

El Colegio de la Frontera Sur

Perspectiva multi-escala de los incendios forestales  
y la deforestación en el Parque Nacional  
Laguna del Tigre, Guatemala

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Claudia María Monzón Alvarado

2008

---

---

---

## AGRADECIMIENTOS

Cuando viajamos, cuando emprendemos nuevos proyectos siempre hay personas que nos apoyan y que nos facilitan la realización de nuestros objetivos. Estas personas son como ángeles de la guardia, temporales o permanentes, que nos cuidan y nos apoyan. A lo largo de este trabajo, muchas personas me apoyaron para organizar y llevar a cabo este proyecto.

Desde la primera visita a la comunidad de Paso Caballos me sentí optimista de realizar la investigación en este lugar. Esto debido en parte, a la calidez de su alcalde auxiliar, Nicolás Mo, quien desde un inicio se mostró dispuesto a apoyarme. Una vez instalada en la comunidad, platicábamos todas las tardes con Don Nico para que el me sugiriera qué personas de la comunidad eran más colaboradoras, quienes me podían llevar a su parcela para realizar los recorridos de campo y las entrevistas. Agradezco a Don Nicolás por su invaluable apoyo y su disponibilidad para dedicarme muchas horas de trabajo. Quiero agradecer especialmente a cada uno de los 33 jefes de familia quienes aceptaron apoyarme en la investigación concediéndome algunas horas de su tiempo para recorrer la parcela y entrevistarlos.

En Paso Caballos tuve la suerte de conocer a Yanuario Cholom y a su hermosa familia, quienes me hospedaron en su casa a lo largo de mi estancia. Fue una experiencia única, al principio con barreras de idioma, ya que ninguno de sus cuatro hijos, ni su esposa hablaban español. Poco a poco nos fuimos comprendiendo en una mezcla de español, Q'ekchi y señas. Disfruté mucho el tiempo en esa casa. Nos bañábamos en el río, jugábamos lotería en español y en Q'ekchi para ir aprendiendo poco a poco algunas palabras, nos dormíamos temprano para empezar el día con el sol. Quiero agradecer a María, esposa de Yanuario, por recibirme en su casa y por cocinar tan rico, agradezco las enormes tortillas recién salidas del comal y el pescado fresco relleno de chile, asado en hoja de plátano.

Quiero agradecer a WCS/Balam, específicamente a Luis España, quien me llevó por primera vez a la comunidad de Paso Caballos. Desde un inicio fue un gran apoyo ya que siempre fue atento

---

---

y entusiasta. En este viaje conocí el espectacular Peñón Buena Vista al este de Paso Caballos, desde donde se puede apreciar una parte de la alfombra de bosque verde que forma la Selva Maya. De la misma manera agradezco a Gabriel Gámez (ProPetén) quien también me apoyó en la movilización entre Flores y Paso Caballos. Agradezco a mi compañera María Alejandra López quien me hospedó en algunas ocasiones durante las visitas a Flores.

Quiero agradecer a Víctor Hugo Ramos (CEMEC) por apoyarme desde el inicio de esta investigación, por facilitarme las imágenes Landsat y las bases de datos geográficas y por contestar siempre rápido los correos electrónicos por los que nos comunicábamos. En la oficina del PNLT de CONAP me apoyó José Luis Mijangos y Julio Valle, con quienes conversé sobre sus puntos de vista y quienes me proporcionaron información del PNLT. Agradezco a Iván Bermejo y a Byron Castellanos por su disponibilidad para brindarme un espacio de trabajo durante el tiempo que estuve en Flores.

Agradezco a los miembros de mi comité tutelar quienes me apoyaron en estos dos años de investigación. Les agradezco por su tiempo, por sus observaciones, por las atinadas evaluaciones y sugerencias. Quiero agradecer especialmente a mi tutor, Sergio Cortina, por su disponibilidad de tiempo, por conversar horas y horas conmigo, por hacerme pensar y sobre todo por creer en mí.

Quiero agradecer a la Fundación Heinrich Boell por la beca que me otorgaron para realizar mis estudios de maestría y por concederme una prórroga para la finalización de los mismos.

Finalmente quiero agradecer a mis tres pilares incondicionales, quienes sin importar lo que haga siempre me apoyan y me dan un soporte invaluable: a mi familia, por que siempre que regresaba del trabajo de campo me recibían emocionados y me consentían mucho, a Sergi amor, por subirme los ánimos, hacerme reír y compartir las largas horas de trabajo en nuestras tesis y a Dios, por cuidarme siempre, sobre todo en las aventuras y riesgos de campo.

---

## CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	6
1.1.1. DEFORESTACIÓN, INCENDIOS Y CAMBIO CLIMÁTICO EN BOSQUES TROPICALES .....	6
1.1.2. DECISIONES HUMANAS SOBRE EL USO DEL SUELO.....	8
1.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	9
1.2.1. LA RESERVA DE BIÓSFERA MAYA Y EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE.....	9
1.2.2. UNIDAD DE MANEJO COMUNITARIO PASO CABALLOS.....	10
1.2.3. DEFORESTACIÓN.....	13
1.2.4. INCENDIOS FORESTALES .....	15
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
2.1. DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS EN LA ESCALA REGIONAL....	18
2.1.1. EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MAYA.....	18
2.1.2. EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE	
2.1.3. EN LAS COMUNIDADES.....	21
2.2. DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AFECTADO POR INCENDIOS EN LA ESCALA LOCAL .....	22
2.2.1. LA DEFORESTACIÓN EN PASO CABALLOS.....	23
2.2.2. INCENDIOS EN PASO CABALLOS.....	24
2.2.3. TRABAJO DE CAMPO .....	27
2.2.4. ANALISIS DE LA DEFORESTACIÓN DESPUES DE LOS INCENDIOS EN PASO CABALLOS.....	31
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
3.1. INCENDIOS FORESTALES Y DEFORESTACIÓN EN LA ESCALA REGIONAL .....	35
3.1.1. RESERVA DE LA BIÓSFERA MAYA.....	35
3.1.2. PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE.....	37
3.1.3. DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS EN LAS COMUNIDADES.....	40
3.2. INCENDIOS FORESTALES Y DEFORESTACIÓN EN PASO CABALLOS.....	44
3.2.1. EXACTITUD DE LA INFORMACIÓN GENERADA .....	44
3.2.2. LA DEFORESTACIÓN EN PASO CABALLOS.....	45
3.2.3. LOS INCENDIOS EN PASO CABALLOS.....	48
3.2.4. LA DEFORESTACIÓN DESPUES DE UN INCENDIO.....	50
3.2.5. EL CONTEXTO DE LAS DECISIONES DE USO DEL SUELO .....	56
<b>4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
4.1. ¿LOS INCENDIOS FORESTALES FAVORECEN LA DEFORESTACIÓN? .....	62
4.2. ¿EXISTE UNA PREFERENCIA POR DEFORESTAR LOS BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS?.....	63

---

4.3. ¿CÓMO SE RELACIONAN LOS RESULTADOS DE PASO CABALLOS CON LA ESCALA REGIONAL?.....	65
4.4. EFECTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN EL BOSQUE.....	68
4.5. EL ORIGEN DE LOS INCENDIOS FORESTALES.....	70
4.6. REFLEXIÓN FINAL.....	72
<b>5. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO 1. FUENTE DE INFORMACIÓN EMPLEADA PARA EL ANÁLISIS REGIONAL.....</b>	<b>1</b>
1. LA DEFORESTACIÓN -.....	1
2. LOS INCENDIOS FORESTALES.....	1
<b>ANEXO 2. CÁLCULO DE LAS VARIABLES A PARTIR DEL ÁLGEBRA DE MAPAS.....</b>	<b>3</b>
<b>ANEXO 3. MATRICES DE ERROR DE LA INFORMACIÓN GENERADA Y EMPLEADA.....</b>	<b>5</b>
<b>ANEXO 4. FORMATO DE LA ENTREVISTA REALIZADA EN PASO CABALLOS.....</b>	<b>9</b>
<b>ANEXO 5. PRUEBAS DE Chi<sup>2</sup>.....</b>	<b>12</b>
<b>ANEXO 6. ARTÍCULO SOMETIDO A LA REVISTA INDEXADA.....</b>	<b>16</b>

---

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. PRINCIPALES ACUERDOS DE COOPERACIÓN RELACIONADOS CON LOS INCENDIOS FORESTALES Y EL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN PASO CABALLOS. ....	12
CUADRO 2. RELACIÓN ESPERADA ENTRE LA DEFORESTACIÓN E INDICADORES DEMOGRÁFICOS, INSTITUCIONALES, SOCIOECONÓMICOS Y ECOLÓGICOS.....	14
CUADRO 3. SUPERFICIE AFECTADA POR INCENDIOS EN 1998, 2003 Y 2005 EN EL OESTE DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MAYA.....	15
CUADRO 4. IMÁGENES EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE INCENDIOS DE PASO CABALLOS.....	26
CUADRO 5. DEFORESTACIÓN E INCENDIOS FORESTALES EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MAYA.....	36

---

CUADRO 6. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ESPACIAL ENTRE LA DEFORESTACIÓN Y LOS INCENDIOS FORESTALES PARA LOS TRES PERIODOS DE ESTUDIO EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE.....	39
CUADRO 7. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE FAMILIAS, LA DEFORESTACIÓN Y LOS INCENDIOS EN 10 COMUNIDADES DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE.....	43
CUADRO 8. ANÁLISIS DE EXACTITUD DE LOS MAPAS GENERADOS PARA PASO CABALLOS.....	44
CUADRO 9. DEFORESTACIÓN OCURRIDA EN 1997-2000 SEGÚN LA PENDIENTE DEL BOSQUE DE LAS PARCELAS DE PASO CABALLOS.....	47
CUADRO 10. DEFORESTACIÓN EN 1997-2000 SEGÚN LA DISTANCIA DEL HOGAR A LA PARCELA PARA PASO CABALLOS.....	47
CUADRO 11. BOSQUE AFECTADO POR INCENDIOS EN 1998 SEGÚN LA DISTANCIA DE LA PARCELA AL HOGAR EN PASO CABALLOS.....	49
CUADRO 12. BOSQUE AFECTADO POR INCENDIOS EN 1998 SEGÚN LA PENDIENTE DEL BOSQUE DE LAS PARCELAS DE PASO CABALLOS.....	50
CUADRO 13. DEFORESTACIÓN DESPUÉS DE LOS INCENDIOS DE 1998 Y 2003 EN PASO CABALLOS.....	51
CUADRO 14. DIFERENCIA DE MEDIAS DE SUPERFICIE DEFORESTADA SEGÚN LA PENDIENTE DEL BOSQUE DEFORESTADO Y SEGÚN LA PROPORCIÓN DE BOSQUE AFECTADO POR INCENDIOS.....	53
CUADRO 15. DIFERENCIA DE MEDIAS DE SUPERFICIE DEFORESTADA SEGÚN LA DISTANCIA DE LA PARCELA AL HOGAR Y SEGÚN LA PROPORCIÓN DE BOSQUE AFECTADO POR INCENDIOS.....	54
CUADRO 16. RELACIÓN ENTRE LA DEFORESTACIÓN, INCENDIOS Y VARIABLES DEL CONTEXTO FAMILIAR.....	60
CUADRO 17. VALORES MEDIOS REPORTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA SEGÚN LA PREFERENCIA POR DEFORESTAR UN BOSQUE AFECTADO POR INCENDIOS O UNO LIBRE DE INCENDIOS EN 1997-2003.....	60
CUADRO 18. VALORES MEDIOS REPORTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA SEGÚN LA PREFERENCIA POR DEFORESTAR UN BOSQUE AFECTADO POR INCENDIOS O UNO LIBRE DE INCENDIOS EN 2003-2006.....	61

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. RELACIÓN ENTRE LOS INCENDIOS FORESTALES, LA DEFORESTACIÓN Y EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	7
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA RESERVA DE BIÓSFERA MAYA Y DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE .....	10
FIGURA 3. LOCALIZACIÓN DE LA UNIDAD DE MANEJO COMUNITARIO PASO CABALLOS .....	11
FIGURA 4. SUPERFICIE DE DEFORESTACIÓN ANUAL EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE EN EL PERIODO 1986 A 2005. DATOS DEL CENTRO DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE CONAP – CEMEC 2005 .....	13
FIGURA 5. BOSQUE AFECTADO POR LOS INCENDIOS DE 1998, 2003 Y 2005 EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MAYA. MAPA ELABORADO POR CEMEC 2005 .....	16
FIGURA 6. PERIODOS DE DEFORESTACIÓN DESPUÉS DE LOS INCENDIOS FORESTALES DE 1998 Y 2003.....	19
FIGURA 7. LOCALIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES ANALIZADAS EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE.....	22
FIGURA 8. MODELO ELABORADO PARA OBTENER EL ÍNDICE NORMALIZADO DE INCENDIOS NDBR .....	25
FIGURA 9. RECORRIDOS DE CAMPO Y ENTREVISTAS REALIZADAS EN PASO CABALLOS.....	28
FIGURA 10. GEOREFERENCIACIÓN DE FOTOGRAFÍAS REALIZADO EN TRABAJO DE CAMPO EN PASO CABALLOS. ....	30
FIGURA 11. CROQUIS ELABORADO DURANTE RECORRIDOS DE PARCELAS EN PASO CABALLOS DURANTE EL TRABAJO DE CAMPO .....	31
FIGURA 12. REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE UNA PARCELA .....	32
FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE BOSQUE Y BOSQUE AFECTADO POR INCENDIOS EN LOS TRES PERIODOS DE ANÁLISIS EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE.....	38
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS DE ACUERDO AL ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN DE LA DEFORESTACIÓN PARA IDENTIFICAR EN DONDE OCURRE LA DEFORESTACIÓN POST-INCENDIO, EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE. ....	40



---

FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES SEGÚN LA PROPORCIÓN DE DEFORESTACIÓN EN ÁREAS DE BOSQUE AFECTADO POR INCENDIOS Y EN ÁREAS LIBRES DE INCENDIOS FORESTALES. ....	41
FIGURA 16. COMPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES DEFORESTADAS, AFECTADAS POR INCENDIOS Y DEFORESTADAS EN BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS EN 10 COMUNIDADES DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE, DE ACUERDO A LA PRESENCIA DE ACUERDOS DE COOPERACIÓN DURANTE 1997-2003 Y 2003-2005. ....	42
FIGURA 17. COMPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES DEFORESTADAS, AFECTADAS POR INCENDIOS Y DEFORESTADAS EN BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS EN 10 COMUNIDADES DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE, DE ACUERDO A LA PRINCIPAL ACTIVIDAD ECONÓMICA DURANTE 1997-2003 Y 2003-2005. ....	43
FIGURA 18. BOSQUE DEFORESTADO ENTRE 1997 Y 2006 EN PASO CABALLOS .....	46
FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE BOSQUE Y BOSQUE AFECTADO POR INCENDIOS EN LOS TRES PERIODOS DE ANÁLISIS EN PASO CABALLOS .....	49
FIGURA 20. ÍNDICES DE CONCENTRACIÓN DE DEFORESTACIÓN PARA PASO CABALLOS .....	52

---

## RESUMEN

Los incendios forestales han sido descritos como detonantes de procesos de deforestación en algunos bosques tropicales. En el Parque Nacional Laguna del Tigre, el gobierno sostiene que los campesinos que viven en el Parque aprovechan del bosque afectado por incendios forestales para aumentar la superficie de cultivos. En esta investigación analizamos, en dos escalas complementarias regional y local, si los incendios forestales desencadenan la deforestación. Empleamos sistemas de información geográfica que permiten identificar en dónde ocurrieron los incendios forestales de 1998 y 2003 y qué proporción de éstos fue deforestada. Las entrevistas y recorridos de campo realizadas, permiten complementar el análisis proporcionando elementos explicativos de los patrones observados. En la región identificamos que de las 66,000 ha de bosque afectado para el incendio de 1998, solamente 1% fue posteriormente deforestado y para el incendio de 2003 fueron afectadas 83,000 ha de bosque de las cuales se deforestó el 4%. En la escala local constatamos que existe un interés por parte de los campesinos para prevenir los incendios forestales ya que estos ocasionan impactos negativos directos en sus cosechas, su salud y especies de importancia de su parcela. Sugerimos que las políticas se orienten a la generación de incentivos para que un mayor número de campesinos que viven en el Parque se interesen en la prevención de incendios forestales. No hay que olvidar que los habitantes del parque toman decisiones sobre cómo emplear el suelo en función del contexto en el que viven.

### Palabras clave

Decisiones humanas, Reserva de Biósfera Maya, Paso Caballos, colonización de bosques tropicales, conflicto conservación–desarrollo

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas están modificando la superficie de la tierra a un ritmo y magnitud sin precedentes (Lambin *et al.*, 2001). Esto genera cambios ambientales con repercusiones locales y regionales tales como la fragmentación del bosque, el aumento del riesgo a incendios forestales y la modificación del clima de una región (Dale 1997). En América Latina, la deforestación de bosques tropicales se relaciona con la expansión de la agricultura y la ganadería (Geist y Lambin 2001). En muchos de estos bosques se utiliza el fuego para eliminar la cubierta arbórea y limpiar el terreno para establecer las áreas de cultivo y pastizales (Sorrensen 1998). En algunos casos el fuego se descontrola y escapa afectando los bosques cercanos (Nepstad *et al.*, 1999). Tal es el caso de Petén, donde cada vez son más comunes los incendios en áreas abiertas, especialmente en pastizales, que penetran en los bosques adyacentes (Whitacre *et al.*, 1995).

Las condiciones para que ocurra un incendio se propician tanto por el hombre como por la naturaleza. Durante las sequías extremas se reduce la disponibilidad de agua para las plantas arbóreas y leñosas, lo cual provoca la pérdida foliar y desecación (Uhl y Kauffman 1990). Estas se convierten en material combustible que, sumadas a las condiciones generales de sequía, favorecen los incendios forestales. Lo descrito anteriormente provocó los incendios forestales de 1998 que afectaron la Selva Maya (CONAP 2001).

En la parte sur de la Selva Maya, en la Reserva de la Biósfera Maya (RBM), localizada en el departamento de Petén, Guatemala, ocurrieron tres fuertes periodos de incendios en los últimos 10 años, en 1998, 2003 y 2005. Estos incendios causaron daños en la cubierta vegetal, provocaron desplazamientos de fauna por pérdida de hábitat, desgastaron los sitios arqueológicos y afectaron la salud humana (CONAP 2001). Los incendios forestales que afectaron la RBM ocurrieron principalmente en el oeste de la misma, donde se encuentran los Parques Nacionales Sierra de Lacandón y Laguna del Tigre.

---

De acuerdo al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) la causa principal de origen humano de los incendios forestales son los descuidos que tienen los campesinos en sus prácticas agrícolas de roza-tumba-quema:

“La pérdida de control de las quemas durante este proceso (RTQ) provoca incendios forestales, que pueden alcanzar grandes magnitudes, lo cual repercute en la pérdida de las masas boscosas. Los incendios forestales en la RBM no sólo producen impacto negativo directo en los ecosistemas y el patrimonio cultural, sino también generan condiciones propicias para la colonización de zonas devastadas por el fuego, disminuyen las cantidades existentes de recursos forestales económica y socialmente importantes (xate, por ejemplo), crean impactos sobre la salud humana (aspiración constante de humo, invasión de roedores en asentamientos) y generan deterioro sobre los vestigios arqueológicos.” (CONAP 2001)

Durante el proceso de declaratoria de la RBM no se contempló la participación de la población local, quienes fueron los últimos en enterarse de las diferentes decisiones tomadas a nivel de estado (Soza, 1996). En 1990, cuando se declaró la RBM, se concebía este espacio como un conjunto de grandes parques prístinos y deshabitados. Esta concepción no era conciliable con la dinámica migratoria y colonizadora bajo la que se encontraba el departamento de Peten, que fungía como la válvula de escape para sanar las dificultades de acceso a la tierra que se daban en otras partes del país (Monterroso 2006). El conflicto entre conservación y dinámica poblacional fue más grave aún en los Parques Nacionales, que corresponden a las zonas núcleo de la reserva, ya que estas quedaron contempladas para la conservación de biodiversidad y preservación de ecosistemas. Las comunidades que se encontraban dentro de ésta debían ser reubicadas (CONAP 2006a).

Después una serie de actos violentos por parte de los campesinos dentro del Parque Nacional Laguna del Tigre (PNLT), como la quema de la Estación Biológica Las Guacamayas y el secuestro

---

de trabajadores de esta estación (Corzo, Obando y Schwartz 2001), las instituciones se ven obligadas a negociar con los colonizadores la permanencia de las comunidades. Como resultado se firman acuerdos de cooperación entre las comunidades, el CONAP y la municipalidad correspondiente. De esta manera se reconoce la presencia de siete comunidades en el PNLT. Con estos acuerdos, se delimita el territorio de las comunidades y se acuerda entre otros, el trabajo conjunto para la reducción de la deforestación, los incendios y la inmigración hacia el parque (ProPetén 2004). No queda claro porqué solamente se firmaron acuerdos para 7 de 10 comunidades presentes en 1998. En las 15 comunidades que aparecieron en el parque posteriormente, no hubo este tipo de negociación, lo cual representa un cambio en la política de CONAP. Ante la carencia de acuerdos, en estas nuevas comunidades prevalecen mecanismos informales de tenencia de la tierra a través de agarradas, un sistema de apropiación y tenencia ilegal de la tierra que consiste en limpiar un terreno para trabajar agricultura y ganadería (Monterroso 2006).

La situación en los parques nacionales de la RBM es compleja por los conflictos relacionados con la colonización y avance de la frontera agrícola, donde CONAP señala que los incendios forestales podrían favorecer estos procesos. En otras regiones tropicales los incendios forestales han sido descritos como detonantes sociales o ambientales que propician los procesos de deforestación (Geist y Lambin 2002) específicamente en algunos bosques tropicales de Mato Grosso, Brasil (Eva y Lambin 2000) la República Central Africana (Bucini y Lambin 2002), Amazonia (Cochrane y Laurance 2002), y Nicaragua (Griffith 2004). Eva y Lambin (2000) analizaron la relación entre los incendios y la deforestación a escala de paisaje empleando sistemas de información geográfica y encontraron una correlación estadísticamente significativa entre estas dos variables; aunque señalan que la deforestación no siempre se encuentra asociada a incendios, por lo que los incendios no pueden ser considerados indicadores de “hot spots” de deforestación. Una de las sugerencias que resultan de algunos estudios que analizan la correlación espacial de los incendios forestales y el cambio de uso del suelo a escala regional (Ehrlich, Lambin y Malingreau 1997) y a escala de paisaje (Eva y Lambin 2000 y Bucini y Lambin

---

2002), es incorporar un estudio local que integre datos espacialmente desagregados de uso del suelo y socioeconómicos que permitan comprender cómo los usuarios de la tierra deciden utilizar su espacio, de esta manera, se aumentaría el poder explicativo del análisis (Bucini y Lambin 2002).

