de hectáreas afectadas por cada punto de calor.

En el cuadro 11 se resume la cantidad de bosque que existe en la región, y la cantidad de hectárea por cada tipo de bosque.

Cuadro 11: Tipos de bosque en la región.

País	Tipo de Bosque (Km²)			Total Bosque	Área País	% País
	Producción	Protección	Conservación			
Belize	7,166	124	6,662	13,952	22,963	61%
Costa Rica	3,502	2,405	8,292	14,200	51,100	28%
El Salvador	1,833	744	67	2,644	21,041	13%
Guatemala	15,254	10,125	21,899	47,278	108,899	43%
Honduras	17,011	10,051	15,740	42,802	112,492	38%
Nicaragua	23,744	1,649	17,982	43,375	130,373	33%
Panamá	19,430	5,276	18,329	43,034	75,517	57%
Total Km2	87,940	30,373	88,971	207,285	522,385	40%
Total Ha	8,794,020	3,037,340	8,897,110	20,728,480	52,238,500	

En el cuadro se observa que un 40% de la región está bajo diferentes tipos de cobertura boscosa, y hay mayor cantidad de bosque en las categorías de producción y conservación.

Mientras tanto, en el cuadro 12 se presentan la cantidad de hectáreas incendiadas durante el período 2002 – 2004.

Cuadro 12: Hectáreas incendiadas en la región en el período 2002 - 2004.

País	Hectáreas incendiadas			
	2002	2003	2004	Promedio
GUATEMALA	22,387	425,000	6,703	151,363
HONDURAS	63,442	56,655	56,655	58,917
NICARAGUA	26,148	27,448	33,252	28,949
PANAMA	3,739	17,755	1,723	7,739
EL SALVADOR	1,261	3,661	3,497	2,806
COSTA RICA	50,337	32,372	35,228	39,312
Total	167,314	562,891	137,058	289,088

Con los resultados de este cuadro se pueden estimar los costos de los daños ocasionados por los incendios forestales. Sin embargo, para determinar el comportamiento de los incendios, en función de los puntos de calor detectados, se presenta el cuadro 13 donde se analizan dichos puntos durante el mismo período.

Cuadro 13: Frecuencia de puntos de calor para el período 2002 – 2004.

País	Puntos de Calor			
	2002	2003	2004	Promedio
GUATEMALA	11,007	7,608	4,748	7,788
HONDURAS	8,273	5,523	4,108	5,968
NICARAGUA	5,273	5,914	4,158	5,115
PANAMA	1,970	3,139	2,430	2,513
EL SALVADOR	1,220	1,818	1,209	1,416
COSTA RICA	996	1,209	720	975
Total	28,739	25,211	17,373	23,774

Fuente: Información de Satélite NOAA.

A partir de los dos cuadros anteriores se pueden sacar dos conclusiones principales:

- a) Los países con mayor cantidad de puntos de calor, y por tanto con mayor cantidad de hectáreas de bosque afectado son Guatemala, Honduras y Nicaragua;
- b) En promedio, cada punto de calor afecta 13 hectáreas de bosque.

10.2.- COSTOS DE LOS IMPACTOS DIRECTOS

Según la metodología desarrollada para este estudio, el valor económico del bosque se basa en el costo de oportunidad de perder bosques de diferente tipo en los incendios forestales. Los impactos directos en función de los diferentes tipos de bosque son los siguientes:

- La destrucción de bosque para producción de madera.
- Reducción de la biodiversidad y especies no-maderables.
- Incremento del impacto de desastres naturales por la mayor fragilidad de los ecosistemas.

La valoración económica de estos impactos directos se presenta a continuación.

a) Valoración Económica de Bosque Productivo.

Como se menciona en la parte metodológica, es importante determinar que cantidad de bosque productivo existe y cual es el valor económico de dicho bosque, en su totalidad y por hectárea.

En el cuadro 14 se observa el total de hectáreas en la región de bosque productivo.

Cuadro 14: Total de Bosque Productivo.

Bosque	Ha	% del total
Total Bosque Producción	8,794,020	
Latifoliado	7,650,797	87%
Coníferas	1,143,223	13%

Se observa que la mayor parte del bosque es Latifoliado. La distribución porcentual entre bosques latifoliados y coníferas está dada por datos estadísticos en la región.