En este trabajo se analiza si los incendios forestales desencadenan la deforestación y si una vez que un bosque es afectado por incendios los campesinos lo deforestan. Al aportar elementos al debate sobre los efectos de los incendios en la deforestación, se puede discutir sobre el origen de los mismos. La investigación se desarrolló en dos escalas geográficas: región y comunidad, empleando sistemas de información geográfica, entrevistas y recorridos de campo. Los primeros permiten identificar en dónde ocurrieron los incendios forestales de 1998 y 2003 y qué proporción de éstos fue deforestada. El análisis explicativo de estas observaciones se llevó a cabo con datos de la escala local, obtenidos mediante entrevistas y recorridos de campo. De esta manera se identifican las causas por las cuales un campesino decide deforestar un bosque afectado por incendios o decide conservarlo. En la escala local se analizó adicionalmente la relación que tienen la deforestación y los incendios con la pendiente del terreno y la distancia del hogar a la parcela. Se controlaron estas variables en los diseños estadísticos para analizar la preferencia por deforestar un bosque afectado por incendios o uno libre de incendios. Finalmente se analizó si la edad del jefe de familia, número de hijos y disponibilidad de mano de obra familiar modifican las preferencias por deforestar uno u otro tipo de bosque. Con la información y explicaciones derivadas del trabajo en la escala local se pudo re-interpretar y complementar lo observado en la escala regional.

---

## 1.1. ANTECEDENTES

### 1.1.1. DEFORESTACIÓN, INCENDIOS Y CAMBIO CLIMÁTICO EN BOSQUES TROPICALES

Existe una retroalimentación positiva entre los incendios, la deforestación y el cambio climático en los bosques tropicales (Hoffmann, Schroeder y Jackson 2003). La deforestación tiene un impacto en el calentamiento atmosférico de una región ya que al eliminar la cubierta boscosa se producen cambios en los flujos de energía de la tierra a la atmósfera. Se libera CO<sub>2</sub>, se reduce la evapotranspiración, disminuye la formación de nubes y la precipitación por lo que aumenta la aridez (Dale 1997). Así mismo, la deforestación modifica el albedo, la proporción de luz reflejada y absorbida por la tierra (Hoffmann, Schroeder y Jackson 2003), debido a que se reduce la complejidad estructural de la vegetación (Dickinson y Kennedy 2002). De tal suerte, al eliminar el bosque, la cubierta vegetal que lo sustituye emite una mayor reflectancia; esta energía adicional es retenida en la atmósfera, generando así más calor (Figura 1).

Por otra parte la deforestación y fragmentación del bosque tiene un efecto en la incidencia de incendios. La susceptibilidad a incendios depende de la estructura de la vegetación (altura, cobertura del dosel y estructura del sotobosque), ésta determina el microclima del área (de Negreiros *et al.*, 1996). La existencia de claros naturales o de bosques fragmentados propician la pérdida de humedad haciéndolos más susceptibles al fuego (Cochrane *et al.*, 1999, Tacconi, Moore y Kaimowitz 2006). El aumento de la temperatura, la reducción de la precipitación y la prolongación de las sequías favorecen la frecuencia e intensidad de incendios. Estos cambios climáticos reducen la humedad relativa de los bosques y los convierten en material combustible (Running 2006). Por otra parte los incendios se encuentran relacionados con años de intensas sequías y al fenómeno del niño (Uhl 1998). En la selva de Quintana Roo Snook (1998) reporta que los incendios forestales se presentan después de los años de huracanes. Las fuertes corrientes de viento botan las hojas, las ramas y los árboles, y una vez que este material se seca constituye abundante combustible para los incendios. Estos incendios asociados a huracanes en Quintana Roo ocurrieron en 1945, 1975 y 1990 (López-Portillo *et al.*, 1990).

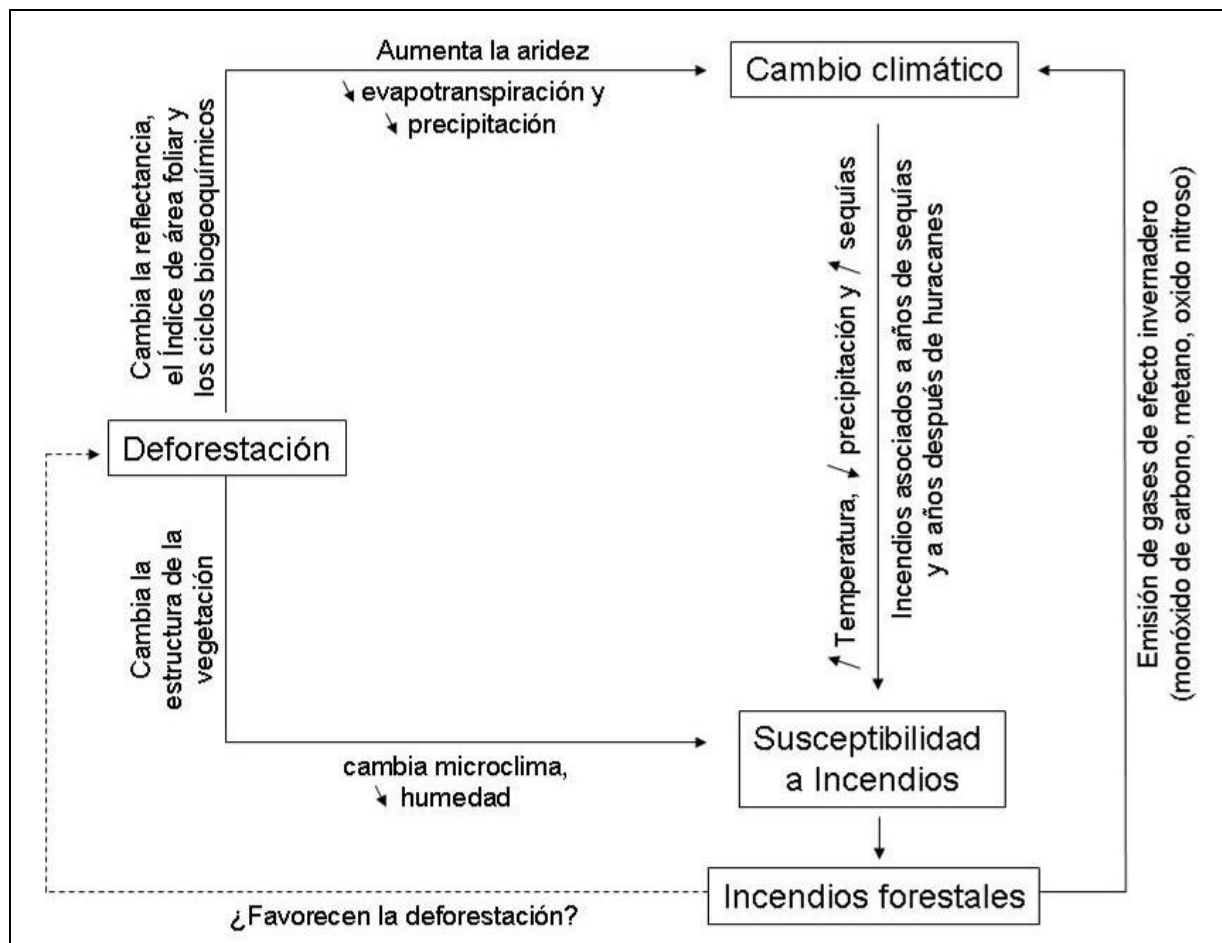


Figura 1. Relación entre los incendios forestales, la deforestación y el cambio climático  
Fuente: elaborado a partir de Dale 1997, Hoffmann, Schroeder y Jackson 2003 y Alencar  
Nepstad y Moutinho 2005.

Los incendios forestales contribuyen a su vez al cambio climático ya que cuando se queman los bosques, se emite el carbono que fue fijado en la vegetación (Alencar, Nepstad y Moutinho 2005). Durante los incendios se expulsa a la atmósfera monóxido de carbono, metano y óxido nítrico (Taconni, Moore y Kaimowitz 2004), todos gases de efecto invernadero que retienen el calor en el planeta, retroalimentando así los procesos de calentamiento global (Hoffmann, Schroeder y Jackson 2003). A lo largo de este documento describiremos y analizaremos la interacción entre los incendios forestales y la deforestación.



---

### 1.1.2. DECISIONES HUMANAS SOBRE EL USO DEL SUELO

Los cambios de uso del suelo son resultado de una decisión: la forma como un usuario de la tierra decide emplear el suelo. Los procesos y patrones de cambio en la cubierta vegetal identificados en la escala regional son resultado de modificaciones del uso del suelo por parte de las personas que viven o trabajan en esas áreas. Estos sujetos, sean individuos o grupos organizados, sean campesinos o industrias, son los actores de la escala local cuyos patrones espaciales se identifican en escalas superiores (VanWey, Meretsky y Ostrom 2005).

Las decisiones sobre cómo emplear el suelo están condicionadas directamente por el ciclo de vida familiar (Perz y Walker 2002 y Carr 2005), el contexto biogeofísico (Sorrensen 1998), la experiencia individual y conocimiento del actor (VanWey, Meretsky y Ostrom 2005). Por otra parte, las decisiones de uso del suelo pueden verse influenciadas por las políticas económicas (Sorrensen 1998), políticas de ordenamiento territorial, la incidencia de incendios (Gould, Carter y Shrestha 2006) y las presiones migratorias (Carr 2005). Debido a la heterogeneidad espacial de las parcelas y las familias que dependen de éstas es necesario analizarlas de manera desagregada para encontrar relaciones explicativas a nivel de hogar (Rindfuss *et al.*, 2004).

Las decisiones humanas no solamente se rigen por el contexto de cada individuo. Existen también formas de acción colectiva. La teoría de la acción colectiva es uno de los pilares en donde se fundamentan los estudios que intentan explicar las dificultades que surgen en los procesos de cooperación entre individuos para alcanzar fines comunes (Ostrom y Nagendra 2006). Un ejemplo de organización colectiva son las reglas que especifican los derechos y las regulaciones de los participantes sobre un recurso, como el bosque; o una acción como la prevención de incendios forestales. La historia de la comunidad, la localización geográfica con relación a centros urbanos y caminos, las tendencias demográficas, factores socioeconómicos, normas culturales seguidas, grado de heterogeneidad cultural y oportunidades educativas inciden en la habilidad de una comunidad para crear y mantener formas de organización efectivas en el manejo de recursos naturales (VanWey, Meretsky y Ostrom 2005).

---

## 1.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 1.2.1. LA RESERVA DE BIÓSFERA MAYA Y EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE

La Reserva de la Biósfera Maya (RBM), una de las áreas protegidas que componen la Selva Maya, tiene una extensión de 2,112,940 ha, en donde se resguarda una amplia diversidad de ecosistemas naturales, algunos íntegros y únicos (CONAP 2001). La RBM tiene la función de mantener la conectividad con otras áreas naturales que conforman la Selva Maya en México y Belice. Esta reserva se encuentra zonificada en zonas núcleo (Parques Nacionales y Biotopos Protegidos) que corresponden a 36% de la extensión de la reserva, zona de uso múltiple, en donde se encuentran concesiones forestales comunitarias y corresponde a 40% de la reserva y la zona de amortiguamiento que representa 24% de la reserva (Figura 2).

El Parque Nacional Laguna del Tigre (PNLT) y el Biotopo Laguna del Tigre-Río Escondido suman una extensión de 335,080 ha, en donde se encuentra el sistema de humedales más grande de Centro América, declarado de importancia internacional por la convención de Ramsar (CONAP 2006a). El hábitat predominante es el bosque de transición entre humedales y bosque alto, que ocupa aproximadamente el 55% del parque. Cerca de 30% del área está compuesta por sabanas inundables y pantanos, mientras que el resto se compone de bosque alto y unos pequeños relictos de encino (*Quercus oleoides*) (CONAP: 2006a).

En este parque se encuentran áreas de anidamiento y refugio de diversas especies como la guacamaya roja (*Ara macao*), jaguar (*Panthera onca*), tortuga blanca (*Dermatemys mawii*) y cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*) así como más de 66 sitios arqueológicos (CONAP 2006a). El parque cuenta con una zona de uso especial, en donde se encuentran los asentamientos más grandes (18 asentamientos humanos de un total de 25); una zona intangible donde se encuentran los sistemas naturales menos perturbados y una zona de recuperación, fundamental para recuperar la conectividad y viabilidad de los procesos ecológicos de la zona (CONAP 2006b).

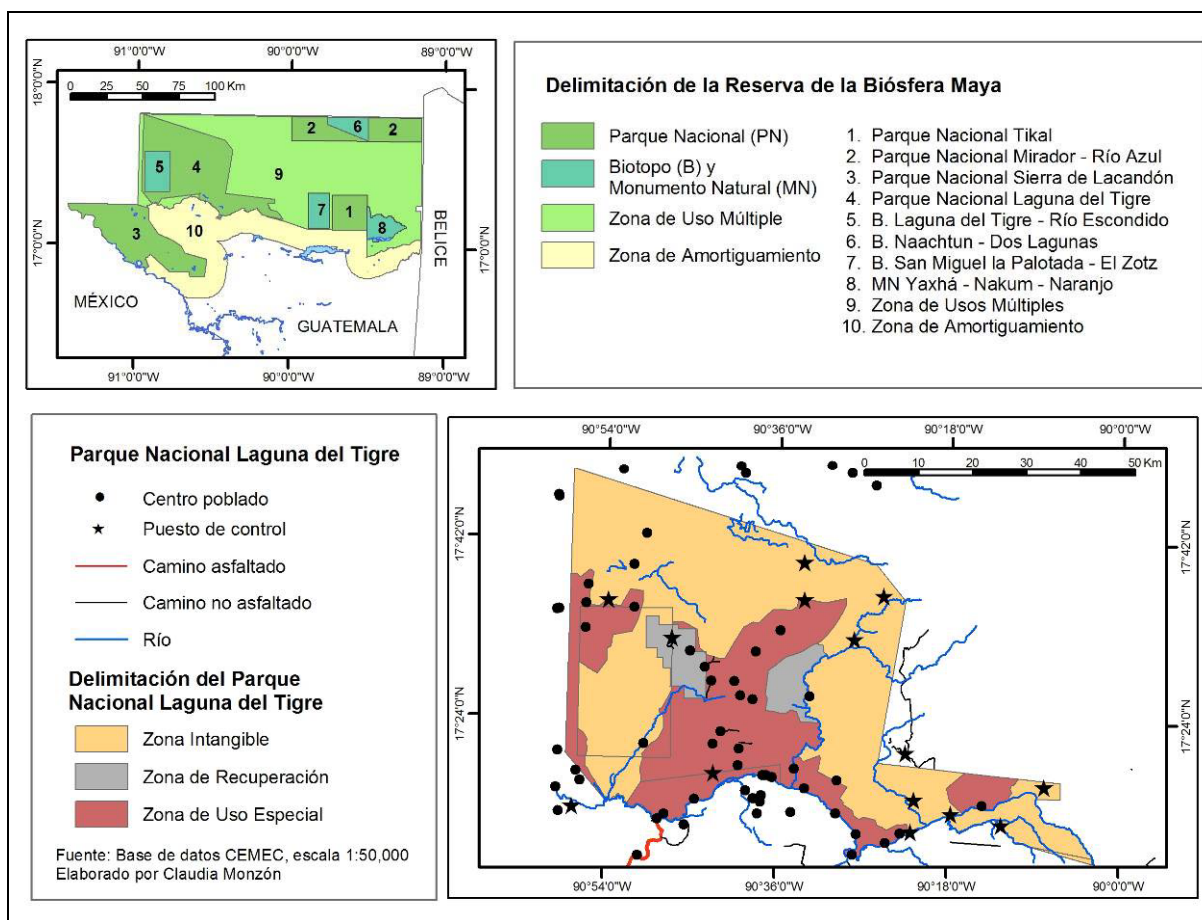


Figura 2. Localización y zonificación de la Reserva de Biósfera Maya y del Parque Nacional Laguna del Tigre

### 1.2.2. UNIDAD DE MANEJO COMUNITARIO PASO CABALLOS

La comunidad seleccionada para realizar el análisis a escala local fue la Unidad de Manejo Comunitario de Paso Caballos (90°14'14" W, 17°15' 40' N). Ésta se localiza dentro del PNLT en el municipio de San Andrés a 73 Km. al noroeste de Flores, cabecera departamental de Petén (Figura 3). En esta área se encuentran dos tipos de bosques, los bosques de serranía y los bosques en planicie aluvial o intercolinar. Los primeros se localizan entre 300 y 635 msnm y tienen un dosel superior comprendido entre 6 y 20 metros de altura. Este bosque se caracteriza por la presencia de cedro (*Cedrella odorata*) como especie dominante, asociada con otras especies latifoliadas como ramón (*Brosimum alicastrum*) y composiciones arbustivas (CONAP 2001). El bosque en planicie se localiza en colinas o áreas aluviales entre 200 y 300 msnm,

donde las especies arbóreas latifoliadas alcanzan alturas comprendidas entre 6 y 40 m. Los bosques altos en planicie o colina cuentan con asociaciones que incluyen especies meliáceas, principalmente caoba (*Swietenia macrophylla*) y ramón (*Brosimum alicastrum*), mientras que los bosques de estatura media se caracterizan por especies arbóreas como tzol (*Blomia prisca*), yaxnic (*Vitex gaumeri*) y pimienta (*Pimenta dioica*). Los bosques altos y medios incluyen otras especies como arbóreas (*Inga sp*, *Amyris selvatica*), herbáceas (*Claudium jamaicense*, *Phragmites australis*) y palmas (*Chamaedorea spp*, *Sabal spp*) (CONAP 2001). En esta zona del Parque se encuentran los pocos rodales de encino (*Quercus oleoides*) de la RBM. La vegetación asociada a estos sistemas incluye especies como pucté (*Bucida buceras*) y tinto (*Haematoxylum campechianum*) (Bestelmeyer et. al 2000).

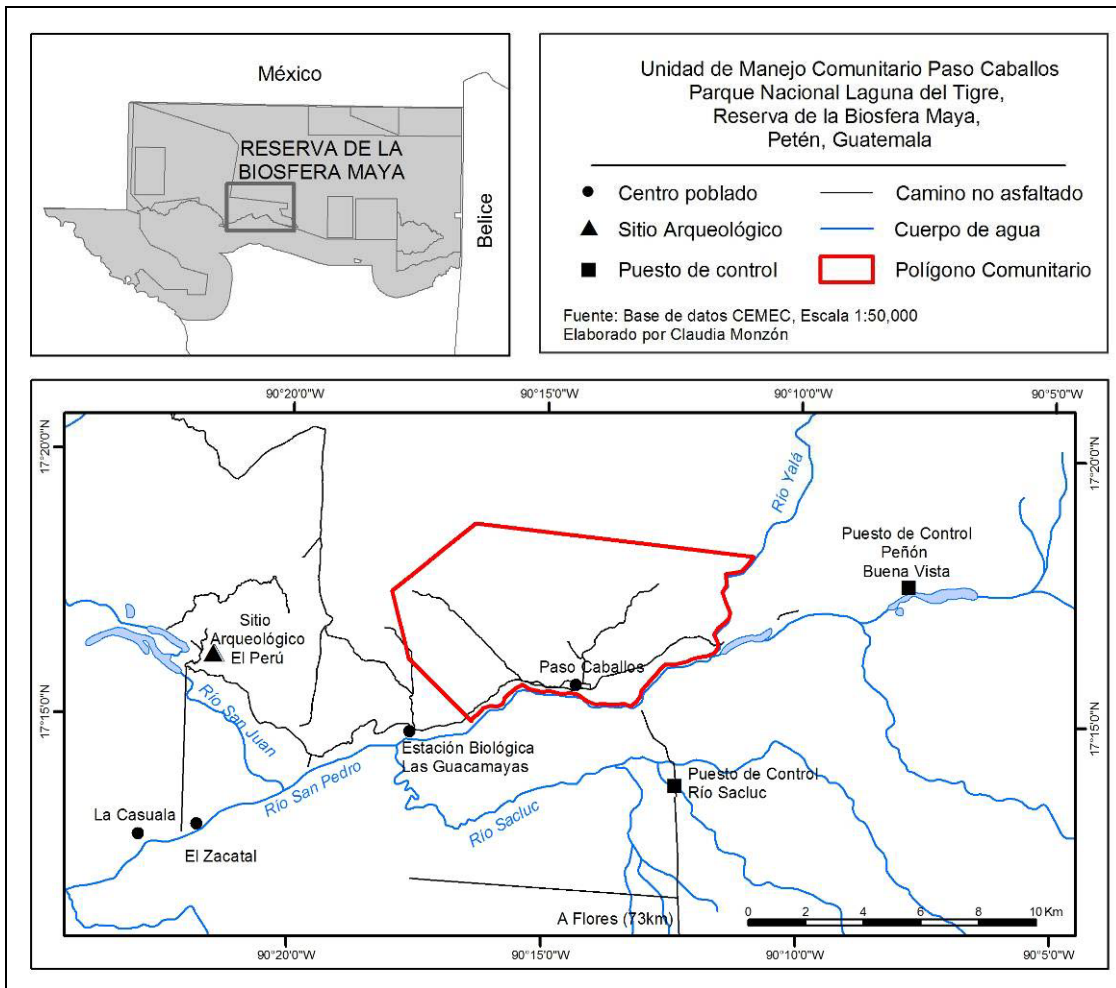


Figura 3. Localización de la Unidad de manejo comunitario Paso Caballos

En 1994 ingresó la primera familia a Paso Caballos, luego de un periodo de despoblamiento atribuido, entre otros, al conflicto armado interno en Guatemala (1960–1996). Actualmente hay cerca de 160 familias de origen Q’ekchi, procedentes del sur de Petén, Izabal y Alta Verapaz. Paso Caballos es una de las 7 comunidades del PNLT que tiene acuerdo de cooperación (Cuadro 1), con el cual se delimitaron 112 parcelas agrícolas para los jefes de familia quienes se comprometieron a involucrarse en un proceso de participación en la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Cuadro 1 presenta una síntesis de los acuerdos relacionados con el uso del suelo, los derechos sobre la tierra, los desplazamientos humanos y las actividades a realizarse en coordinación con el CONAP.

Cuadro 1. Principales acuerdos de cooperación relacionados con los incendios forestales y el cambio de uso del suelo en Paso Caballos.

Tema	Actividades correspondientes
Uso del suelo	Respetar el polígono asignado que le corresponde administrar a la comunidad así como apoyar en la demarcación del mismo Mantener limpia la brecha del polígono y la de las posesiones individuales Respetar las áreas boscosas vecinas al polígono al no exceder el límite del polígono acordado Contar con una reserva forestal que deberá ser mayor a 20% del total asignado a cada familia y cuyos usos estarán definidos en el Plan de Manejo.
Derechos sobre la tierra	Queda terminantemente prohibida la venta, cesión o arrendamiento de las tierras asignadas individual o colectivamente, bajo cualquier tipo de transacción
Desplazamientos humanos	Evitar el ingreso de personas con fines de asentarse en la zona asignada o en la zona de influencia aledaña a su polígono
Coordinación con CONAP	Apoyar en las actividades de control y vigilancia del PNLT siempre que estos sean convenios de mutuo acuerdo.

Fuente: Extraído de los acuerdos de cooperación de Paso Caballos, en Taller de socialización, unidad de manejo comunitario Paso Caballos, San Andrés, Petén 2004.

### 1.2.3. DEFORESTACIÓN

El Centro de Monitoreo y Evaluación de CONAP – CEMEC– cuenta con registros de la deforestación de la RBM desde 1986. En el caso particular del Parque Nacional Laguna del Tigre se observa que hasta 1995 la deforestación anual era inferior a 1,000 ha, y que después del año 2001 hubo un fuerte aumento que alcanzó su máximo en 2004, cuando se deforestaron más de 6,000 ha en ese año (Figura 4). Este incremento se asocia con una reducción de la presencia institucional dentro del área. De acuerdo a CONAP, esto provocó un aumento de la inmigración hacia el parque: se asentaron 7 comunidades adicionales, 3 dentro de la zona de uso especial y 4 dentro de la zona intangible (CONAP 2006b). La disminución que se observa después del 2004 se asocia a una mayor regulación por parte del Estado que ocurre después de la declaración de “Emergencia Nacional de la restauración, conservación y protección del Parque Nacional Laguna del Tigre” (Hurtado 2005).

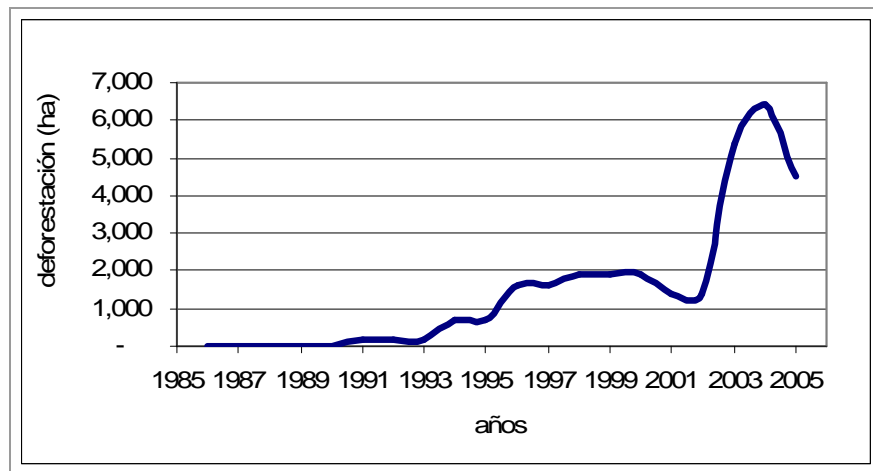


Figura 4. Superficie de deforestación anual en el Parque Nacional Laguna del Tigre en el periodo 1986 a 2005. Datos del Centro de Monitoreo y Evaluación de CONAP – CEMEC 2005

A nivel de hogar se definen asociaciones entre la pérdida de cobertura boscosa y variables demográficas, institucionales, socioeconómicas y ecológicas (Caldas, Walter y Perz 2002, Tucker *et al.*, 2005, Turner *et al.*, 2001, Carr 2005, Pichón 1997). Estas relaciones fueron identificadas en ciertas escalas de tiempo y espacio, por lo que es probable que no se repitan de la misma manera en otros lugares o en otro momento. En todo caso, sugieren una tendencia del comportamiento de la deforestación con relación a distintas variables. En aquellas parcelas en

las que se presenten condiciones propicias para los cultivos, tales como la calidad del suelo, la topografía o el drenaje adecuados, se espera una mayor deforestación. La distancia es un factor que también influencia en la decisión sobre cómo usar el suelo; las parcelas que se encuentren muy alejadas del hogar o de un camino transitable tenderán a ser menos deforestadas y por tanto mantener un cubierta boscosa más elevada que las parcelas cercanas al hogar o caminos. Existen otros factores socioeconómicos como el grado de escolaridad, la etnia y la posibilidad de contar con fuentes adicionales a la agricultura que también se relacionan con la deforestación. Es importante señalar que no siempre se debe esperar una respuesta lineal. Por ejemplo en el caso del tiempo de uso de la parcela se puede esperar que en un momento dado la superficie deforestada se mantenga o incluso se reduzca debido a las estrategias que los productores pueden desarrollar con el tiempo y habituación a su espacio (Hernández 1959). El Cuadro 2 presenta algunas de éstas relaciones.

Cuadro 2. Relación esperada entre la deforestación e indicadores demográficos, institucionales, socioeconómicos y ecológicos

Indicador	Deforestación	Indicador	Deforestación
<u>Características de la parcela</u>		<u>Factores socioeconómicos</u>	
Tamaño de la parcela	Aumenta	Grado de escolaridad	Se reduce
Distancia a la carretera	Se reduce	Posee motosierra	Aumenta
Distancia al hogar	Se reduce	Trabajo fuera de la parcela	Se reduce
Tiempo de uso	Aumenta	Renta la tierra	Se reduce
<u>Factores ecológicos</u>		<u>Factores demográficos</u>	
Pendiente del terreno	Se reduce	Tamaño del hogar	Aumenta
Calidad del suelo	Aumenta	Inmigración	Aumenta
Drenaje del suelo	Aumenta	Número de personas que trabajan la tierra	Aumenta
<u>Factores institucionales</u>			
Contacto previo con ONG	Se reduce		
Tenencia de la tierra indefinida	Aumenta		

Fuente: Modificado a partir de Carr 2005 y VanWey, Meretsky y Ostrom 2005

#### 1.2.4. INCENDIOS FORESTALES

La Reserva de la Biósfera Maya fue afectada por los incendios de 1998, 2003 y 2005; en cada uno de estos años se quemaron más de 375,000 ha de bosques y humedales lo que corresponde a 19% de la Reserva (CEMEC 2005). La zona más afectada de la región es el oeste de la RBM, donde se encuentra el Parque Nacional Laguna del Tigre y el Parque Nacional Sierra de Lacandón (Figura 5). Las áreas prácticamente libres de incendios se encuentran en las concesiones forestales comunitarias y Parques Nacionales Tikal, Mirador-Río Azul y Yaxhá-Nakúm-Naranjo al este de la Reserva. Por otra parte en la Figura 5 es posible observar que algunas áreas fueron afectadas recurrentemente por los incendios.

La superficie de bosque afectada por incendios en el PNLT ha ido en aumento: en 1998, 38% de su superficie fue afectada y 58% en 2005 (Cuadro 3). Es la única zona de la Reserva que muestra esta tendencia. En 2005, más del 50% de la superficie total afectada en la Reserva de la Biósfera Maya ocurrió en el Parque Nacional Laguna del Tigre (CEMEC 2005).

Cuadro 3. Superficie afectada por incendios en 1998, 2003 y 2005 en el oeste de la Reserva de la Biósfera Maya

		Superficie afectada por el fuego en hectáreas y en porcentaje del área de cada parque		
		1998	2003	2005
Parque Nacional Laguna del Tigre	Ha	127,502	181,146	196,073
	%	38%	54%	58%
Parque Nacional Sierra de Lacandón	Ha	63,068	28,857	46,921
	%	31%	14%	23%
Zona de Amortiguamiento	Ha	110,736	108,658	90,666
	%	24%	23%	19%
Reserva de la Biósfera Maya	Ha	403,004	396,992	375,131
	%	19%	19%	18%

Fuente: Modificado a partir de datos de CEMEC (2005)



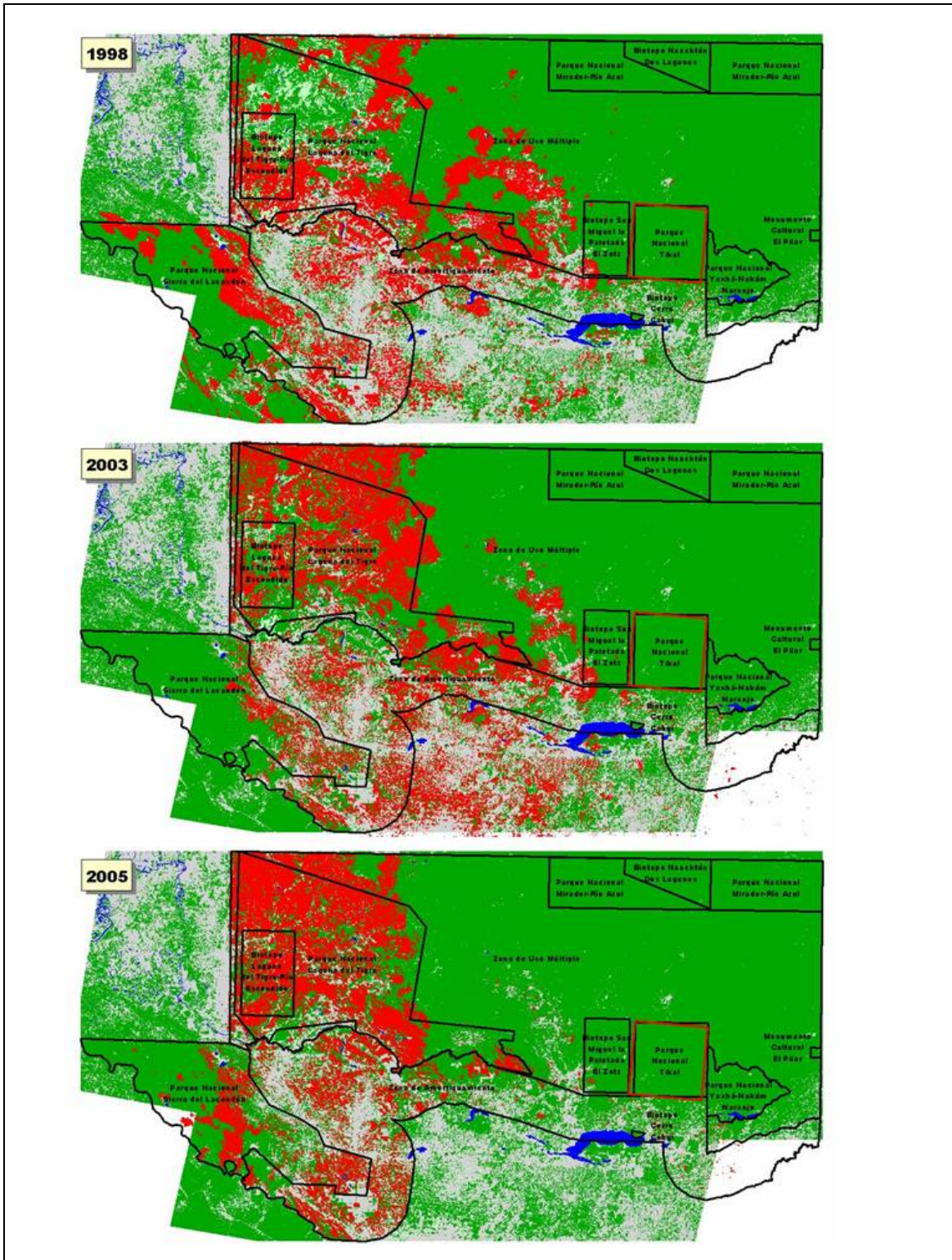


Figura 5. Bosque afectado por los incendios de 1998, 2003 y 2005 en la Reserva de la Biósfera Maya. Mapa elaborado por CEMEC 2005

---

## 2. METODOLOGÍA

Antes de la descripción de la metodología es necesario definir ciertos términos como el bosque, el cambio de uso del suelo, las quemas agrícolas y los incendios forestales. El uso del suelo es el propósito o la actividad que el humano destina a una superficie de terreno y el cambio de uso del suelo es la conversión de un uso del suelo a otro en un periodo dado (Lambin *et al.*, 2001). En esta investigación definimos la cubierta boscosa como una superficie arbórea natural continua que puede estar localizada en planicie intercolinar, planicie aluvial, en serranía o a lo largo de los ríos (CONAP 2006b). En esta investigación se estudian los bosques tropicales altos y medios. La deforestación es el caso específico de cambio de cubierta vegetal en el que el bosque primario o secundario es remplazado por otro tipo de cubierta (Turner y Meyer 1994), en esta investigación analizamos específicamente la conversión a usos agropecuarios.

En el área de estudio se emplean sistemas de roza-tumba. Este sistema involucra diferentes etapas: la selección del terreno para las actividades agrícolas, la roza (una primera fase de desmonte con machete que deja los árboles y arbustos más grandes), la tumba (consiste en cortar con hacha una parte de la vegetación más grande), la pica (proceso de distribuir la hojarasca para conseguir una quema uniforme), la elaboración de la guarda raya (perímetro libre de vegetación que impide que el fuego de la quema se escape), la quema (elimina la vegetación y la reduce a cenizas), la siembra y otras etapas relacionadas (Hernández 1959). En este sistema existe otra fase: el barbecho, acahual (en México) o guamil (en Guatemala), que corresponde a una tierra de labranza en la que no se siembra por un periodo variable de años para que esta se recupere (Hernández 1959).

Es importante destacar las diferencias que existen entre un incendio forestal y una quema agrícola. En ambas se involucra el fuego pero en las quemas agrícolas éste 1) es controlado por los campesinos que elaboran contornos libres de combustible para evitar que el fuego se escape y toman en cuenta la pendiente del terreno y los vientos para estimar la dirección posible de la

---

quema (Hernández, 1959) y 2) el fuego tiene el propósito de reducir a cenizas una cubierta vegetal (bosque primario o secundario) para destinar este espacio a la agricultura, en donde las cenizas sirven como nutrimentos para los cultivos. En esta práctica hay claramente una intencionalidad de eliminar la cubierta vegetal para cultivar el terreno temporal o permanentemente. Por el contrario, los incendios forestales originados por causas naturales o por causas humanas presentan fuegos descontrolados que afectan la cubierta boscosa (Cochrane 1999). Un incendio puede afectar en diversas intensidades a la vegetación, puede provocar un daño muy ligero, quemando solamente la hojarasca y sin afectar los árboles o puede causar la desaparición total del bosque, reduciéndolo a cenizas (Uhl 1998). Un incendio forestal no necesariamente conlleva a la destrucción del bosque.

## **2.1. DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS EN LA ESCALA REGIONAL**

### **2.1.1. EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MAYA**

Para identificar las áreas de bosque afectado por incendios y determinar si fueron deforestadas posteriormente, se utilizaron los mapas de incendio de 1998 y 2003 así como el mapa de deforestación 1986–2005 elaborados por el Centro de Monitoreo y Evaluación del Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CEMEC / CONAP (ver Anexo 1 para más detalles sobre la fuente y la calidad de la información empleada). Los mapas de incendios de 1998 y 2003 presentan las áreas quemadas de todos los sistemas naturales de la RBM – humedales, jimbales (Fam. Poaceae, Bambusaceae), bosques bajos, medios y altos–. Esta investigación se centró en los incendios en áreas boscosas, por lo que se seleccionaron solamente los incendios que ocurrieron en éstas áreas empleando como referencia el mapa de Ecosistemas Naturales de Vegetación elaborado por CEMEC en el año 1998.

Se definieron los periodos de análisis en función del año de incendio para poder analizar la deforestación posterior a los incendios forestales (Figura 6). Para evaluar los efectos del incendio de 1998 en la deforestación se analizan dos periodos 1997–2000 y 2000–2003. En el

primer periodo se incluye el año 1997, porque no se contó con imágenes de 1998 ni de 1999. Para evaluar los efectos del incendio de 2003 se delimitó el periodo de 2003 a 2005. En el año 2005 ocurrió un incendio forestal que afectó una gran superficie de la RBM, pero los efectos de éste sobre la deforestación no son analizados en este estudio debido a que la información de deforestación post-incendio no está disponible al momento del estudio.

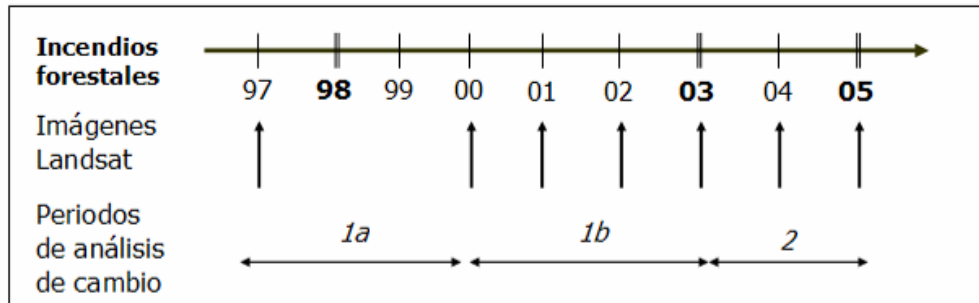


Figura 6. Periodos de deforestación después de los incendios forestales de 1998 y 2003

La información del mapa de deforestación 1986–2005 y el mapa de incendios 1998 y 2003 fue unificada para obtener un tercer mapa de deforestación de bosques afectados por incendios. Esto fue realizado por medio de un procedimiento de álgebra de mapas empleando el programa ArcGis 8.3 y su extensión de Spatial Analyst.

Se estimaron las superficies de deforestación de los bosques afectados por incendios en la Reserva de la Biósfera Maya para los periodos 1997–2003 y 2003–2005. Se agruparon los parques nacionales del Este de la Reserva (Mirador–Río Azul, Naachtún Dos Lagunas, San Miguel la Palotada–El Zotz, Tikal, Yaxhá–Nakum–Naranjo, El Pilar y Cerro Cahuí) ya que estos tienen una afectación por incendios y cambio de uso del suelo reducida, respecto a los parques del oeste de la Reserva.

---

### 2.1.2. EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE

Para analizar la asociación entre el bosque afectado por incendios y el bosque deforestado se emplearon unidades de análisis de 5x5km (n=173) tal y como lo proponen Eva y Lambin (2000). En un primer análisis, se presentan las proporciones de bosque en 1997, 2000 y 2003 con respecto del área total de la unidad, para conocer la distribución del bosque en esos años. Así mismo se presentan las proporciones de bosque afectado por incendios en 1998 con respecto del bosque presente en 1997 y 2000 y la proporción de bosque afectado por el incendio de 2003 respecto del bosque presente en 2003.

Basado en el análisis realizado por Ehrlich, Lambin y Malingreau (1997), Eva y Lambin (2000) y Buccini y Lambin (2002), se estimaron los coeficientes de correlación espacial entre los incendios forestales y la deforestación así como la correlación espacial entre los incendios de 1998 y 2003. Esto fue realizado a partir de los archivos raster de bosque afectado por incendios y bosque deforestado, empleando el programa ArcInfo 8.3/ Grid.

Por otra parte, se calculó un índice de concentración de la deforestación (ICD) que permite identificar para cada unidad, si la deforestación se concentra en los bosques afectados por incendios o en los bosques libres de incendios. Este índice consiste en hacer la resta de la proporción deforestada en bosques afectados por incendios y la proporción deforestada en bosque no afectado por incendios (Ecuación 1).

$$\text{ICD} = \frac{\text{Deforestación en bosque afectado por incendios}}{\text{Bosque afectado por incendios}} - \frac{\text{Deforestación en bosque no afectado}}{\text{Bosque no afectado por incendios}}$$

(Ecuación 1)

La concentración de la deforestación se presenta cuando el campesino deforesta una mayor proporción de un tipo de bosque. Por ejemplo en una parcela en la que se queman 5 ha de bosque de un total de 23 ha y se deforestan 3ha de bosque afectado por incendios y 3ha en bosque libre de incendios se habla de una concentración de la deforestación en los bosques

---

afectados por incendios. Aunque la superficie neta deforestada en el bosque afectado por incendios es la misma que en el bosque libre de incendios, la proporción es mucho más elevada para el bosque afectado por incendios, por lo que se habla de una concentración de la deforestación en bosques afectados por incendios.

### **2.1.3. EN LAS COMUNIDADES**

Una vez observada la distribución espacial de las superficies afectadas por incendios y las superficies deforestadas en el Parque Nacional Laguna del Tigre se procedió a seleccionar diez comunidades de éste para conocer el comportamiento específico de las comunidades con relación a la deforestación de bosques afectados por incendios (Figura 7). Tres de estas comunidades, La Lámpara, Buenos Aires y Nuevo Amanecer, no tienen acuerdos de cooperación por lo que los polígonos que las delimitan son aproximaciones sin validez legal.

Se realizó una estimación general de las proporciones de bosque deforestado en áreas afectadas por incendios y bosque deforestado en áreas libres de incendios para cada comunidad. Se realizó un análisis de la deforestación de bosques afectados por incendios en las 10 comunidades tomando en cuenta la existencia de acuerdos de cooperación en la comunidad, el tipo de actividad económica predominante y el número total de familias por comunidad. La información de estas variables fue obtenida a partir del Estudio Técnico del PNL (CONAP 2006a). En el caso de las primeras dos variables se empleó una prueba de t de diferencia de medias para determinar si la media deforestada en bosques afectados por incendios era distinta a la media deforestada en bosques libres de incendios según la presencia de acuerdos de cooperación o el tipo de actividad económica predominante. Se realizaron pruebas de correlación de Spearman para analizar la correlación entre el número de familias y 1- la deforestación, 2- la superficie de bosque afectado por incendios y 3- la deforestación de bosques afectados por incendios.