En este sentido, en el cuadro 15 se presenta el valor económico del bosque de producción, en su totalidad y por hectárea.

Cuadro 15: Valor Económico Potencial del Bosque Productivo.

Bosque de Producción	Ha	m ³ /Ha	Utilidad por m ³	Total \$	Utilidad por Ha
Latifoliados	7,650,797	28	12.64	2,707,770,216	354
Coníferas	1,143,223	90	26.33	2,709,094,595	2,370
Total Utilidad Potencial				5,416,864,811	

Lo importante en este cuadro es observar que el valor económico está basado en la utilidad y no en los precios de mercado.

En este sentido, es interesante ver que los bosques coníferas son más productivos (m³/Ha), por lo que aunque presentan una utilidad menor por metro cúbico, tienen una utilidad mayor por hectárea.³

En el cuadro 15^a se presenta el costo total del Bosque Productivo quemado por año en la región.

Cuadro 15^a: Costo Total de Bosque Productivo por año, en la región centroamericana.

Bosque total quemado (Ha)	289,088
Porcentaje de bosque productivo respecto al total de bosque quemado	42%
Total Bosque producción quemado	122,645
Valor por Ha	354
Costo Total Bosque Productivo quemado	43,406,489

b) Valoración Económica del Bosque de Protección.

En el cuadro 16 se observa la cantidad de Bosque destinado a la protección de biodiversidad principalmente en la región centroamericana, así como la estimación del valor económico total de dicho bosque.

³ La menor utilidad por m³ de los bosques coníferos se debe a que tienen menores precios de mercado, en comparación con los bosques latifoliados.

Cuadro 16: Valor Económico Total del Bosque de Protección.

Biodiversidad	Valor Económico
Área bajo protección (Ha/año)	3,037,340
Costo para conservación de biodiversidad (\$/Ha/año)	300
Total \$/año	911,202,000

Fuente: Elaboración propia.

La base del cálculo es que se ha observado que en proyectos internacionales para la conservación de biodiversidad, se invierten aproximadamente \$300/Ha/año para la conservación de biodiversidad, lo que revela el valor económico que le otorga la sociedad a dichos bienes y servicios ambientales.

En el cuadro 16^a se estima el costo por la pérdida anual de bosque de protección.

Cuadro 16^a: Costos por quema anual de bosque de protección.

Biodiversidad	Valor Económico
Bosque total quemado (Ha)	289,088
Porcentaje del bosque de protección con respecto al total de bosque quemado	15%
Total de bosque de protección quemado	42,360
Valor por Ha	300
Costo total del bosque de protección quemado	12,707,987

c) Valoración Económica del Bosque de Conservación.

En el cuadro 17 se observa la cantidad de Bosque destinado a la conservación para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y los impactos negativos de los desastres naturales.

Cuadro 17: Valor Económico Total del bosque de conservación.

Funciones ecosistémicas que reducen la vulnerabilidad de los ecosistemas mismos	Valor Económico
Área bajo conservación (Ha/año)	8,897,110
Costo para prevención de desastres (\$/Ha/año)	500
Total \$/año	4,448,555,000

La base del cálculo es que se ha observado que en proyectos internacionales para la prevención de desastres, se invierten aproximadamente \$500/Ha/año para la conservación de bosques que fortalecen las funciones ecosistémicas relevantes - lo que revela el valor económico que le otorga la sociedad a dichos bienes y servicios ambientales.

En el cuadro 17^a se estima el costo por la pérdida anual de bosque de conservación.

Cuadro 17^a: Costos por quema anual de bosque de conservación.

Funciones ecosistémicas que reducen la vulnerabilidad de los ecosistemas mismos	Valor Económico
Bosque total quemado (Ha)	289,088
Porcentaje del bosque de conservación con respecto al total de bosque quemado	43%
Total de bosque de conservación quemado	124,083
Valor por Ha	500
Costo total del bosque de conservación quemado	62,041,326

d) Costos de los Impactos Indirectos.

Los costos de los impactos indirectos se basan en los siguientes elementos de valoración:

- La reducción de la capacidad de fijación de CO₂ de los bosques afectados por los incendios.
- Las enfermedades respiratorias vinculadas con el humo.
- La reducción de la visitación de turistas a sitios recreativos naturales.
- Las pérdidas por daños en infraestructura, producto de los incendios forestales – pérdidas para el transporte aéreo por cierre temporal de aeropuertos.

La valoración económica de estos impactos indirectos se presenta a continuación.

e) Los costos por reducción de la capacidad de fijación de CO₂

El cálculo de la emisión del Carbono se basa en el área de bosque destinada a la conservación. Dicha elección no implica que los otros tipos de bosque no secuestran CO₂, sino que únicamente en esta categoría de bosque se permiten desarrollar proyectos de esta naturaleza.

En el cuadro 18 se hace una estimación de la capacidad de fijación de carbono del bosque de conservación.

Cuadro 18: Estimación de la capacidad de fijación de CO₂ y del valor económico del carbono secuestrado.

Descripción	Valores estimados	Unidad de medición
Área Total de Bosque	124,083.00	Ha
Carbono en Biomasa	50%	% de la Biomasa
Incremento Medio Anual	4.80	m ³ /ha/año
Densidad de Madera	1.00	ton/m ³
Capacidad de fijación de CO₂	297,798.36	ton
Precio de Mercado	10.00	\$/ton
Valor Económico Total	2,977,983.65	\$/año

10.3.- LOS COSTOS DE SALUD.

Los costos de salud se calcularon en base de los gastos en que incurre un paciente cuando sufre de una enfermedad respiratoria (ver cuadro 19).

Cuadro 19: Los costos de enfermedades respiratorias (IRA)

Descripción	Valor estimado	Unidad de Medición
Consulta médica - centro de salud	2.00	\$/paciente
Tratamiento - medicinas	15.00	\$/paciente
Costos reposición	40.00	\$/paciente
Total Costos de Salud/paciente	57.00	\$/paciente
Casos enfermos para Nicaragua	1,348,253.00	casos/año
Costo social para Nicaragua	76,850,421.00	\$/año
Casos IRA de la población total	13.29%	casos/incendios
Población Centroamérica	37,268,000.00	habitantes
Población Afectada	4,953,686.43	casos potenciales
Total Costo de Salud	282,360,126.49	\$/año

Fuente: Cálculos en base de datos estadísticos del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía - CELADE-, Boletín Demográfico, enero 2003.

El monto total, de \$57 por paciente se multiplica por el incremento de casos de enfermedades respiratoria en la región, producto de los incendios forestales. El monto para toda la región es de \$ 282.3 millones de dólares.

La tasa de incremento de Enfermedades Respiratorias fue calculada en base al comportamiento de los casos de este tipo de enfermedades, en los principales departamentos de Nicaragua. Se demostró que la mayoría de las poblaciones afectadas ha sido expuestas a los efectos negativos del deterioro de la calidad del aire en época de incendios forestales.

a) Los Costos por pérdida de Belleza Escénica y Potencial Turístico.

La lógica de la valoración económica de la pérdida de Potencial Turístico es estimar los beneficios que se dejan de percibir producto al deterioro de la calidad ambiental cuando hay incendios forestales.

La mayor parte del turismo en la región está basado en la visitación de sitios naturales dentro y fuera de áreas protegidas. Casi todas las áreas protegidas y sitios naturales turísticos tienen que ver con ecosistemas forestales.

Los incendios forestales por tanto tienen un impacto directo sobre la visitación. Se estima que la visitación puede reducirse en un 30%.

Para la estimación de los beneficios económicos perdidos es importante considerar los siguientes aspectos:

- Los extranjeros y los nacionales generan diferentes utilidades para el sector turismo.
- Los beneficios económicos no se limitan únicamente a los ingresos de los sitios naturales (ej.: parques naturales, reservas, etc.), sino hay que capturar todo el valor económico generado por la visita turística. Hay que cuantificar los demás actores que se benefician directa o indirectamente del turismo al prestar servicios y productos a la industria turística (economía de escala).
- En función de esto, hay que calcular la utilidad por el producto turístico: los ingresos están basados en todos los beneficios vinculados con el aprovechamiento del producto turístico (no solamente la entrada al sitio recreativo) y los costos tiene que ver con todos los costos del viaje.
- Para calcular dichos ingresos y costos del viaje, nos basamos en estudios existentes para sitios representativos de la región, que investigan dichos aspectos. Se concentran en cuantificar la Disposición a Pagar de los turistas por la experiencia completa (no solo de visitar un área específica); así como cuantifican el costo total de dicha experiencia recreativa.