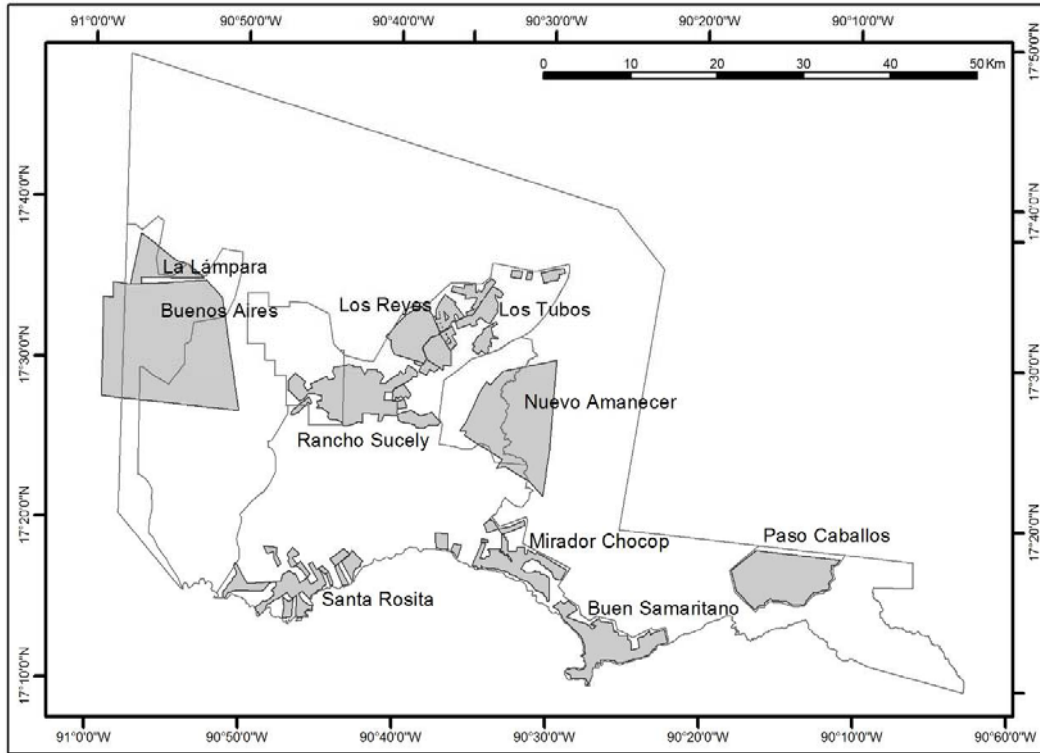


Figura 7. Localización de las comunidades analizadas en el Parque Nacional Laguna del Tigre

## 2.2. DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS EN LA ESCALA LOCAL

En esta escala se integraron los mapas de incendios, mapas de deforestación, las observaciones de los recorridos de campo y la información proveniente de las entrevistas de los usuarios de la tierra. En un primer momento se actualizó el mapa de deforestación 1986–2005 hasta el año 2006 y se elaboraron otros mapas de incendios de 1998 y 2003 con más exactitud que los existentes. A partir de éstos, se elaboró un tercer mapa de deforestación de bosques afectados por incendios. La interpretación de los resultados fue sustentada y complementada con las observaciones de los recorridos de campo y las entrevistas a los campesinos. El reto en esta escala fue integrar los beneficios de la precisión espacial y temporal de los sistemas de información geográfica con el poder explicativo de las entrevistas y del trabajo en la comunidad.

---

### 2.2.1. LA DEFORESTACIÓN EN PASO CABALLOS

Se estimó la exactitud del mapa de deforestación 1986–2005 generado por el CEMEC, para el área correspondiente a Paso Caballos. Para ello se establecieron 150 puntos al azar dentro del polígono de la comunidad empleando el programa ArcGis 8.3 y la extensión de Hawth's Analysis Tools 2002 Version 2.10. En cada sitio se identificó la cubierta vegetal mediante una interpretación visual de las imágenes Landsat. La cubierta identificada en cada sitio se comparó con la cubierta correspondiente propuesta por CEMEC. El resultado de las 150 comparaciones se colocó en una matriz de error, como la propuesta por Jensen (1996). La exactitud de ésta y todas las coberturas fue evaluada por medio de tres índices: 1– la exactitud general del mapa, 2– el análisis KAPPA y 3– un índice normalizado a través de un procedimiento de ajuste proporcional iterativo (Congalton 1991). Para ello se empleó un programa en Visual Basic generado por Congalton y Green (1999) que permite obtener estos índices al introducir los datos de la matriz de error.

Al conocer la exactitud del mapa de deforestación 1986–2005, se empleó como base de información para actualizarla al año 2006. Para ello se empleó una imagen Landsat SCL-off de 2006. Ésta presenta un problema intrínseco de todas las imágenes Landsat posteriores a Julio de 2003. El error consiste en una serie de líneas paralelas con vacíos de información cada 500m. En las orillas de la imagen el grosor de esta línea de vacío es de cerca de 15 píxeles (450m). CEMEC procesó y complementó estos vacíos con una imagen Landsat de 2003. Afortunadamente el área de Paso Caballos se ubica en la parte central de la imagen por lo que este tipo de error es menor; la línea de vacío tiene un grosor de 3 píxeles (90m).

Para la actualización del mapa de deforestación al año 2006, se codificó el mapa de deforestación 1986–2005 utilizando el programa Erdas Imagine 8.6 para obtener un mapa binario de bosque/no bosque del 2005. Se sobrepuso la cubierta de bosque del 2005 sobre la imagen del 2006 y se hizo una clasificación no supervisada de la imagen para identificar las nuevas áreas agrícolas (deforestación) así como áreas de bosque que han permanecido (bosque



---

sin cambios). De la misma manera, al sobreponer la cubierta de no bosque 2005 sobre la imagen del 2006 se identificaron las áreas agrícolas o bosque secundario que han permanecido (no bosque sin cambios). Aunque se podrían identificar las áreas que se regeneran no se incluyó esta categoría dentro del análisis ya que estos cambios no ocurren de un año a otro, Posteriormente las cubiertas que resultaron del análisis de bosque y no bosque del 2005 se unificaron para obtener un mapa de cambios 2005–2006 que fue a su vez adicionado al mapa base de cambios para obtener un mapa de deforestación de 1986 a 2006. Con este mapa que se estimaron las superficies de deforestación 1986–2006 en Paso Caballos.

Se emplearon pruebas de  $\chi^2$  para analizar si existe una asociación entre la deforestación y las pendientes para los periodos 1997–2000, 2000–2003 y 2003–2006. La inclinación del terreno fue categorizada de acuerdo a los valores siguientes: 1– Pendientes planas: 0 a 3%, 2– Pendientes moderadamente planas: 3 a 6%, 3– Pendientes moderadamente inclinadas: 6 a 12% y 4– Pendientes inclinadas: más de 12%. Por otra parte, se empleó una prueba de  $\chi^2$  para analizar asociación entre la deforestación y la distancia del hogar a la parcela de trabajo. De acuerdo a la distancia de la parcela a la comunidad que fue registrada para 33 parcelas durante el trabajo de campo se estimó la distancia aproximada de las 112 parcelas de Paso Caballos. Esta se presenta en términos del tiempo (minutos) que toma recorrer del hogar a la parcela. Los resultados de estas pruebas permiten identificar si la deforestación ocurrió por el hecho de que el bosque fue afectado por incendios y no por el hecho de que ese bosque deforestado se encontrara en un área con pendientes planas o cerca del hogar.

### **2.2.2. INCENDIOS EN PASO CABALLOS**

Se estimó la exactitud de los mapas de incendios elaborados por CEMEC, empleando 150 puntos al azar, haciendo una comparación entre las áreas afectadas por incendios según CEMEC y una interpretación visual de las imágenes de 1999 y 2003. CEMEC reporta una exactitud del mapa de incendios de 2003 de 70.5%. No se emplearon los mapas existentes ya que se consideró que la exactitud de los mismos podía ser mejorada.

Para la elaboración de los mapas de incendios de 1998 y 2003 se empleó la metodología propuesta por Lee, Kim y Cho (2004). Esta consiste en utilizar el Índice Normalizado de Incendios (Normalized Difference Burned Ratio – NDBR) de imágenes pre y post incendio y hacer una resta de las mismas para obtener un mapa de incendios. Key y Benson (1999) propusieron el uso del NDBR considerando el hecho de que las bandas de espectro infrarrojo 4 y 7 de las imágenes Landsat son las que presentan mayores cambios de reflectancia después de un incendio. El valor de reflectancia de la banda 7 aumenta mientras que el de la banda 4 disminuye después del fuego. Al hacer una razón de estas bandas es posible identificar las áreas afectadas por fuego de acuerdo a su reflectancia (Lee, Kim y Cho 2004). Se diseñó un modelo matemático en Erdas Imagine 8.6 para realizar los cálculos del NDBR (Figura 8). El índice se calcula a partir de la Ecuación 2.

$$\text{NDBR} = \frac{\text{Infrarrojo cercano (banda 4)} - \text{Infrarrojo medio (banda 7)}}{\text{Infrarrojo cercano (banda 4)} + \text{Infrarrojo medio (banda 7)}} \quad \text{Ecuación 2}$$

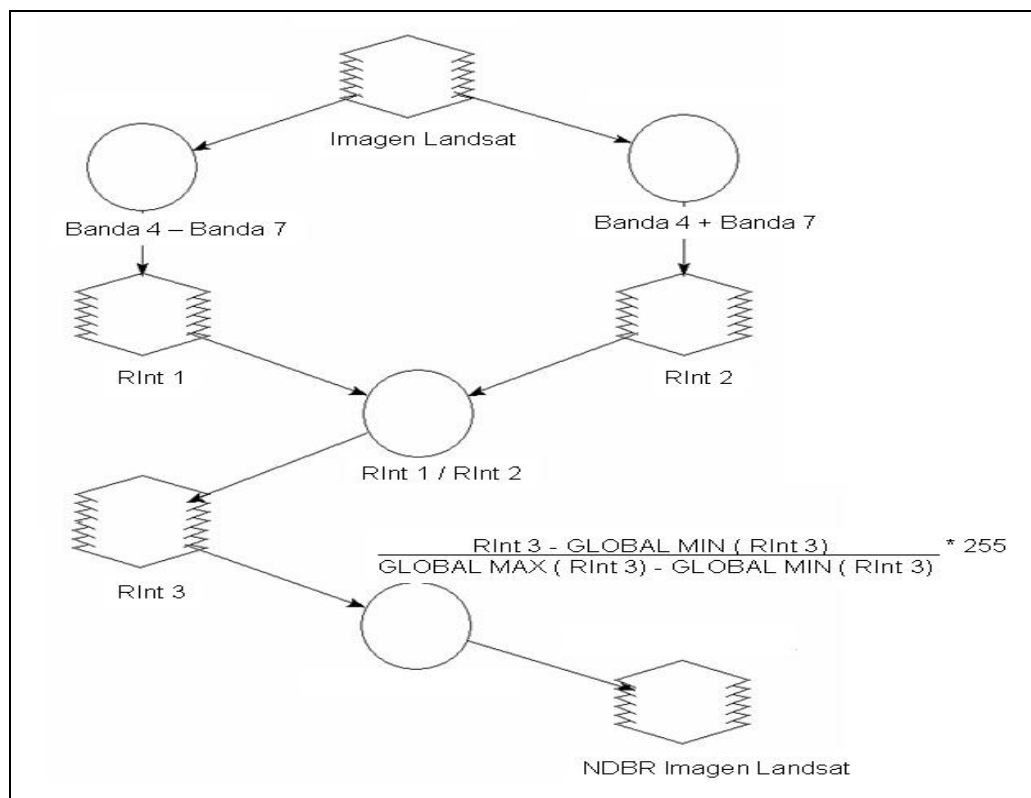


Figura 8. Modelo elaborado para obtener el Índice normalizado de incendios NDBR

---

Para hacer el mapa de incendios de 1998 se utilizó una imagen de 1999, por lo que es posible que no se hayan detectado todos los incendios de éste año (Cuadro 4). Por el contrario, la imagen del 2003 fue captada antes de la finalización de la temporada de incendios 2003, por lo que es posible que se hayan presentado incendios adicionales que no fueron identificados en el mapa generado.

Cuadro 4. Imágenes empleadas en la elaboración de los mapas de incendios de Paso Caballos

<u>Sensor path 20 row 48</u>	<u>Fecha de captura</u>
LANDSAT Thematic Mapper	12 de abril de 1997
LANDSAT Thematic Mapper	12 de enero de 1999
LANDSAT Enhanced Thematic Mapper	17 de marzo de 2002
LANDSAT Enhanced Thematic Mapper	7 de mayo de 2003

Como resultado de este modelo se obtienen cuatro imágenes, cada una con los valores correspondientes del índice normalizado de incendios. Para identificar los cambios de un año a otro se empleó la función de detección de cambios del programa Erdas Imagine 8.6 que consiste básicamente en hacer una diferencia de las imágenes de NDBR pre y post incendio. Las dos imágenes resultantes del análisis de cambio de NDBR en 1997–1999 y 2002–2003 fueron clasificadas mediante una interpretación visual de las imágenes Landsat originales en un compuesto de color RGB 752.

Para estimar la exactitud de estos dos mapas se establecieron, para cada uno, 165 puntos localizados en las 33 parcelas donde se hizo el trabajo de campo. Se utilizó el programa ArcGis 8.3 y la extensión de Hawth's Analysis Tools 2002 Version 2.10 para la ubicación al azar de estos puntos, con la condición de localizar 5 puntos por parcela. La información de referencia para evaluar la exactitud de los mapas fueron los recorridos de campo y las imágenes Landsat en otro compuesto de color RGB 743 que también permite identificar las cicatrices de incendios. El criterio de interpretación visual ha sido utilizado por diversos autores para validar productos de área quemada a escala regional y global (Roy *et al.*, 2005). Los resultados de este análisis se presentan en matrices de error (Anexo 3).

---

Se emplearon pruebas de Chi<sup>2</sup> para analizar por una parte, si existe asociación entre las pendientes y los incendios de 1998 y 2003. Por otra parte se utilizó la misma prueba para analizar la asociación entre los incendios y la distancia del hogar y la parcela. Las pendientes y la distancia del hogar a la parcela fueron definidas de la misma manera que para el análisis de Chi<sup>2</sup> de la sección de deforestación descrita anteriormente.

### **2.2.3. TRABAJO DE CAMPO**

Se entrevistaron a 33 jefes de familia de la comunidad de Paso Caballos durante el periodo comprendido entre el 21 de febrero al 16 de marzo y del 13 al 31 de mayo de 2007. Esta muestra corresponde al 29% de las parcelas de la comunidad. El año de llegada del jefe de familia a la localidad fue un criterio tomado en cuenta en el proceso de selección de los entrevistados ya que solamente las personas que llegaron antes de 1998 pueden describir lo acontecido en sus parcelas durante el incendio de ese año. Solamente uno de los entrevistados llegó a la comunidad después de 1998 por lo que no pudo relatar los efectos del primer incendio. Esta fue entrevista valiosa ya que su parcela fue afectada por un incendio durante el año en que se desarrolló el trabajo de campo y su entrevista revela algunos detalles sobre sus decisiones acerca de qué hacer en un bosque afectado por incendios. Aunque se intentó hacer una selección aleatoria de las personas a entrevistar, esto no fue posible, ya que muchas personas se negaron a participar por estar ocupadas. Se entrevistaron solamente a las personas que colaboraron de manera voluntaria.

En términos de análisis espacial, esta comunidad provee un escenario casi ideal para vincular los cambios de uso del suelo y las decisiones humanas ya que los jefes de familia cultivan una sola parcela. Existe un enlace uno a uno entre la unidad social de análisis –el jefe de familia– y la unidad espacial –la parcela. Este vínculo fue identificado de manera directa en 22 parcelas realizando recorridos de campo con los entrevistados (Figura 9).

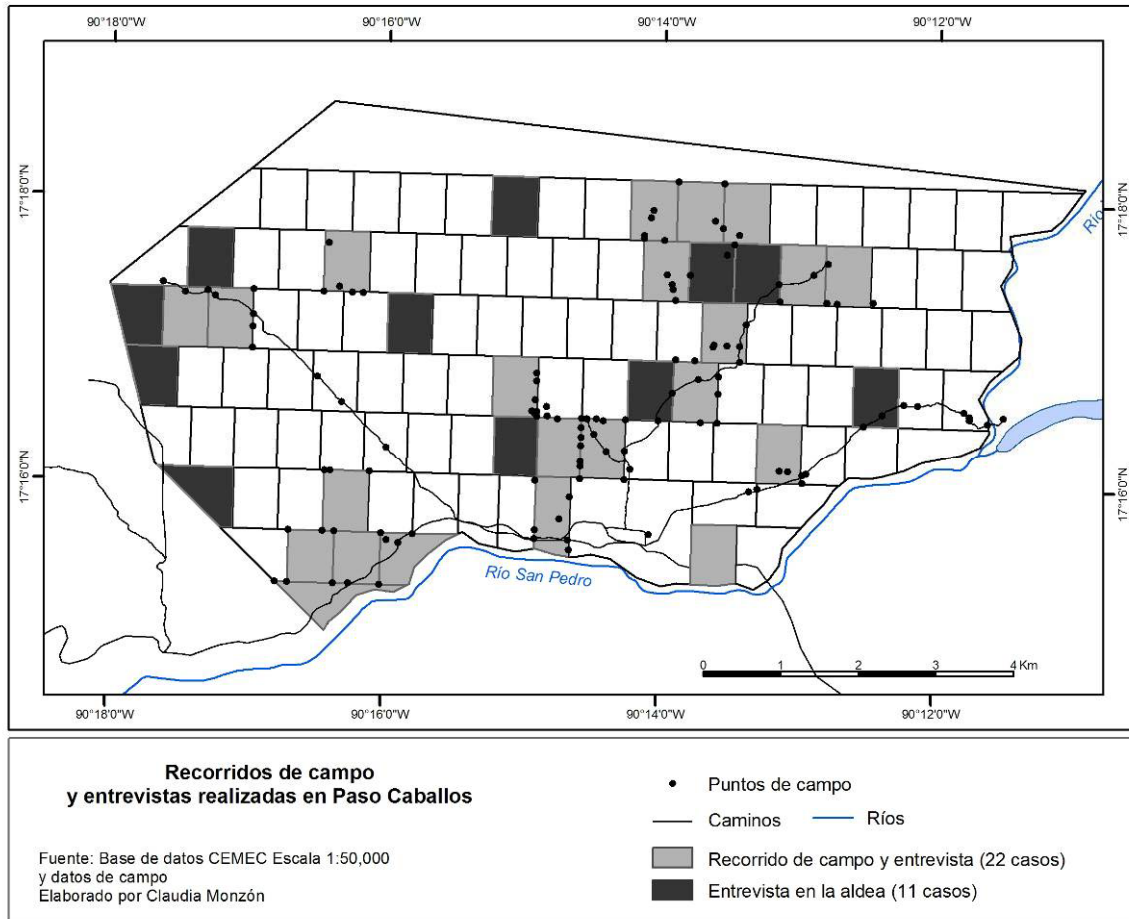


Figura 9. Recorridos de campo y entrevistas realizadas en Paso Caballos

Durante los recorridos en las parcelas se observó, georeferenció y fotografió el uso del suelo y las superficies de bosque afectado por incendios (Figura 10). Para ello se empleó un GPS Garmin Etrex Legend, una cámara fotográfica digital Sony Cyber Shot DSC-L1 y una brújula Suunto KB-20. En estos recorridos se registraron las coordenadas geográficas de por lo menos una de las esquinas o uno de los linderos de la parcela con el objeto de conservar esta información como referencia espacial y se tomó por lo menos una fotografía de cada punto, anotando la dirección de la toma. En el caso de las 11 entrevistas restantes el vínculo espacial entre la parcela y el campesino fue identificado de manera indirecta mediante un mapa de la comunidad en donde los dueños señalaron la localización de su parcela.

---

A partir de las entrevistas se observó y anotó la edad del jefe de familia, número y edad de hijos, los cultivos de la parcela, los beneficios que obtiene del bosque y la historia de incendios y uso del suelo en la parcela (el Anexo 4 presenta el formato de la entrevista). La información sobre incendios y uso del suelo fue recopilada por medio de un croquis de la parcela que se dibujó conjuntamente con el entrevistado (Figura 11). En este se indicaron las superficies y localización de los cultivos así como las áreas afectadas por incendios forestales.

Se estimó la exactitud de los croquis elaborados en campo para evaluar la información que aportan relacionada con el uso del suelo y los incendios forestales. Para ello se identificaron 5 puntos por croquis, ubicados de acuerdo a los lugares en donde se identificaban diferentes usos del suelo o superficies de bosque afectado por incendios. Estos se localizaron generalmente en las esquinas y en el centro del croquis. Se optó por no hacer una selección aleatoria para aumentar el número de clases posibles dentro del croquis. El análisis de exactitud se hizo mediante una matriz de error que contiene, en las columnas, las clases de uso del suelo identificadas en los croquis y, en los renglones, las clases de uso del suelo obtenidas mediante la información de referencia. Esta última consiste en una interpretación visual de la imagen de satélite del año 2006, que se apoya en la verificación del uso del suelo hecha en las parcelas de la comunidad (Ver Anexo 3 donde se presentan las matrices de error).

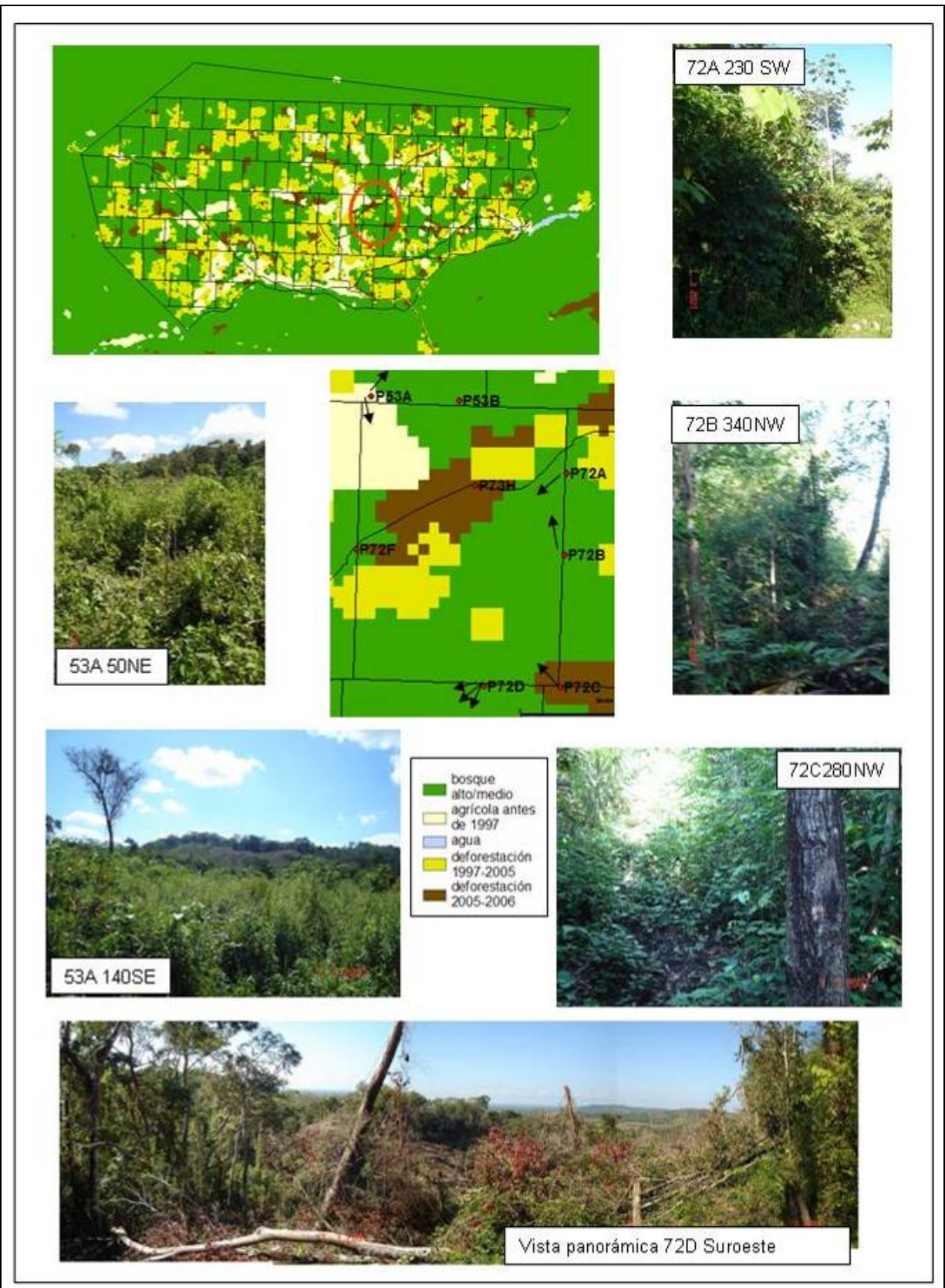


Figura 10. Georeferenciación de fotografías realizado en trabajo de campo en Paso Caballos.

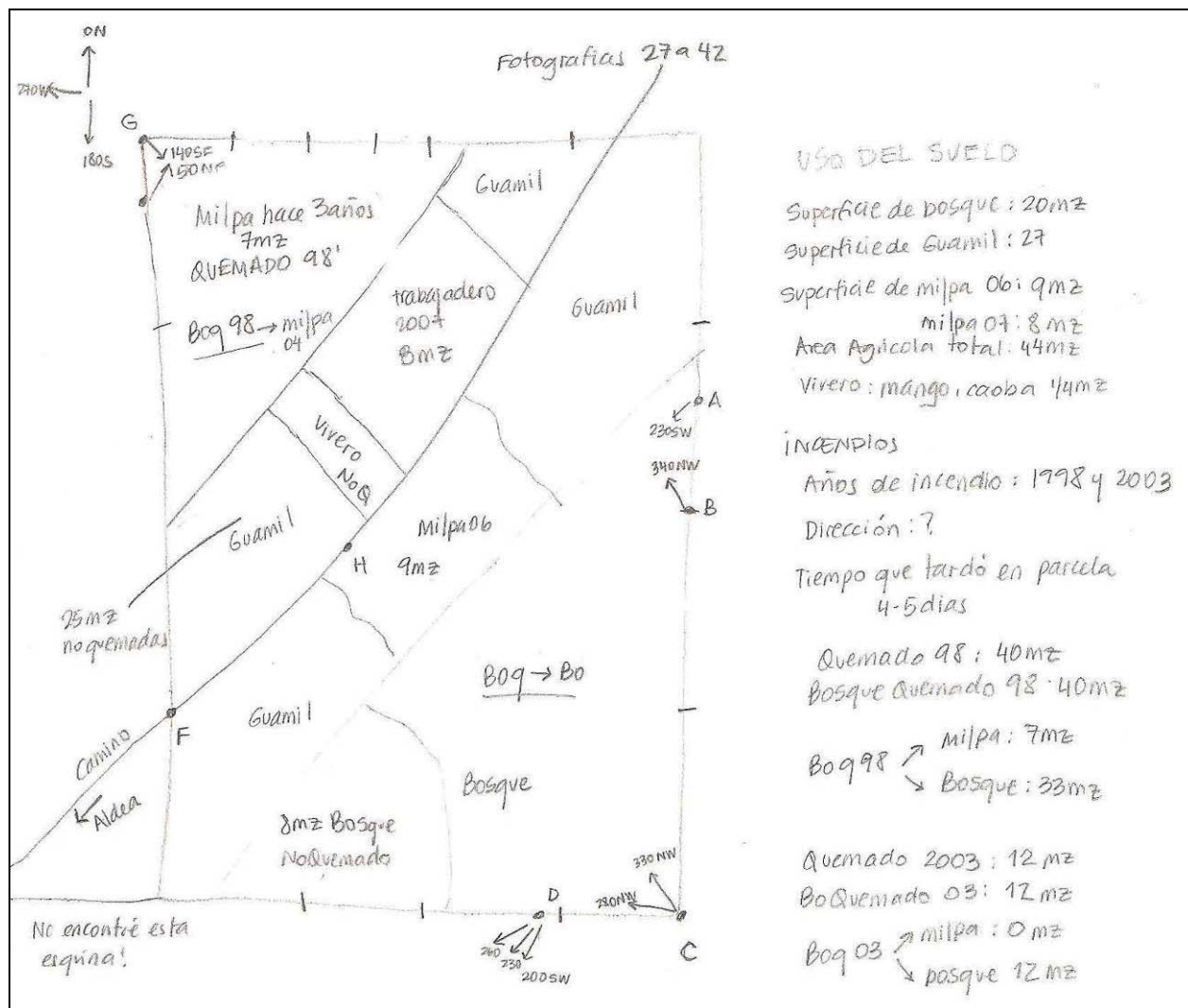


Figura 11. Croquis elaborado durante recorridos de parcelas en Paso Caballos durante el trabajo de campo

#### 2.2.4. ANALISIS DE LA DEFORESTACIÓN DESPUES DE LOS INCENDIOS EN PASO CABALLOS

El análisis de deforestación de bosques afectados por incendios fue realizado con la información de todas las parcelas agrícolas de las comunidades (n=112). Se utilizó el programa SPSS Ver. 13.0 para Windows para hacer un análisis descriptivo de las variables bosque afectado por incendios y bosque deforestado. Los periodos de análisis de deforestación post-incendio en Paso Caballos fueron definidos de la misma manera que para el análisis del PNLT. Se elaboraron mapas de distribución de los bosques para el inicio de cada periodo así como mapas de la superficie de bosque afectado por los incendios de 1998 y 2003.



En la Figura 12, estas superficies corresponden a 1- bosque afectado por el incendio que se deforestó, 2- bosque afectado por el incendio que no se deforestó, 3- bosque libre de incendios que se deforestó y 4- bosque libre de incendios que no se deforestó.

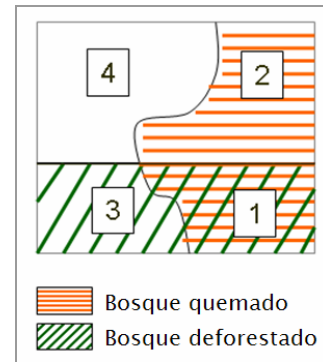


Figura 12. Representación simplificada de una parcela

Se estimó la superficie media de las parcelas afectadas por los incendios de 1998 y 2003, y la superficie media de deforestación de bosques afectados por incendios. Se calcularon las proporciones de estas superficies en relación con la superficie de bosque existente previo al incendio y la superficie total deforestada del periodo post incendio. Al igual que en el PNLT se calculó la proporción deforestada en bosques afectados por incendios así como la proporción deforestada en bosques libres de incendio (Ecuación 1). En esta escala las pruebas de  $\chi^2$  permitieron establecer que la diferencia de proporciones era significativa cuando la diferencia era mayor a 10%.

Se analizó la diferencia de superficie de medias deforestadas según la pendiente del bosque deforestado y según la afectación por incendios de 1998 y 2003. Para ello se empleó un análisis de varianza (ANDEVA) de dos factores. Los factores y los niveles del factor fueron definidos de la siguiente manera:

Quemado: Bosque afectado por incendios (bosque afectado más de 50%)

Bosque libre de incendios (bosque afectado menos de 30%)

Pendientes: Pendientes planas y moderadamente planas (0-6%)

Pendientes moderadamente inclinadas e inclinadas (más de 6%)

Para cada periodo de estudio, se realizó una selección de 48 parcelas, 12 parcelas en cada categoría, tomando en cuenta las áreas afectadas por incendios y la pendiente de la parcela.

---

Este diseño balanceado facilita la comparación de las medias de las categorías planteadas. Con este tipo de análisis se pueden contrastar 3 hipótesis nulas: 1) La superficie media de deforestación en bosques afectados por incendios es igual a la superficie media de deforestación en bosques no quemados, 2) La superficie media deforestada en áreas planas es igual que la superficie media deforestada en áreas inclinadas y 3) No hay interacción entre los incendios y las pendientes.

De manera similar, se analizó la diferencia de medias deforestadas según la distancia de la parcela al hogar y el porcentaje de bosque afectado por incendios en la parcela. En este análisis los niveles del factor fueron definidos de la siguiente manera:

Distancia de la parcela al hogar: entre 15–35 minutos  
entre 35–60 minutos  
más de 60 minutos.

Quemado: Bosque afectado por incendios (afectado más de 30% en 1998 y 50% en 2003)  
Bosque libre de incendios (bosque afectado menos de 30%)

Para el análisis que considera el incendio de 1998 se redujo el umbral para definir el bosque afectado por incendios debido a que específicamente para las parcelas cercanas al hogar, no hay unidades que se hayan quemado más de 50%. En las parcelas que se encuentran lejos del hogar (más de una hora) ocurre el fenómeno contrario, ya que se presentan solamente en 5 parcelas quemadas por debajo de 30%. En esta prueba no se pudo mantener un diseño balanceado como en el ANDEVA anterior. Esto hace que la prueba sea menos poderosa y por lo tanto menos contundente. Para el incendio de 2003 se mantienen los mismos umbrales del primer ANDEVA y el diseño es balanceado (11 casos por categoría).

Una vez obtenidos y analizados los patrones espaciales de deforestación e incendios forestales en las parcelas agrícolas de Paso Caballos, se seleccionaron las 33 parcelas para las que se cuenta con información de las entrevistas. Se seleccionan las variables que definen el contexto

---

en el que se da el proceso de decisión para elegir el lugar en donde sembrar: edad del dueño de la parcela, número de hijos en el año en que ocurrió el incendio y la disponibilidad de mano de obra familiar. Se realizaron ANDEVAS de un factor para comparar las medias de estas tres variables según donde se concentra la deforestación. Se verificó que las variables tuvieran homogeneidad de varianzas y una distribución normal en los dos periodos empleando pruebas de Levene y pruebas de Kolmogorov-Smirnov. Solamente en el análisis de 1997-2003 se cumplen los supuestos, en 2003-2006 las variables no cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianza por lo que se utilizó una prueba de Kruskal-Wallis.

La disponibilidad de mano de obra familiar fue calculada a partir de la información de número de horas promedio que dedica una familia maya yucateca a las distintas actividades del hogar que propone Lee y Kramer (2002). Los autores presentan, según la edad y el sexo, las horas de trabajo en distintas actividades como el trabajo doméstico, el trabajo en la parcela, el trabajo asalariado, la cacería, el cuidado de los niños y el trabajo comunitario. En esta investigación nos concentramos en el tiempo que la familia dedica a las actividades relacionadas con la parcela y empleamos los valores siguientes: miembros entre 3-8 años un promedio de 0.3 horas diarias, entre 8-14 años un promedio de 1.5 horas diarias, entre 15-20 años 1.8 horas por día, la madre de familia 0.8 horas por día y el padre de familia 2.6 horas por día. Estos valores son promedio, por lo que es posible que la madre vaya una mañana o una tarde a la semana a trabajar en la parcela. En su estudio Lee y Kramer (2002) obtuvieron promedios distintos para niños y niñas pero en esta investigación se empleó el mismo coeficiente para ambos ya que no se cuenta con ese nivel de detalle.

---

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. INCENDIOS FORESTALES Y DEFORESTACIÓN EN LA ESCALA REGIONAL**

En esta sección se presentan los resultados del análisis de sobreposición de los mapas de deforestación 1986–2005 con los mapas de incendios de 1998 y 2003. Esta permitió identificar el bosque afectado por incendios que es deforestado. En primer lugar se presentan los hallazgos para la Reserva de la Biósfera Maya y sus diferentes zonas de manejo, en segundo lugar se analiza el Parque Nacional Laguna del Tigre en función de su zonificación interna y finalmente se hace un análisis de la distribución de diez comunidades del Parque de acuerdo a la superficie deforestada y la superficie afectada por incendios.

##### **3.1.1. RESERVA DE LA BIÓSFERA MAYA**

Los incendios forestales de 1998 afectaron 280,719 ha del bosque de la RBM, lo que representa 20% de la superficie de bosque del año 1997. Las zonas más afectadas fueron la Zona de Usos Múltiples y la Zona de Amortiguamiento así como los parques al oeste de la RBM, Parque Nacional Laguna del Tigre y Sierra de Lacandón. Por otra parte, en el periodo 1997–2003 se deforestaron 44,602 ha; cerca de 60% de la deforestación de este periodo se presentó en la Zona de Amortiguamiento (Cuadro 5). El Parque Nacional Laguna del Tigre es el parque en el que se presentó una mayor superficie afectada por incendios (65,9083 ha) así como una mayor superficie deforestada (8,796 ha).

El incendio de 2003 afectó 217,811 ha, una superficie menor a la del incendio de 1998, no obstante el Parque Nacional Laguna del Tigre, es la única zona en la que se afectó una mayor superficie de bosque durante el incendio de 2003. En este parque el incendio de 2003 afectó 83,321 ha de bosque comparadas con las 65,908 ha afectadas en 1998. De nueva cuenta, la mayor parte de la deforestación del periodo 2003–2005 se presenta en la Zona de Amortiguamiento (cerca de 50%) y en el Parque Nacional Laguna del Tigre (25%).

Cuadro 5. Deforestación e incendios forestales en la Reserva de la Biósfera Maya

Superficie en hectáreas y %	ZUM	ZAM	PNLT	PNSL	SUM PE	RBM
área total	848,400	467,500	335,080	202,865	238,219	2,112,940
Bosque 1997	675,247	183,364	180,125	155,766	194,780	1,402,530
Bosque afectado en 1998	80,239	76,039	65,908	58,179	1,130	280,719
deforestación 1997–2003 <sup>1</sup>	5,018	25,607	8,796	4,542	286	44,602
deforestación 1997–2003 de bosques afectados en 1998	504	2,237	767	611	6	4,148
% bosque en 1997 <sup>2</sup>	80%	39%	54%	77%	82%	66%
% bosque afectado en 1998 <sup>3</sup>	12%	41%	37%	37%	1%	20%
% deforestado 1997–2003 <sup>3</sup>	1%	14%	5%	3%	0%	3%
% deforestación de bosques afectados en 1998 <sup>4</sup>	1%	3%	1%	1%	0%	1%
% deforestación de bosques afectados en 1998 <sup>5</sup>	10%	9%	9%	13%	2%	9%
Bosque 2003	670,229	157,757	171,329	151,224	194,494	1,357,928
Bosque afectado en 2003	48,988	62,115	83,321	21,437	1,124	217,811
deforestación 2003–2005 <sup>1</sup>	3,905	12,133	6,671	2,655	111	25,631
deforestación 2003–2005 de bosque afectado en 2003	1,488	5,863	3,182	877	31	11,528
% bosque en 2003 <sup>2</sup>	79%	34%	51%	75%	82%	64%
% bosque afectado en 2003 <sup>3</sup>	7%	39%	49%	14%	1%	16%
% deforestación 2003–2005 <sup>3</sup>	1%	8%	4%	2%	0%	2%
% deforestación de bosques afectados en 2003 <sup>4</sup>	3%	9%	4%	4%	3%	5%
% deforestación de bosques afectados en 2003 <sup>5</sup>	38%	48%	48%	33%	28%	45%

<sup>1</sup> Tomar en cuenta que existe una diferencia de años analizados en estos dos periodos de estudio, 1997–2003 incluye 6 años de análisis y 2003–2005 incluye dos años de análisis, por lo que las superficies deforestadas que se presentan no son comparables directamente

<sup>2</sup> Porcentaje calculado en relación a la superficie total

<sup>3</sup> Porcentaje calculado en relación al bosque presente previo al incendio (en 1997 y 2003)

<sup>4</sup> Porcentaje calculado en relación a la superficie de bosque afectada en el incendio

<sup>5</sup> Porcentaje calculado en relación a la superficie deforestada en el periodo post-incendio.

ZUM: Zona de Usos Múltiples, ZAM: Zona de Amortiguamiento, PNLT: Parque Nacional Laguna del Tigre, PNSL: Parque Nacional Sierra de Lacandón, SUM PE: Parques del Este de la RBM: Mirador – Río Azul, Naachtún Dos Lagunas, San Miguel la Palotada – El Zotz, Tikal, Yaxhá – Nakum – Naranja, El Pilar y Cerro Cahuí.

---

Los parques del Este de la RBM son las áreas menos afectadas por incendios; cerca de 1,100 ha de bosque fueron afectadas en cada incendio. Así mismo son áreas en las que se presenta una superficie deforestada menor con 286 y 111 ha en 1997–2003 y 2003–2005 respectivamente. En la suma de los parques del Este se deforestan 55 ha por año mientras que en el PNLT se deforestaron 1,933 ha por año entre 1997 y 2005.

Durante el periodo 1997–2003, 1% de los bosques afectados por el incendio de 1998 fueron deforestados, y en el periodo 2003–2005 este valor alcanza 5%. Estos resultados muestran que la mayor parte del bosque que es afectado por incendios no es deforestado y contrastan con la importancia que se le ha dado a los incendios como factor de cambio. Para comprender qué proporción de la deforestación se presenta en bosques quemados observamos que en 1997–2003, el 9% de la deforestación se presentó en bosques afectados por el incendio de 1998. En el periodo 2003–2005 este valor alcanza 45%.

### **3.1.2. PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE**

El área del Parque en donde se observa mayor avance de la frontera agrícola es en la parte central del parque, en la zona de uso especial, donde se encuentra la mayoría de comunidades (Figura 13). Se observa que el incendio de 1998 afectó principalmente la zona de uso especial, mientras que el incendio de 2003 se presentó en casi todo el parque, afectando en esta ocasión una mayor extensión en la zona intangible, que es considerada como una zona de menor perturbación (CONAP 2006a).

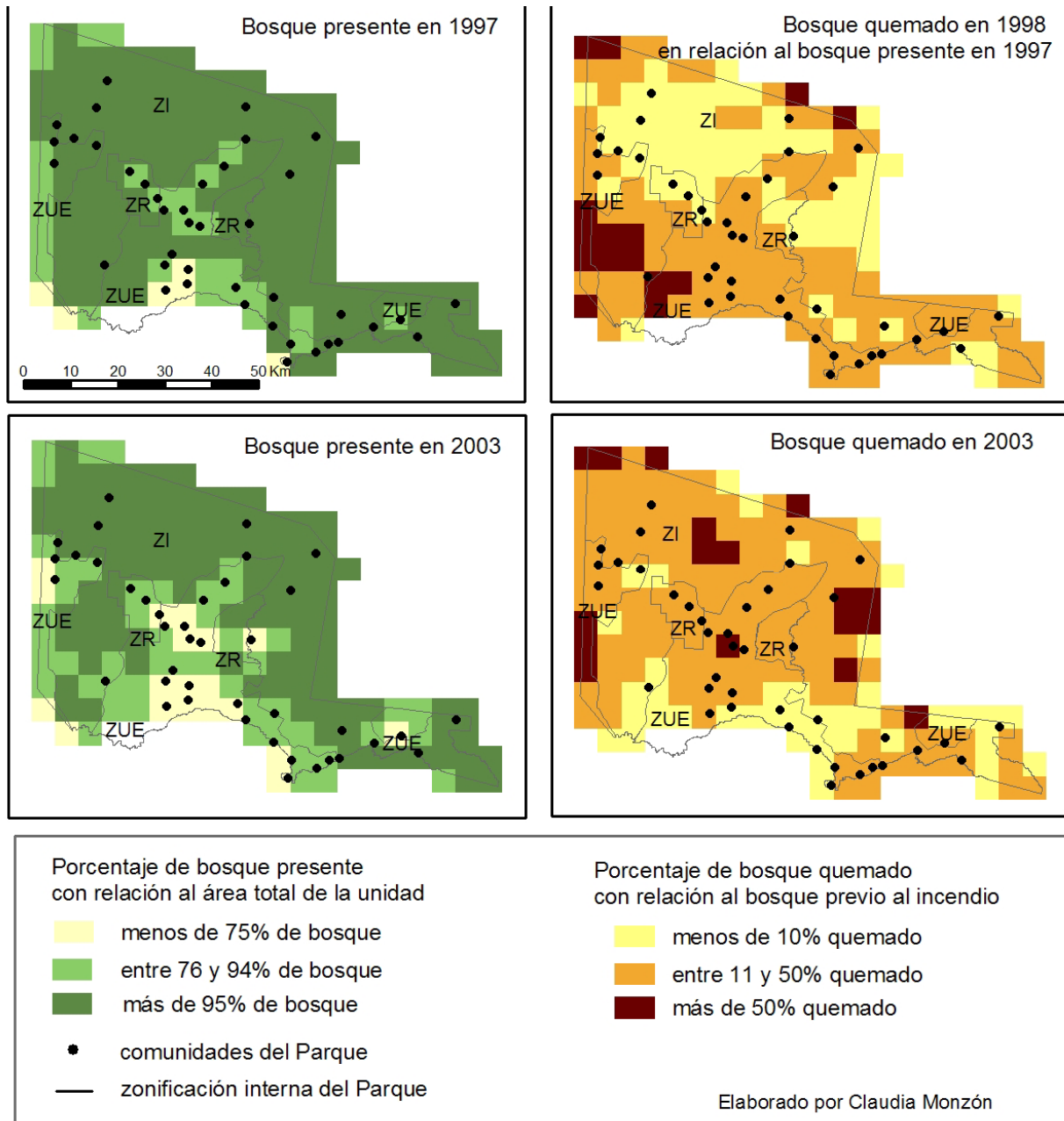


Figura 13. Distribución de las áreas de bosque y bosque afectado por incendios en los tres periodos de análisis en el Parque Nacional Laguna del Tigre.