En base a este enfoque se ha hecho una estimación de costos y beneficios para los turistas (nacionales y extranjeros) de sitios representativos como por ejemplo: Parque Nacional Volcán Masaya en Nicaragua; Biosfera de Río Plátano en Honduras; Monteverde en Costa Rica, etc.

- Las pérdidas de beneficios se basan en 25 áreas de significancia regional, con una visitación promedio anual de unos 80 mil turistas (aproximadamente 50 mil nacionales y 30 mil extranjeros).

En el cuadro 20 se hacen las estimaciones en base a los supuestos asumidos en este estudio.

Cuadro 20: Pérdida por reducción de la visitación turística a sitios representativos.

Descripción	Valores estimados	Unidades de medición
Turistas extranjeros	30,000.00	turistas/año
Turistas nacionales	50,000.00	turistas/año
Tasa reducción visitación extranjeros	30.00%	turistas perdidos
Tasa reducción visitación nacionales	30.00%	turistas perdidos
Pérdida en visitación extranjeros	9,000.00	turistas/año
Pérdida en visitación nacionales	15,000.00	turistas/año
DAP Nacionales	477.00	\$/viaje
DAP Extranjeros	563.00	\$/viaje
Costo Producto	375.00	\$/viaje
Utilidad Marginal Extranjeros	188.00	\$/turista
Utilidad Marginal Nacionales	102.00	\$/turista
Utilidad Total Extranjeros	1,692,000.00	\$/año/extranjeros
Utilidad Total Nacionales	1,530,000.00	\$/año/nacionales
Pérdida total por área	3,222,000.00	\$/año
Áreas afectadas	25.00	sitios turísticos
Total pérdida para la región/año	80,550,000.00	\$/año

Se observa que la Disposición a Pagar de los extranjeros es mayor que la de los nacionales, sin embargo, en ambas situaciones es mayor que el costo del producto turístico completo. Esto implica utilidades para la sociedad, al ofrecer los bienes y servicios que garantizan el aprovechamiento/disfrute satisfactorio del sitio recreativo.

Una reducción en la calidad de los sitios recreativos, por incendios forestales, puede ocasionar pérdidas por aproximadamente \$80 millones de dólares, considerando únicamente el turismo organizado.

b) Daños por sub-utilización de infraestructura debido a incendios forestales.

Se pueden identificar muchos impactos negativos sobre infraestructura (urbana y rural) durante los incendios forestales (ej.: pérdida de carreteras y caminos rurales, cercas, viviendas, bodegas y almacenes, herramientas, etc.).

Sin embargo, el interés de este estudio está en la sub-utilización de infraestructura específica por el deterioro de la calidad del aire – en particular, el cierre de aeropuertos en la región durante ciertos períodos del año por quemas.

Los cálculos de los costos correspondientes y la cantidad de días por año son estimaciones que apenas dan una idea general sobre las implicancias económicas de este tipo de problemas (ver cuadro 21).

Cuadro 21: Pérdida económica por cierre de aeropuertos.

Descripción	Unidades	Impuestos no percibidos \$	Total \$/año
Vuelos cancelados	20	2,000	40,000
Pasajeros no atendidos	3,000	30	90,000
Otros Servicios			10,000
Costo por día			140,000
Días aeropuerto cerrado al año			15
Costo por Aeropuerto			2,100,000
Costo para la región (7 países)			14,700,000

Se observa que el costo para la región asciende a unos \$14.7 millones de dólares.

10.4.- AGREGACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS.

Finalmente, con la valoración económica de los indicadores propuestos se generan 3 resultados principales:

- El Valor Económico Total de los Bosques existentes actualmente en la región.
- El Costo por la quema anual de bosques - total y por hectárea.
- La Cantidad de Hectáreas que afecta cada Punto de Calor y el Costo promedio correspondiente.

a) El Valor Económico Total del Bosque en la Región.

El valor económico total se estima en el cuadro 22, considerando la cantidad de hectáreas existentes actualmente en la región por cada tipo de bosque, así como el valor económico estimado por cada hectárea de los diferentes tipos de bosque.

Cuadro 22: Valor Económico Total del Bosque de la Región Centroamericana.