De acuerdo a las pruebas de correlación espacial no existe correlación entre los incendios forestales y la deforestación post-incendio en ninguno de los periodos de estudio en el PNLT ni en la Zona Intangible y Zona de Usos Múltiples (Cuadro 6). Se encuentra una correlación espacial de 0.470 entre el incendio de 1998 y el incendio de 2003 a nivel de PNLT.

Cuadro 6. Coeficiente de correlación espacial entre la deforestación y los incendios forestales para los tres periodos de estudio en el Parque Nacional Laguna del Tigre.

	PNLT	ZI	ZUE
Incendio 1998 – deforestación 1997–2000	-0.026	-0.081	-0.027
Incendio 1998 – deforestación 2000–2003	-0.031	-0.063	-0.032
Incendio 2003 – deforestación 2003–2006	0.065	0.030	0.125
Incendio 1998 – incendio 2003	0.470	0.413	0.448

Para analizar cada una de las unidades de la gráticula se recurrió al uso de índices. Estos permiten identificar en donde se lleva a cabo la deforestación, en bosques afectados por incendios o en bosques libres de incendios. Para el incendio de 1998 se observa que en ninguno de los dos periodos de estudio (1997–2000 y 2000–2003) se presentan unidades en las que la proporción deforestada en bosques afectados por incendios supere la proporción deforestada en bosques libres de incendios (Figura 14). Se observa que en la Zona de Uso Especial, la proporción de bosques deforestados en áreas libres de incendios supera a la deforestación de bosques afectados por incendios. En algunas de estas unidades la proporción de deforestación de bosques libres de incendios supera en más de 40% a la proporción de deforestación de bosques afectados por incendios. En la zona de uso especial se quemaron más de 31,000 ha de bosque durante el incendio de 1998, de las cuales se deforestaron solamente 546 ha de bosque. Esta superficie representa 5% de la deforestación total del periodo 1997–2003 en esa zona, lo que significa que hubo una reducida tendencia a deforestar bosques afectados por el incendio de 1998.

Durante los años 2003 a 2005 hubo un fuerte aumento de la deforestación de bosques afectados por fuego en la Zona Intangible. En el periodo 1997–2003 se deforestaron 71 ha de bosque afectado por fuego en dicha zona, mientras que en 2003–2005 se deforestaron 1,160 ha. Al analizar las tendencias por deforestar un bosque afectado por incendios o uno libre de incendios se observa que hay una notable aparición de unidades en las que la proporción deforestada en bosques afectados por incendios supera la proporción deforestada en bosques



libres de incendios. En tales unidades las diferencias son positivas y alcanzan valores que oscilan entre 20 y 30% con respecto del área de bosque afectado por incendios.

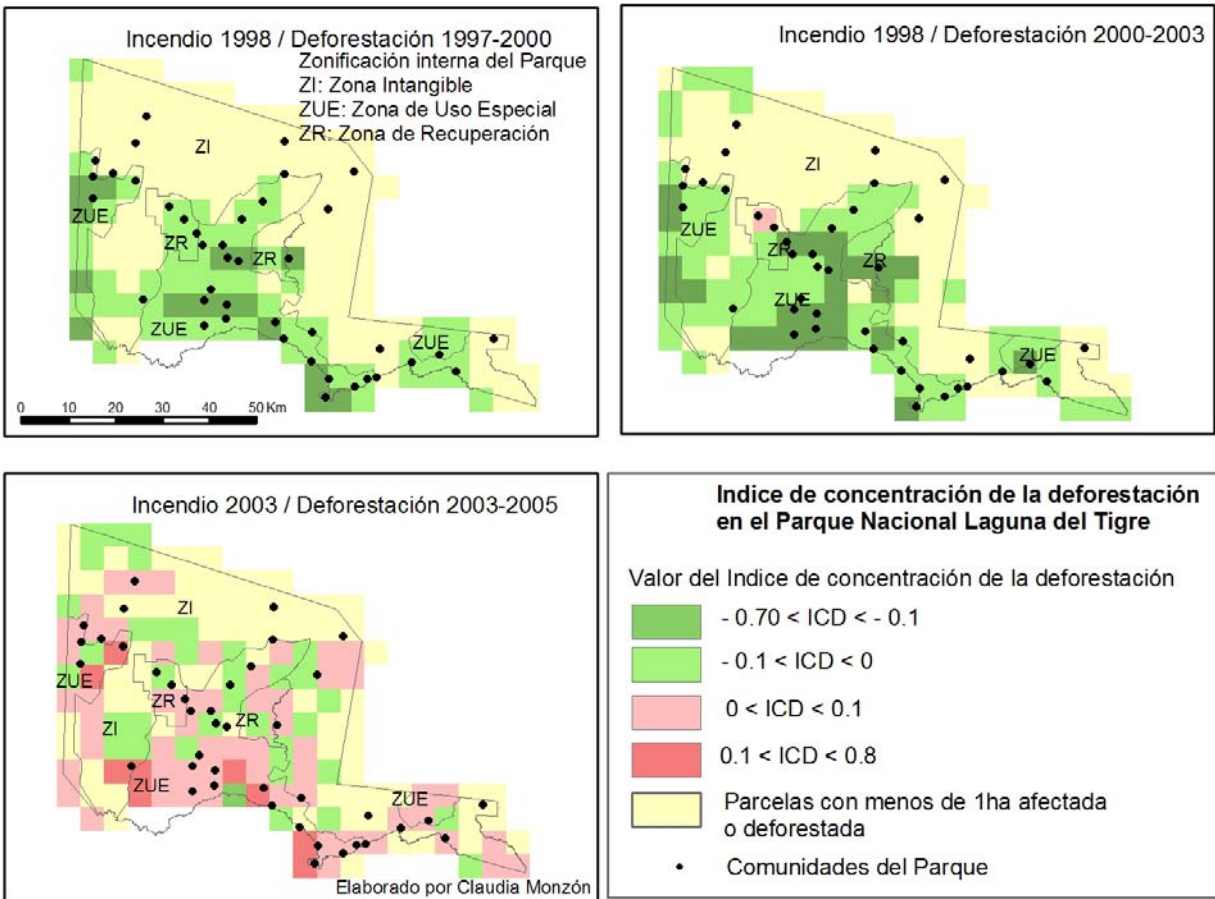


Figura 14. Distribución de las unidades de análisis de acuerdo al Índice de concentración de la deforestación para identificar en donde ocurre la deforestación post-incendio, en el Parque Nacional Laguna del Tigre.

### 3.1.3. DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS EN LAS COMUNIDADES

La Figura 15 muestra la distribución de las 10 comunidades de acuerdo a la proporción de bosque deforestado en áreas quemadas y la proporción de deforestación en bosques libres de incendios. Se incluye una línea de referencia con una pendiente de 1, por lo que los puntos que se localizan por encima de la línea se deforestaron en mayor proporción en los bosques que no fueron afectados por incendios. Se observa que en 1997-2003 la mayor parte de la deforestación se concentró en bosques que no fueron afectados por el incendio de 1998.

Durante este periodo se deforestaron, para la suma de áreas de estas 10 comunidades, 7,770 ha de bosque en áreas libres de incendio y 280 ha en bosques afectados por el incendio.

En 2003–2005 se presentan 3,633 ha de bosque deforestado en áreas libres de incendios y 1,384 ha de bosque afectado por incendios posteriormente deforestado. En 6 comunidades, la mayor proporción de la deforestación 2003–2005 ocurrió en bosques afectados por el incendio de 2003 (Figura 15). Estas comunidades son Mirador, Buen Samaritano, Buenos Aires, Tres Reyes, La Lámpara y Santa Rosita. En 2 comunidades hubo una mayor proporción de deforestación en bosques libres de incendios: Los Tubos y Nuevo Amanecer. En las comunidades de Paso Caballos y Rancho Sucely la proporción de deforestación en bosques afectados por incendios fue muy similar a la de bosques libres de incendios. Los puntos de estas dos comunidades se localizan casi sobre la línea de referencia, lo que significa que en estas localidades no hubo una concentración de la deforestación en uno u otro tipo de bosque en 2003–2005.

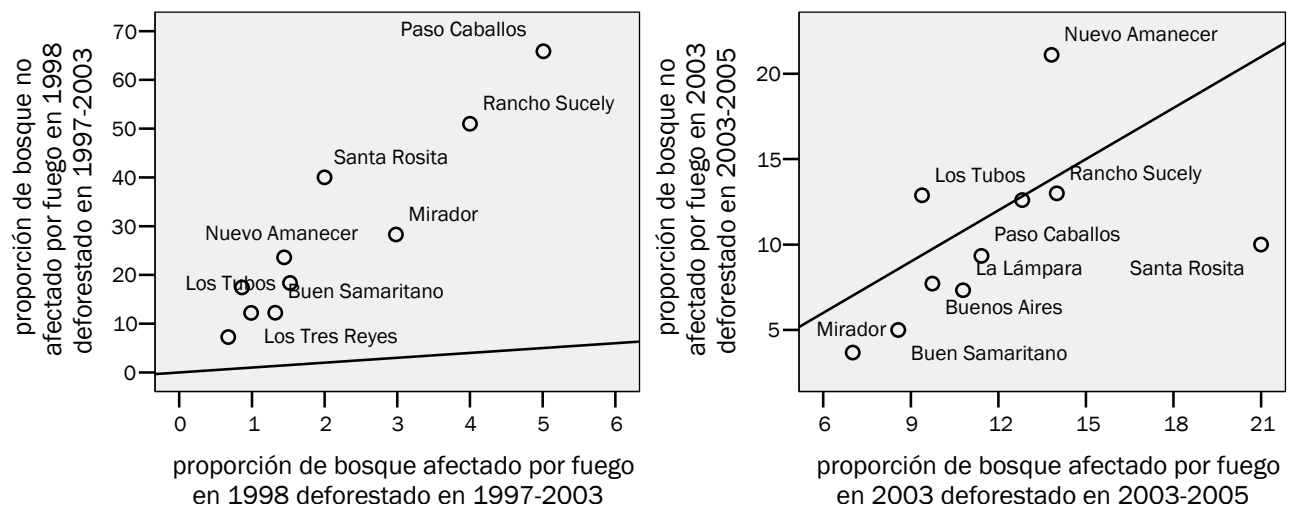


Figura 15. Distribución de las comunidades según la proporción de deforestación en áreas de bosque afectado por incendios y en áreas libres de incendios forestales.

En las pruebas de comparación de medias de las diez comunidades según la presencia de acuerdos de cooperación, no se encontraron diferencias significativas entre la superficie media

1) deforestada, 2) afectada por los incendios y 3) deforestada en bosques afectados por incendios en ninguno de los dos periodos de análisis (Figura 16). La diferencia de medias no es significativa, aunque se observa que en las comunidades con acuerdos, la superficie media deforestada y la superficie media afectada por incendios son de la mitad de lo que presentan las comunidades sin este tipo de acuerdos.

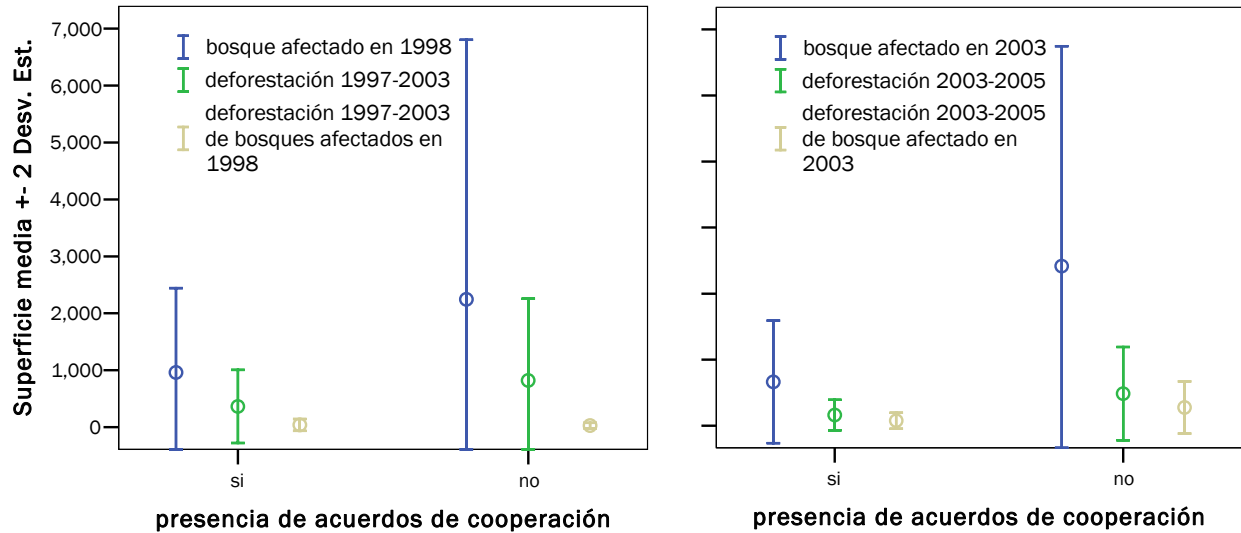


Figura 16. Comparación de las superficies deforestadas, afectadas por incendios y deforestadas en bosques afectados por incendios en 10 comunidades del Parque Nacional Laguna del Tigre, de acuerdo a la presencia de acuerdos de cooperación durante 1997–2003 y 2003–2005.

En la comparación de la superficie media deforestada y la superficie media afectada por incendios según el tipo de actividad económica de las comunidades tampoco se encontró diferencias significativas. Al igual que en el análisis anterior, aún si las diferencias no son significativas, se observa que el valor promedio tanto de la deforestación como de la superficie afectada por incendios, en el periodo 1997–2003, es dos veces mayor en las comunidades que se dedican a la agricultura y la ganadería (Figura 17). En el periodo 2003–2005 las tres superficies analizadas son tres veces mayores en las comunidades que incluyen actividades ganaderas.

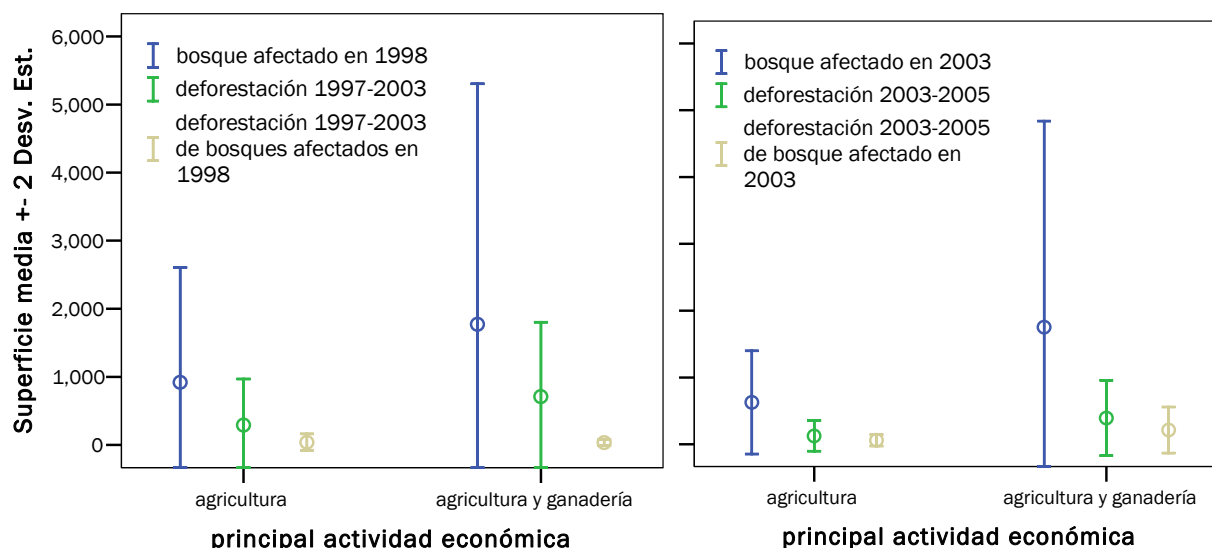


Figura 17. Comparación de las superficies deforestadas, afectadas por incendios y deforestadas en bosques afectados por incendios en 10 comunidades del Parque Nacional Laguna del Tigre, de acuerdo a la principal actividad económica durante 1997–2003 y 2003–2005.

La variable número de familias se encontró fuertemente asociada con la deforestación 1997–2003 y 2003–2005 (Cuadro 7). Esto significa que en las comunidades en las que hay más familias hay una mayor superficie deforestada. En las comunidades con más personas, hay una mayor demanda y presión hacia los recursos naturales. Por otra parte se encontró también una correlación entre la superficie afectada por el incendio de 1998 y el número de familias en las comunidades. Esto se debe a la distribución de los incendios en el parque, que coincide espacialmente con las áreas en donde se encuentran las comunidades.

Cuadro 7. Análisis de correlación de Spearman entre el número de familias, la deforestación y los incendios en 10 comunidades del Parque Nacional Laguna del Tigre.

Variables	Coeficiente de correlación de Spearman	
superficie deforestada en 1997–2003	0.891**	(0.001)
superficie afectada por fuego en 1998	0.685**	(0.029)
superficie deforestada en 2003–2005	0.733*	(0.016)
superficie afectada por fuego en 2003	0.503	(0.138)

---

## 3.2. INCENDIOS FORESTALES Y DEFORESTACIÓN EN PASO CABALLOS

### 3.2.1. EXACTITUD DE LA INFORMACIÓN GENERADA

En este apartado se presenta la exactitud de los croquis considerados como fuente de información así como de los mapas de incendios y cambio de cubierta vegetal empleando tres índices (Cuadro 8): 1. Exactitud general 2. Índice de KAPPA y 3. Índice normalizado con ajuste proporcional iterativo. Congalton y Green (1999) hacen referencia a la caracterización de los posibles rangos del índice de Kappa que proponen Landis y Koch (1977). 1- Mayor de 80% fuerte concordancia, 2- Entre 40-80% concordancia moderada, 3- Menos de 40% concordancia pobre. De acuerdo a esta clasificación, toda la información relacionada con el uso del suelo tiene una fuerte concordancia con la realidad ya que todas presentan índices de Kappa mayores a 80%. Los valores de Kappa para la información relacionada con incendios forestales se encuentran entre 68-78%; siendo los croquis la fuente de información de menor concordancia. Desafortunadamente, la moderada concordancia de los croquis con la referencia (interpretación visual de landsat) hace que los mapas de incendios de 1998 y 2003 tengan una menor exactitud, ya que la información contenida en los croquis no es tan exacta como en el caso de la información de uso del suelo.

**Cuadro 8. Análisis de exactitud de los mapas generados para Paso Caballos**

Mapa / fuente de información	Exactitud general	Kappa	Margfit
Croquis - incendios	83	68	66
Croquis - uso del suelo	88	81	86
Deforestación 1986-2005	94	90	84
Deforestación 1986-2006	87	81	72
Incendio forestal 1998	87	75	88
Incendio forestal 2003	89	78	90

Las fuentes de error identificadas en la evaluación de los croquis se relacionan con problemas de memoria, generalizaciones y dificultades en la percepción espacial. En 26 de los casos analizados se evidenciaron problemas de memoria en donde los entrevistados confundían los años en que se sembró en un área o los años en que ocurrió el incendio. Por otra parte, en 13

---

ocasiones se identificó que el dueño de la parcela generalizó un uso del suelo y no mencionó pequeñas áreas con otros usos. De la misma manera hubo generalizaciones sobre las áreas afectadas por incendios. Un tercer problema identificado en 12 puntos de verificación se relaciona con dificultades en la noción del espacio para plasmar la realidad en un papel.

Un aspecto señalado previamente como fuente de error, fue la fecha de las imágenes empleadas en la elaboración de los mapas de incendios. En el caso del incendio de 1998 se empleó una imagen de 1999, por lo que muchas de las cicatrices de incendios no fueron identificables. Por el contrario la imagen de 2003 fue tomada antes de que terminara la temporada de incendios, por lo que no se pueden identificar aquellos incendios posteriores a la toma de la imagen.

### **3.2.2. LA DEFORESTACIÓN EN PASO CABALLOS**

A partir de la Figura 18 se determinó que en Paso Caballos se deforesta un promedio 1.6 ha de bosque por año por parcela y que los campesinos siembran 4.2 ha de cultivos por año. Esto significa que aproximadamente un tercio de la superficie que los campesinos de Paso Caballos preparan para agricultura proviene del desmonte de bosque maduro, el resto corresponde a desmontes o matorrales secundarios que se han desarrollado en las tierras en descanso.

El 41% de la comunidad corresponde a áreas agrícolas, es decir campos de cultivo y tierras en descanso característicos del sistema agrícola de roza-tumba-quema (Figura 18). El cultivo principal es el maíz, en algunas ocasiones los campesinos siembran adicionalmente en sus milpas pepitoria (*Cucurbita mixta*), frijol, yuca, plátano y chile. Los campesinos realizan dos siembras al año, una en mayo y otra en octubre aprovechando así las precipitaciones de mayo a diciembre que se presentan en la zona. Todos los campesinos manifestaron dedicarse a actividades agrícolas empleando el sistema de roza-tumba y quema para sembrar maíz. En 15 casos los entrevistados mencionaron que cuentan con fuentes alternas de ingresos; la mayoría de ellos son empleados de CONAP o de las organizaciones no gubernamentales que trabajan en la zona y algunos obtienen beneficios del turismo o del comercio.

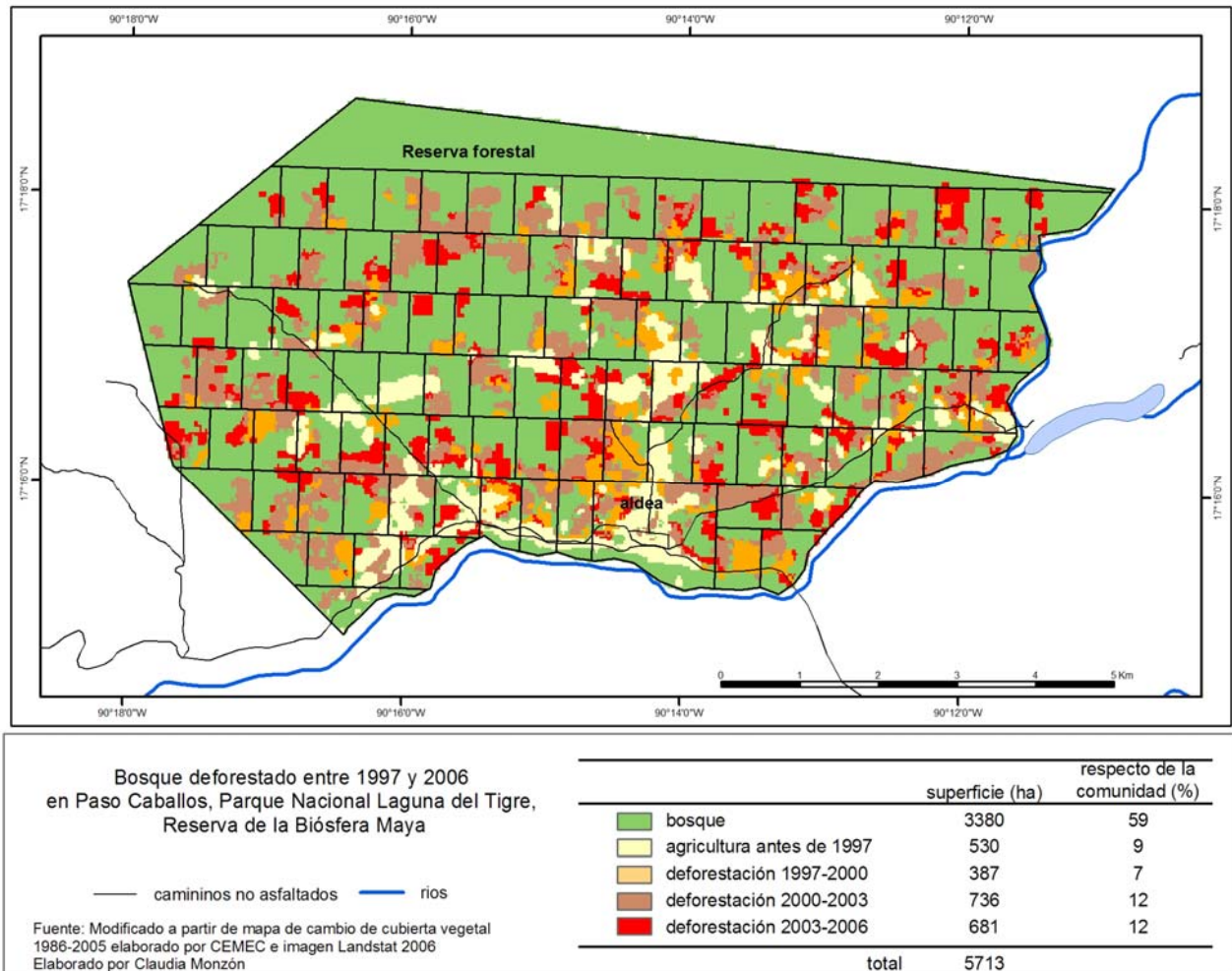


Figura 18. Bosque deforestado entre 1997 y 2006 en Paso Caballos

En las entrevistas, los campesinos mencionaron que utilizan como criterios la inclinación del terreno, la edad del acahual, la calidad del suelo y la cercanía del camino para elegir el área en donde sembrar. De acuerdo a los resultados de las pruebas de Chi<sup>2</sup> se encontró que sí existe una asociación entre la pendiente a la que se encuentra el bosque y 1) la superficie de bosque deforestado en 1997–2000 y ( $p = 0.001$ ) y 2) la superficie de bosque deforestado en 2003–2005 ( $p = 0.010$ ). En ambos períodos la deforestación se encuentra asociada a las pendientes moderadamente planas definidas como pendientes entre 3–6%. El Cuadro 9 presenta los resultados de la prueba para el primer periodo, los resultados de los otros dos periodos pueden encontrarse en el Anexo 5.

Cuadro 9. Deforestación ocurrida en 1997–2000 según la pendiente del bosque de las parcelas de Paso Caballos

			bosque deforestado (ha)	bosque no deforestado (ha)	Total
inclinación del terreno	Plano	observado	151	2360	2512
		esperado	187	2325	2512
	Moderadamente plano	observado	115	1066	1181
		esperado	88	1093	1181
	Moderadamente inclinado	observado	68	794	862
		esperado	64	798	862
	Inclinado	observado	50	575	625
		esperado	47	578	625
Total		observado	2290	3419	5709
		esperado	2290	3419	5709

En las pruebas de Chi<sup>2</sup> para identificar si existe asociación entre la deforestación y la distancia de la parcela al hogar se encontró que si se presenta una asociación en los periodos 1997–2000 ( $p = 0.000$ ) y 2003–2005 ( $p = 0.000$ ). Se observa que la deforestación se encuentra asociada a las parcelas que se ubican a menos de una hora del hogar. El Cuadro 10 presenta los resultados del periodo 1997–2000 (Ver Anexo 5 donde se encuentran los resultados de los otros dos periodos).

Cuadro 10. Deforestación en 1997–2000 según la distancia del hogar a la parcela para Paso Caballos

			bosque deforestado (ha)	bosque no deforestado (ha)	Total
distancia del hogar a la parcela	15–35 minutos	observado	139	1013	1152
		esperado	93	1059	1152
	35–60 minutos	observado	166	1554	1720
		esperado	139	1580	1720
	más de 60 minutos	observado	65	1622	1687
		esperado	137	1550	1687
Total		observado	370	4189	4559
		esperado	370	4189	4559



---

### 3.2.3. LOS INCENDIOS EN PASO CABALLOS

Se elaboró un mapa de incendios forestales de los años 1998 y 2003, con el que se identifica que más del 60% del bosque de la comunidad fue afectado durante estos incendios. En 1998 se quemaron 2,220 ha de bosque que corresponden al 43% de la superficie de bosque previo al incendio. La mayor parte de incendios se presentó en las áreas más alejadas a la aldea (Figura 19). En 2003 se afectaron 1,287 ha de bosque, que representa 32% del bosque presente en 2003. Hubo 752 ha de bosque afectadas en ambos años, es decir, bosque afectado recurrentemente por los incendios.

Es importante señalar que el hecho de que estos bosques sean afectados por incendios no implica una destrucción total del mismo. En los recorridos de campo se observó la condición de los bosques afectados por incendios y los libres de incendios. En las áreas de bosque que han sido afectadas por incendios se evidencian ciertas cicatrices del fuego como troncos de árboles quemados. Por otra parte, el sotobosque de esas áreas es denso con muchos arbustos y plantas de guano pequeñas. En las áreas que no han sido afectadas por incendios, los troncos no tienen evidencia de fuego y casi no hay plantas en el sotobosque. Algunas plantas como el guano se presentan de un tamaño mayor que en los bosques afectados por incendios.

De acuerdo a los resultados de la prueba de Chi<sup>2</sup> para analizar si existe asociación entre el incendio de 1998 y la distancia del hogar a la parcela, rechazamos la hipótesis nula que sostiene que las variables son independientes ( $p=0.000$ ). El Cuadro 11 presenta los valores observados y esperados de las 6 categorías posibles. En este se puede observar que la diferencia entre los valores observados y esperados para las parcelas cercanas (15–35 minutos) y lejanas (más de 1 hora) es elevada. Con esta información se afirma que los incendios de 1998 están asociados a los bosques que se localizan más lejos de la aldea. El incendio de 2003 y la distancia del hogar a la parcela no están asociadas ( $p=0.635$ ), los resultados se presentan en el Anexo 5.

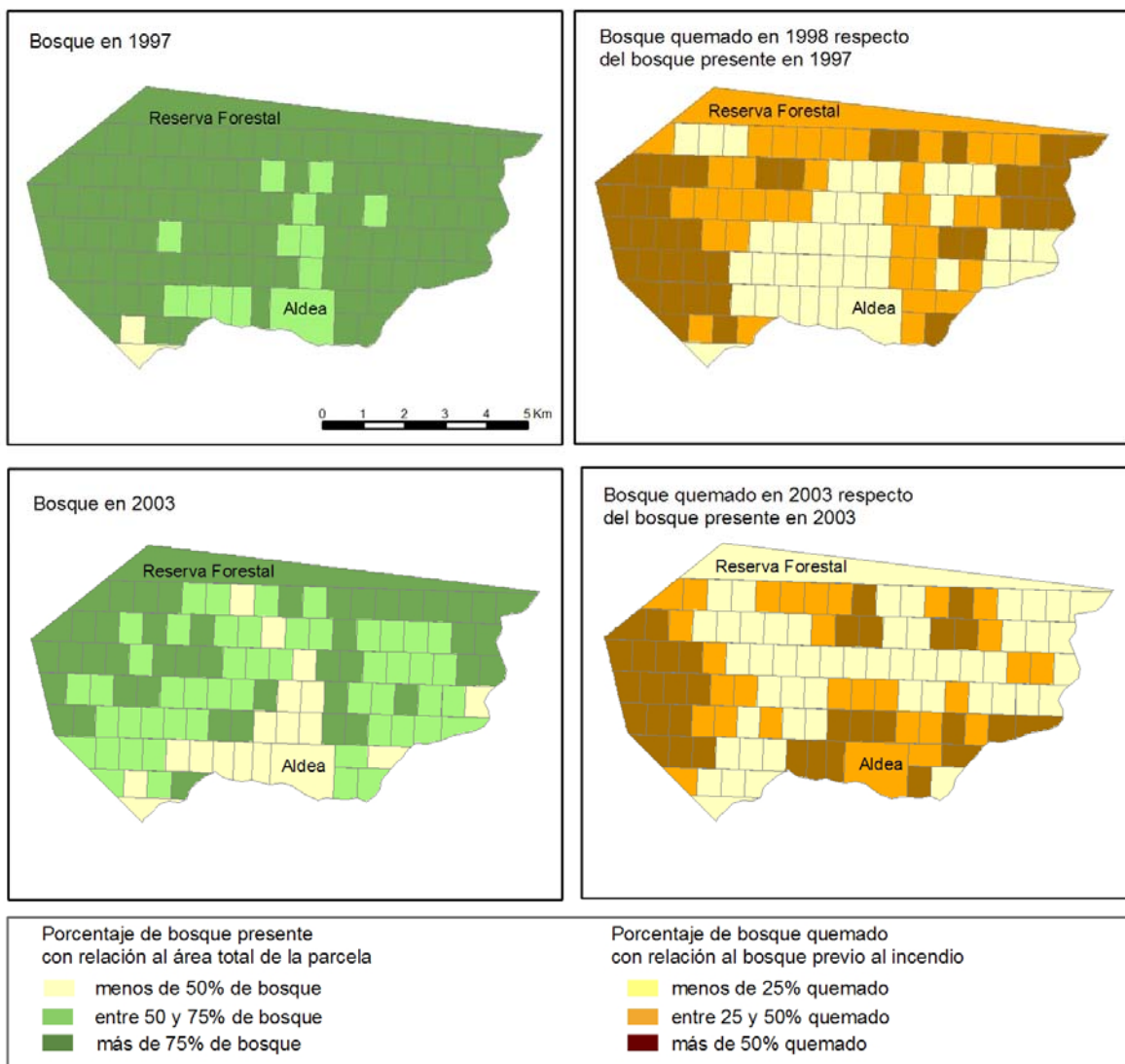


Figura 19. Distribución de las áreas de bosque y bosque afectado por incendios en los tres periodos de análisis en Paso Caballos

Cuadro 11. Bosque afectado por incendios en 1998 según la distancia de la parcela al hogar en Paso Caballos

			bosque afectado por incendios (ha)	bosque no libre de incendios (ha)	Total
distancia del hogar a la parcela	15-35 minutos	observado	264	888	1152
		Esperado	505	647	1152
	35-60 minutos	observado	748	972	1720
		Esperado	753	966	1720
	más de 60 minutos	observado	985	702	1687
		Esperado	739	948	1687
Total		observado	1997	2561	4559
		Esperado	1997	2561	4559

En las pruebas de Chi<sup>2</sup> entre el bosque afectado por incendios y la pendiente del terreno se acepta que para los incendios de 1998 y 2003 la superficie de bosque afectado por incendios se encuentra asociada a la pendiente del terreno en Paso Caballos. De acuerdo a una revisión de los datos del Cuadro 12 se observa que el bosque afectado por incendios en 1998 se encuentra asociado a las pendientes inclinadas (superiores a 6%) mientras que en 2003 (Anexo 5) los incendios se encuentran asociados a las pendientes bajas (menores a 6%).

Cuadro 12. Bosque afectado por incendios en 1998 según la pendiente del bosque de las parcelas de Paso Caballos.

		bosque afectado			
			por incendios (ha)	bosque libre de incendios (ha)	Total
inclinación del terreno	Plano	Observado	1065	1722	2787
		Esperado	1118	1669	2787
	moderadamente plano	Observado	508	781	1290
		Esperado	517	772	1290
	moderadamente inclinado	Observado	403	540	943
		Esperado	378	565	943
	Inclinado	Observado	314	376	689
		Esperado	276	413	689
Total	Observado	2290	3419	5709	
	Esperado	2290	3419	5709	

### 3.2.4. LA DEFORESTACIÓN DESPUES DE UN INCENDIO

La superficie promedio deforestada por parcela en 1997– 2003 fue de 9.7 ha  $\pm$  5.63 (22% del total de la parcela). De esta superficie, 3.55 ha  $\pm$  3.56 habían sido previamente afectadas por incendios, de tal manera que 37% de la deforestación del periodo ocurrió en bosques afectados por incendios (Cuadro 13). Durante 2003–2005 se deforestaron 2.63ha  $\pm$  2.92 de bosque afectado por incendios en promedio por parcela. Este valor corresponde al 45% de la deforestación total del periodo. Si comparamos la deforestación de bosques afectados por incendio no en el periodo completo sino por años, se observa que en 1997–2003 se deforestaron anualmente 0.59 ha en bosque afectado por incendios, mientras que en 2003–2005 esta superficie es de 1.315 ha.

Cuadro 13. Deforestación después de los incendios de 1998 y 2003 en Paso Caballos

superficie por parcela (ha)	Media	desviación estándar	respecto del bosque de 1997 o 2003	respecto del total deforestado en el periodo
Área total de la parcela	44.84	1.91		
Superficie de bosque 1997	40.70	6.05		
Bosque afectado por el incendio de 1998	17.83	12.20	44%	
Deforestación 1997–2003	9.67	5.63	24%	
Bosque afectado por incendios en 1998 deforestado entre 1997 y 2003	3.55	3.56	9%	37%
Superficie de bosque 2003	31.04	7.92		
Bosque afectado por el incendio de 2003	11.18	8.37	36%	
Deforestación 2003–2006	5.86	4.25	19%	
Bosque afectado por el incendio de 2003 deforestado entre 2003 y 2006	2.63	2.92	8%	45%

La Figura 20 muestra los resultados del Índice de Concentración de la deforestación elaborado a partir de proporciones para Paso Caballos. Se observa que hubo un aumento del número de parcelas en las que la deforestación se concentró en bosques afectados por incendios en el periodo 2003–2006.

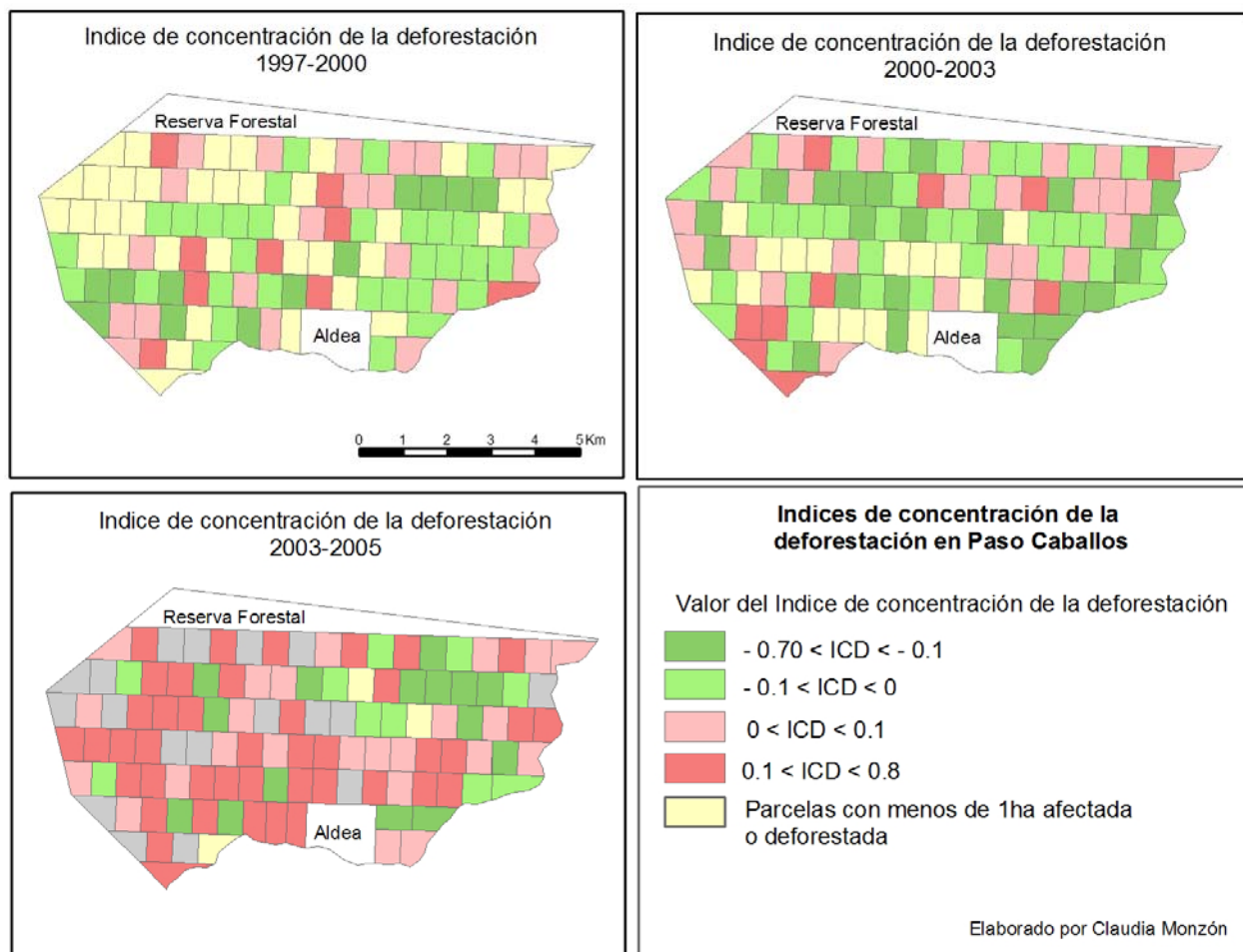


Figura 20. Índices de concentración de deforestación en Paso Caballos

De acuerdo a los resultados de la prueba de ANDEVA de dos factores con replicación se aceptan las tres hipótesis nulas que permite probar este análisis (Cuadro 14). En los tres periodos de estudio se acepta que no hay diferencias significativas entre 1) la media deforestada en bosques afectados por incendios y no afectados, 2) la media deforestada en bosques en pendientes planas o inclinadas y 3) no hay interacción entre las pendientes y el hecho de que el bosque sea afectado. La Figura 21 permite observar las medias deforestadas de cada una de las combinaciones de factores para conocer las tendencias de estos datos aunque sus medias deforestadas no sean significativamente diferentes.

Cuadro 14. Diferencia de medias de superficie deforestada según la pendiente del bosque deforestado y según la proporción de bosque afectado por incendios.