Tipos de Bosque	Valor Económico
Bosque Productivo	5,416,864,811
Bosque de Protección	911,202,000
Bosque de Conservación	4,448,555,000
Valor Económico Total del Bosque en la Región	10,776,621,811

b) El Costo Total por la quema anual de Bosques – Total y por Ha

En este caso, se retoma el valor económico de los daños generados a través de los impactos directos e indirectos. Se consideran únicamente el promedio de hectáreas de bosque quemadas anualmente (ver cuadro 23).

Cuadro 23: El Costo Total de los Bosques quemados en la región.

Impactos Ambientales y Económicos		Bosque Productivo	Bosque de Protección	Bosque de Conservación	Valor Económico Total
Impactos Directos	Dstrucción de bosque para producción de madera	43,406,489			118,155,803
	Reducción de Biodiversidad y no-maderables		12,707,987		
	Desastres naturales por mayor fragilidad de lo ecosistemas			62,041,326	
Impactos Indirectos	Reducción en la capacidad de fijación de CO2			2,977,984	380,588,110
	Enfermedades respiratorias			282,360,126	
	Reducción en la visitación turística			80,550,000	
	Impactos en transporte aéreo			14,700,000	
Pérdida total por año		43,406,489	12,707,987	442,629,436	498,743,913

Se observa, que por la quema de aproximadamente **289,088 Ha**, el costo social asciende a aproximadamente. US \$ 498.7 millones. El monto de los impactos directos es de US \$ 118.2 millones, mientras que el monto de los impactos indirectos es de 3 \$ 380.6 millones.

c) Hectáreas afectadas y Costo por cada Punto de Calor.

El último resultado revela el costo por Hectárea quemada, considerando los costos de los impactos directos e indirectos (ver cuadro 24).

Cuadro 24: Costos por Ha.

Descripción	Valores Estimados
Total Superficie Afectada	289,088
Costo Impactos Directos	118,155,803
Costo Impactos Indirectos	380,588,110
Costo Total del Daño	498,743,913
Costo por Ha de Impactos Directos	409
Costo por Ha de Impactos Indirectos	1,317
Costo Total por Ha	1,725

Así también en el cuadro 25 se analiza la relación existente entre puntos de calor y Hectáreas afectadas.

Cuadro 24: Relación entre Puntos de Calor (PC) y Hectáreas afectadas – estimación de daños por cada PC

Descripción	Valores estimados	Unidades de medición
1 Punto es igual	13	Ha
1 Punto genera daños por	23,104	\$

Se observa que cada punto de calor afecta en promedio unas **13 Ha**, lo que equivale a una pérdida económica de **US \$ 23,104**.

XI. CONSIDERACIONES FINALES

- 11.1.- En primer lugar cabe destacar que este estudio es una experiencia novedosa en la región, que trata de valorar de manera integral los impactos de los incendios forestales. Sin embargo, para llegar a convertirse en un sistema de monitoreo permanente se requiere de un proceso de validación en diferentes países en la región, para ajustar las variables propuestas en los diferentes modelos de la metodología desarrollada.
- 11.2.- La incidencia de los puntos de calor y por lo tanto de los incendios se concentra principalmente en los ecosistemas agropecuarios, seguido de las coníferas y los bosques secos. En términos de la clasificación de bosques que utilizamos en este estudio; de protección (en áreas protegidas), de conservación (pendientes, etc.) y de producción, de acuerdo al modelo, los bosque de conservación son los más afectados y por el tipo de territorio en el que se encuentran, son estos incendios los que mas daño causan al ecosistema y al ambiente en general (erosión, inundaciones, etc.).
- 11.3. Para la valoración económica de los bosques primero se necesitan diseñar indicadores físicos sobre el comportamiento de las áreas afectadas por los incendios forestales. La información utilizada en este estudio es secundaria en su totalidad.
- 11.4. El Valor Económico está en función de los usos de los bosques. Hemos identificado tres tipos de bosque: 1) Bosques de Producción – donde el valor se basa en la explotación de madera comercial; 2) Bosques de Protección (o Áreas Protegidas) – donde el valor se basa en la protección de biodiversidad existente en dichos bosques; 3) Bosques de Conservación – donde el valor está basado en el manejo de bosques dentro y fuera de áreas protegidas para la prevención de desastres naturales.
- 11.5. Desde el punto de vista de especies, los bosques se han agrupado en dos categorías: 1) Bosques latifoliados y; 2) Bosques coníferas. El valor económico utilizado es un promedio en base de las diferentes especies que conforman cada una de las categorías mencionadas. Dicho valor se expresa por metro cúbico y/o por hectárea, según el análisis requerido.
- 11.6. Según datos estadísticos regionales, la mayor cantidad de áreas afectadas están dentro de los bosques de producción y de conservación, y menos en las áreas protegidas. Este hecho se debe, por un lado, a que la mayor concentración de la población está en áreas fuera de las AP, y por otro, que las especies predominantes en las AP son latifoliadas (bosques húmedos).

- 11.7. Igualmente, el valor económico se basa en impactos directos – cuando el daño de los incendios es directamente sobre las áreas de bosque e; impactos indirectos – cuando los daños por los incendios están fuera de las áreas forestales (efectos en la salud, efectos sobre actividades económicas vinculadas con los bosques, efectos sobre la infraestructura, etc.). En este estudio se trabaja solo con algunos impactos para lograr desarrollar la metodología, de acuerdo a la disponibilidad de información. Sin embargo, a los modelos propuestos se le pueden incluir nuevas variables en el futuro para expandir el análisis.
- 11.8. Los tres principales enfoques del análisis económicos han sido los siguientes: a) Determinar el Valor Económico Total del bosque en la región para tener una idea del potencial de dichos recursos naturales; b) El valor económico de las hectáreas quemadas anualmente, en función de los tipos de bosque e impactos indirectos generados – para conocer el daño anual en función del área afectada y; c) Determinar el Costo por Hectárea y por Punto de Calor – en base a una relación previamente establecida entre puntos de calor detectados y áreas quemadas anualmente.
- 11.9. Todos los valores generados son estimaciones, que se basan en algunas áreas específicas de la región (piloto). Sin embargo, para el análisis a nivel regional se hace una extrapolación de dichos valores para lograr la agregación a este nivel.
- 11.10. En este estudio, considerando el modelo de predicción de incendios propuesto, así como los valores económicos obtenidos se pueden hacer análisis económicos sobre eventos pasados y eventos futuros. O sea, se puede valorar el daño por áreas afectadas históricamente por incendios forestales, así como las áreas que potencialmente podrían ser afectadas en el futuro.
- 11.11. El modelo físico, tanto el económico, puede ser expandido y flexibilizado incluyendo nuevas variables según la existencia de información homogenizada disponible, o las iniciativas para generar la que sea requerida.
- 11.12. La base de datos que se ha diseñado, propone un seguimiento de la ocurrencia de incendios, a través de los puntos de calor NOAA y/o MODIS, para ello se requiere que la SE CCAD asuma directa o indirectamente el manejo y seguimiento de esta base de datos, dentro del marco del SIAM.

XII. BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA

- CCAD. (2005). Estrategia Centroamericana para el manejo del fuego 2005 – 2015.
- FAO. (2001). Información y Análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países de tropicales en América Latina.
- Guía Metodológica de Valoración Económica de los Bienes, Servicios e Impactos Ambientales – Manual Didáctico sobre la Teoría y Práctica de Valoración Económica de los Recursos Naturales y la Calidad Ambiental.
- Jack Ruitenbeeck and Cynthia Cartier, CIFOR. (1998). Rational Exploitations: Economic Criteria and Indicators for Sustainable Management of Tropical Forests.
- Luca Tacconi CIFOR. (2003). Fires in Indonesia: Causes, Costs and Policy Implications.
- MAGFOR-PROFOR-INAFOR. (2003). Cuantificación del potencial volumétrico de las especies forestales para cada tipo de bosque en Nicaragua. Antonio Rodríguez,
- Radoslav Barzev, Documento Técnico del Corredor Biológico Mesoamericano CBM. (2001).
- Saravia, Danilo. 1996. Bases Metodológicas para un Esquema de Ordenamiento Ambiental del Territorio. Estudio de Caso en el área del Refugio de Vida Silvestre Los Guatusos, SI-A-PAZ Río San Juan, Nicaragua (Tesis).
- <http://www.incendiosforestales.com>
- http://www.sinia.net.ni/prod_info/mapas_forest/incendio_forest.htm
- http://www.papelnet.cl/ambiente/la_amenaza.htm
- <http://elnino.cicese.mx/concecuencias/incendios.htm>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Incendio_forestal