Periodo de estudio	Variable	F	Sig.
1997-2000	Quemado	1.836	0.182
	Pendiente	1.810	0.185
	Interacción	0.423	0.519
2000-2003	Quemado	7.656	0.548
	Pendiente	7.092	0.563
	Interacción	5.168	0.622
2003-2005	Quemado	1.229	0.108
	Pendiente	0.208	0.279
	Interacción	0.521	0.330

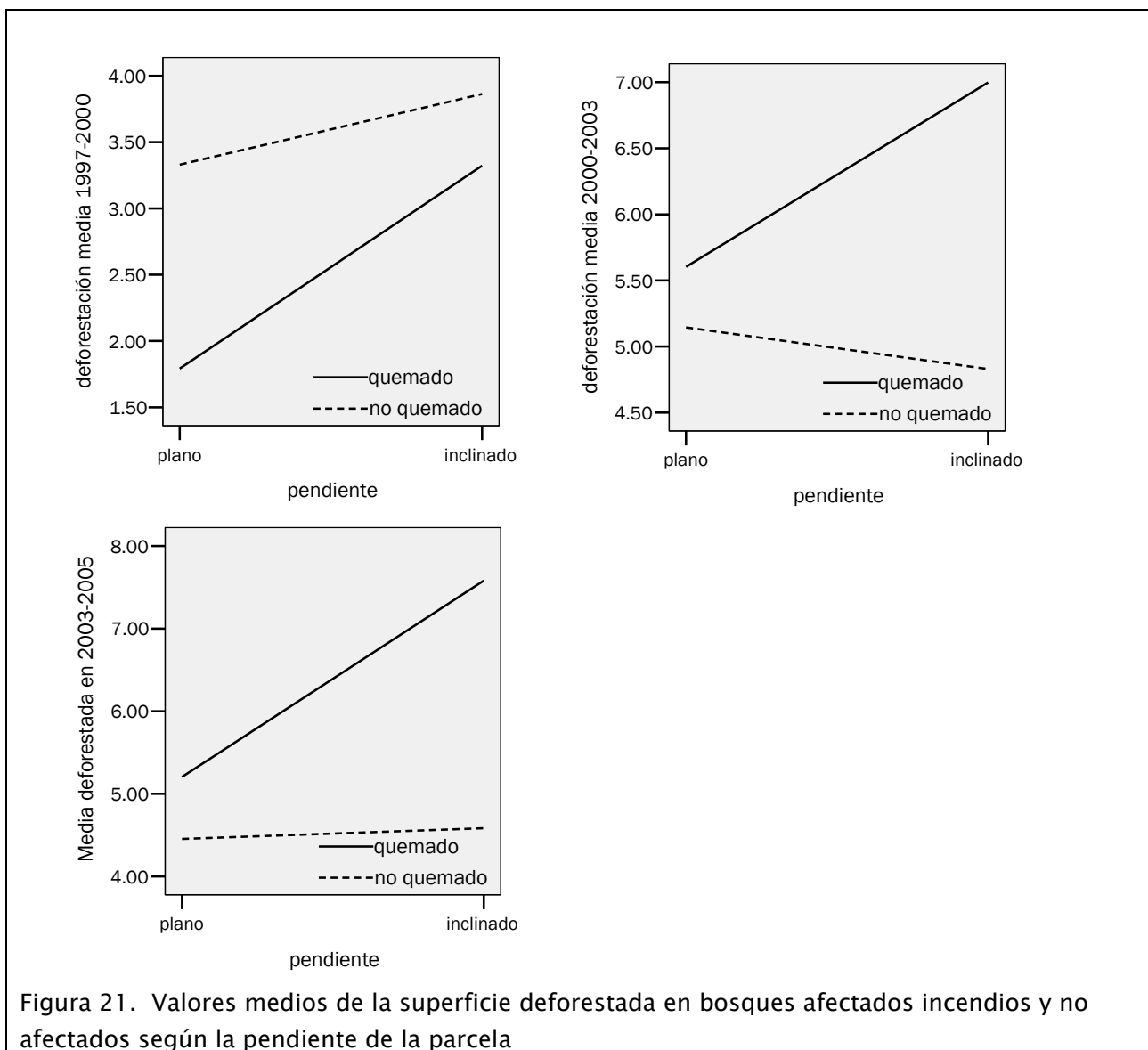


Figura 21. Valores medios de la superficie deforestada en bosques afectados incendios y no afectados según la pendiente de la parcela

Aún si las diferencias de medias no son significativas, en el periodo 1997–2000 se observa que los valores medios deforestados en bosques libres de incendios son mayores que en los bosques afectados por incendios. Así mismo la superficie media deforestada en áreas con pendientes inclinadas es mayor. En 2000–2003 la superficie de bosque deforestado en bosques afectados por incendios es también superior. Este hecho es más evidente en las áreas de bosque con pendientes inclinadas aunque las diferencias no son estadísticamente distintas. En el periodo 2003–2006, la deforestación de bosques en áreas planas ocurre en igual medida en bosques afectados por incendios y en bosques no afectados. Sin embargo en las áreas de bosque en pendientes inclinadas la deforestación de bosques afectados por incendios es mucho más alta que en bosques libres de incendios. La media de bosque deforestado en áreas libres de incendios, es similar en áreas planas y en áreas con pendientes inclinadas.

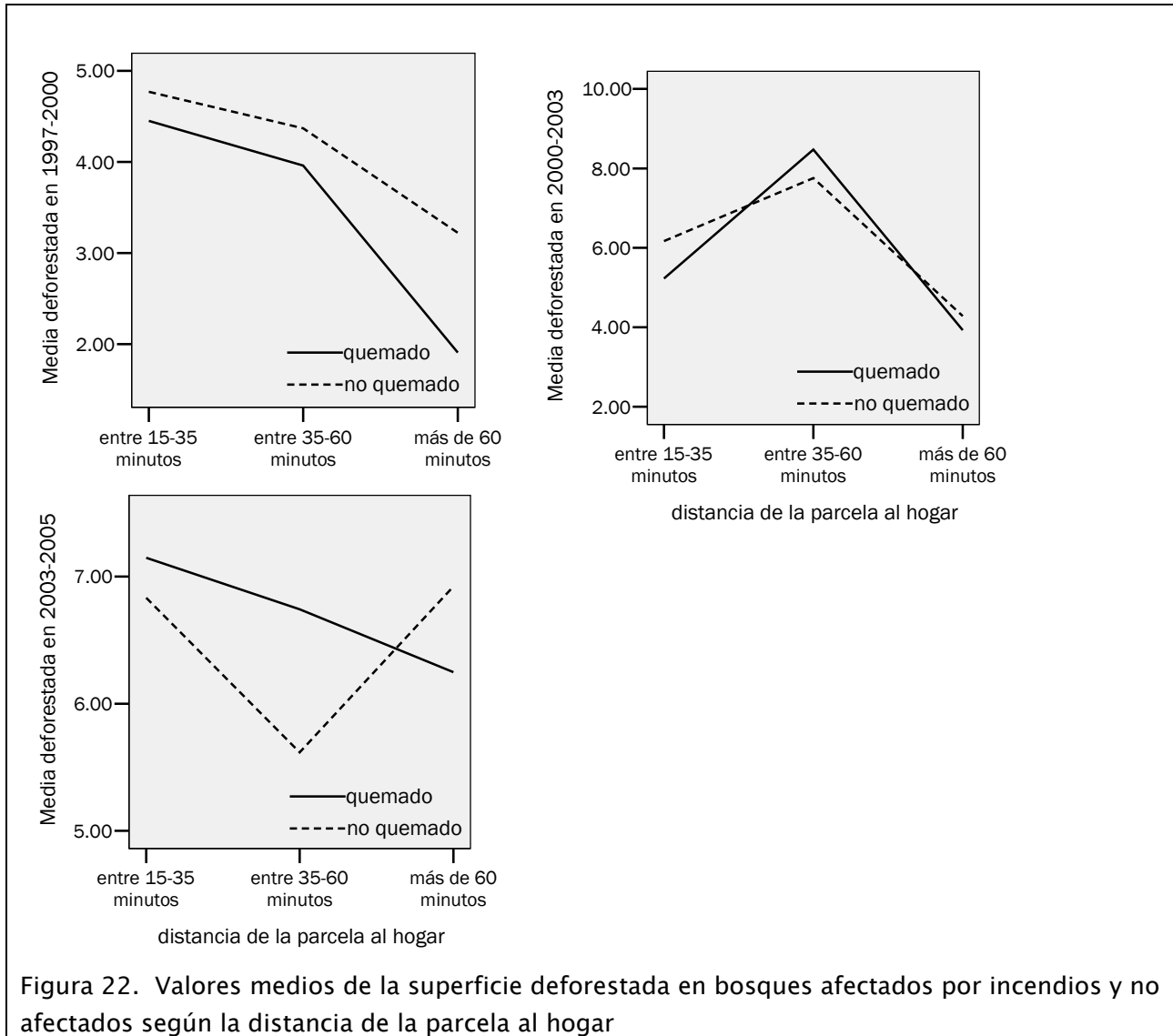
En la prueba de ANDEVA dos factores que involucra los incendios y la distancia se acepta que no hay diferencias significativas entre las medias deforestadas en ninguno de los tres periodos de estudio (Cuadro 15). Esto significa que la superficie deforestada en áreas afectadas por incendios y libres de incendios es la misma cuando controlamos el factor distancia.

Cuadro 15. Diferencia de medias de superficie deforestada según la distancia de la parcela al hogar y según la proporción de bosque afectado por incendios.

Periodo de estudio	Variable	F	Sig
1997–2000	Quemado 1998	0.584	0.448
	Distancia de la parcela al hogar	1.693	0.194
	Interacción	0.109	0.897
2000–2003	Quemado 1998	0.026	0.872
	Distancia de la parcela al hogar	3.739	0.130
	Interacción	0.198	0.821
2003–2005	Quemado 2003	0.059	0.809
	Distancia de la parcela al hogar	0.197	0.821
	Interacción	0.244	0.784

En 1997–2000 se observa que la deforestación, tanto en bosques afectados por incendios como en los no afectados, disminuye conforme aumenta la distancia de la parcela al hogar. Así mismo se observa que los valores promedio de deforestación de los bosques afectados y no

afectados por incendios forman líneas casi paralelas, lo que indica no hay diferencia en las medias deforestadas en bosque afectado/no afectado por incendios según la distancia.



En el periodo 2000–2003 estas dos líneas se mantienen cercanas, mostrando nuevamente que el incendio de 1998 no tiene efecto en la deforestación. En el caso de la distancia, hay una superficie mayor deforestada en las parcelas que se localizan a una distancia del hogar entre 35–60 minutos; aunque estas diferencias no son significativas. En 2003–2005 la deforestación de bosques afectados por incendios se reduce conforme aumenta la distancia de la parcela al hogar, pero la deforestación de bosques libres de incendios aumenta en las áreas más alejadas.



---

### 3.2.5. EL CONTEXTO DE LAS DECISIONES DE USO DEL SUELO

Durante el trabajo de campo se pudo observar que en esta comunidad existe una serie de reglas y arreglos institucionales relacionados con el uso del suelo y los incendios forestales. La organización comunitaria se lleva a cabo por medio del Consejo Comunitario de Desarrollo – COCODE – que cuenta con varias comisiones como la de incendios, turismo, salud y educación. La tarea principal de la comisión de incendios es mantener limpio el perímetro de la comunidad, sobre todo asegurarse de esto antes de que empiecen las quemas agrícolas. Cada año, antes de iniciar las quemas agrícolas, la comunidad se organiza para remover la cobertura vegetal de la brecha que limita la comunidad. En 2007 los habitantes de Paso Caballos limpiaron el perímetro oeste que colinda con la estación biológica Las Guacamayas. Por otra parte, cada parcela se encuentra claramente definida por medio de brechas de 1.5m de ancho.

La otra tarea de la comisión de incendios es organizar los calendarios de quema de la comunidad. Estas se llevan a cabo agrupando las parcelas más cercanas en secciones; los usuarios de las mismas participan en la quema de todas las áreas agrícolas de la sección para tener un mejor control del fuego. De esta manera en las quemas agrícolas se reúnen más de 10 personas por parcela para reducir la posibilidad de que el fuego salga de control. En el caso de que una quema agrícola se descontrole y afecte una parcela vecina, el COCODE, en acuerdo con los miembros interesados, define una sanción económica para el responsable del descuido.

En las entrevistas se hizo la pregunta directa sobre los motivos por los cuales el entrevistado había decidido deforestar un área de bosque afectado por incendios o decidido no deforestarla. El motivo más mencionado por el cual un campesino decidía eliminar una superficie de bosque afectado por incendios para convertirlo a milpa fue que “hubo necesidad”. Esta respuesta se vincula con una necesidad de más alimento o más recursos monetarios que es atenuada al cultivar una mayor superficie. Uno de los entrevistados comentó que deforestó el área de bosque afectado por incendios porque su fuente alterna de trabajo había decaído, por lo que optó por sembrar en esa área.

---

Otra respuesta dada a la pregunta del motivo por el cual decidió eliminar el bosque afectado por incendios se relaciona con el grado de afectación del bosque debido al incendio. En 6 ocasiones los entrevistados comentaron de manera general que el bosque “ya estaba botado por el incendio” y que el bosque “se quemó mucho”. Dos comentarios son un poco más específicos: “porque el bosque se quemó mucho y quedó como guamil (acahual)”, y “se quemaron las copas de los árboles, así que lo boté”. Estas declaraciones muestran que según el grado de afectación por fuego en los árboles, tomaron la decisión de deforestar el bosque quemado. En dos de estas respuestas los jefes de familia mencionaron que esa área había sido afectada por fuego en ocasiones anteriores.

Mencionaron también simplemente que “así empezaron a usar su parcela”. En 1997–1998 cuando se les entregó su parcela la mayor parte de estas estaban completamente cubiertas de bosque, por lo que era necesario remover esta cubierta para poder iniciar las actividades agrícolas. Muchos de estos bosques habían sido afectados por el incendio de 1998, y en los casos en los que se deforestó ese bosque afectado por incendios, cinco entrevistados afirmaron que no se había deforestado por el hecho de que estuviera quemado sino porque ellos habían decidido previamente que iban a utilizar esa área para sus cultivos. En dos ocasiones los entrevistados afirmaron que habían decidido deforestar el bosque afectado por incendios porque este se encontraba en un área adecuada para la agricultura, por ejemplo en un área plana o con una gruesa capa de suelo.

Cuando se les preguntó el motivo por el cual habían decidido dejar el bosque afectado por el incendio y no cambiar su uso, en 12 casos los entrevistados hicieron referencia a los acuerdos de cooperación. En éstos se acordó dejar una reserva de bosque mayor al 20% de cada parcela. Los usuarios de las parcelas deciden en donde localizar su reserva, por lo que este bosque no se deforesta independientemente de que haya sido afectado por incendios. En 6 de los casos los jefes de familia mencionaron que el área de bosque afectado por incendios no había sido

---

deforestada a la fecha, pero que poco a poco lo iban a ir eliminando hasta que quedaran solamente las 15ha que forman parte de la reserva forestal de cada parcela. En 3 ocasiones los entrevistados hicieron referencia a la importancia de conservar los bosques para un futuro, aunque estuvieran quemados. Mencionaron que estas áreas iban a ser utilizadas más adelante por sus hijos, por lo que no las podían empezar a utilizar.

En concordancia con lo encontrado por (Randolph *et al.*, 2005) para otros bosques tropicales, una de cada tres personas mencionó que obtenía beneficios del bosque, por lo que no lo deforestaban aunque fuera afectado por incendios. En el bosque encuentran materiales de construcción para sus casas, frutos, leña para cocinar y beneficios como la frescura misma de un bosque. Las casas en la comunidad están construidas en gran medida con materiales del bosque como tablas de cedro o caoba para las paredes y guano y bejuco para los techos. Así mismo valoran el xate (*Chamaedorea spp.*) el cual es extraído del bosque o bien es cultivado por algunos campesinos, y es posteriormente vendido. La quema de estas especies es un grave problema para los campesinos quienes asignan un gran valor a estos recursos.

Siete informantes manifestaron que uno de los motivos por los cuales no deforestaron un área de bosque afectado por incendios fue debido a la localización del bosque. Explicaban, por ejemplo, que si el bosque afectado por incendios se encuentra muy lejos de la aldea o se encuentra en áreas de cerro este no se deforestaba ya que es muy inaccesible. Por otra parte, uno de los entrevistados mencionó que no podía cultivar en cierta área de bosque afectado ya que este se encuentra inmerso en otras áreas de bosque no afectadas en los incendios. Explicaba que al momento de quemar la vegetación y preparar el área para cultivos, el bosque vecino podría ser afectado por fuego.

Durante las entrevistas los jefes de familia mencionaron que tuvieron pérdidas por quema de sus cultivos así como la quema de sus viveros forestales. En los incendios de 1998 y 2003 se quemaron algunas milpas y cultivos de pepitoria, y en 2003 fueron afectadas varias parcelas

---

agroforestales que contaban con árboles frutales y especies de valor económico. De acuerdo a Gould, Carter y Shrestha (2006), las pérdidas materiales provocadas por los incendios limita las inversiones que un campesino pueda hacer en su parcela. Mencionan que el riesgo de ocurrencia de incendios provoca que los usuarios de las parcelas no siembren árboles maderables, frutales u otros que promueven las iniciativas de agroforestería. Esto fue lo que sucedió, según mencionan los entrevistados, con el proyecto implementado en conjunto con ProPetén, que promovía el establecimiento de viveros forestales y parcelas agroforestales. Algunos entrevistados se mostraron desmoralizados por el efecto del incendio del 2003, mientras que otros sí continuaron invirtiendo tiempo y esfuerzo en este proyecto.

Muchos mencionaron que el área de reserva boscosa que tienen que dejar como parte de los acuerdos de cooperación sería preferiblemente escogidos por la ausencia de áreas afectadas, en donde todavía hubiera especies de valor para ellos. Esto denota la importancia que los campesinos asignan al bosque de su parcela y el interés que tienen de que éste no se quemara. Por otra parte también hubo entrevistados que mencionaron que definieron sus bosques de reserva en función de su accesibilidad. Consideran dejar su reserva en puntos menos accesibles y desarrollar las actividades agrícolas en las áreas más cercanas a caminos.

Uno de los parcelarios de la comunidad comentó que durante el incendio de 2007 se quemaron 2.8 ha de bosque. El había definido previamente que las siembras de ese año serían en el mismo lugar donde sembró en 2006 (una superficie de 4.2 ha). Sin embargo el hecho de que una parte del bosque se quemó fuertemente en 2007 lo motivó a sembrar 2.8ha adicionales. En la entrevista, el no mencionó específicamente que fuera a sembrar allí porque el bosque perdió valor, pero sí sembró específicamente en el bosque afectado por el incendio de 2007 y no en un área no afectada.

Como parte de las entrevistas se cuenta con información de edad del jefe de familia, número de hijos y disponibilidad de mano de obra. De acuerdo a los coeficientes de Spearman, se encuentra una correlación positiva entre la deforestación y estas variables (Cuadro 16).

**Cuadro 16. Relación entre la deforestación, incendios y variables del contexto familiar**

	edad del dueño de la parcela	número de hijos	mano de obra familiar
bosque afectado por el incendio de 1998	-0.101(0.576)	-0.219 (0.229)	-0.232 (0.202)
bosque afectado por el incendio de 2003	-0.176 (0.326)	-0.288 (0.110)	-0.271 (0.133)
bosque deforestado 1997-2003	0.459** (0.007)	0.520** (0.002)	0.567** (0.001)
bosque deforestado 2003-2005	0.041 (0.819)	0.224 (0.218)	0.212 (0.244)

El valor de la significancia se presenta entre paréntesis. \*\* Significativo a nivel 0.001.

De acuerdo a los resultados de los ANDEVAS de una vía para analizar la diferencia de medias de estas variables en función de los resultados de proporciones de deforestación, no se encuentran diferencias significativas entre las medias. Esto significa que en este periodo, deforestar un bosque afectado por incendios o uno libre de incendios no varía de acuerdo a la edad del jefe de familia, el número de hijos o la mano de obra disponible. El Cuadro 17 presenta los valores medios de estas tres variables según el índice de concentración de la deforestación.

**Cuadro 17. Valores medios reportados de las características de la familia según la preferencia por deforestar un bosque afectado por incendios o uno libre de incendios en 1997-2003**

Variable	Índice de concentración de la deforestación en 1997-2003	N	Media	Desviación estándar
edad del jefe de familia en 1998	Bosque libre de incendios	11	35.09	15.35
	sin concentración	14	27.20	13.31
	Bosque afectado por incendios	7	28.71	9.95
	Total	32	30.15	13.51
número de hijos en 1998	Bosque libre de incendios	10	3.80	3.55
	sin concentración	15	2.40	3.29
	Bosque afectado por incendios	7	3.71	3.40
	Total	32	3.13	3.36
mano de obra familiar disponible en 1998	Bosque libre de incendios	10	6.29	4.79
	sin concentración	15	3.72	4.36
	Bosque afectado por incendios	7	4.94	3.31
	Total	32	4.79	4.32

En los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el periodo 2003–2006 tampoco se encontraron diferencias significativas de los valores medios de edad, número de hijos y mano de obra disponible. No obstante, la significancia de los resultados es muy baja para las últimas dos variables con valores de 0.055 y 0.066 respectivamente. En el Cuadro 18 se observa que efectivamente en las parcelas en las que hubo preferencia por deforestar bosques afectados por incendios, el número de hijos es mayor que en las otras parcelas. Así mismo se observa que en las parcelas con preferencia por deforestar bosques afectados por incendios la disponibilidad de mano de obra era más elevada. En este sentido se requiere de más información para poder concluir de manera más contundente.

Cuadro 18. Valores medios reportados de las características de la familia según la preferencia por deforestar un bosque afectado por incendios o uno libre de incendios en 2003–2006

Variable	Índice de concentración de la deforestación en 2003–2005	N	Media	Desviación estándar
edad del jefe de familia en 2003	Bosque libre de incendios	7	30.29	7.80
	sin concentración	11	32.83	16.22
	Bosque afectado por incendios	14	39.57	12.65
	Total	32	35.15	13.51
número de hijos en 2003	Bosque libre de incendios	7	3.86	2.79
	sin concentración	11	2.45	2.34
	bosque afectado por incendios	14	5.86	3.84
	Total	32	4.25	3.44
mano de obra familiar disponible en 2003	bosque libre de incendios	7	4.33	2.35
	sin concentración	11	4.72	3.90
	bosque afectado por incendios	14	10.03	5.85
	Total	32	6.96	5.28

---

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En existe un discurso dominante por parte del gobierno sobre los efectos de los incendios forestales en la deforestación para el caso de la RBM: una vez que el bosque es afectado por un incendio, los campesinos aprovechan esta área para ampliar la frontera agrícola. Esta verdad ha sido creada como resultado de estudios técnicos sobre la deforestación en donde se identifican problemas y se recomiendan soluciones abstrayéndose parcialmente de los contextos sociales, políticos e históricos. Como menciona Sundberg (1998), estos estudios siguen nutriendo una verdad dominante y el discurso creado es tan detallado y rotundo que una perspectiva alterna es inimaginable.

### 4.1. ¿LOS INCENDIOS FORESTALES FAVORECEN LA DEFORESTACIÓN?

El promedio deforestado en las parcelas de Paso Caballos es el mismo en bosques afectados por incendios y en los libres de incendios. Para poder aseverar esto, controlamos factores como la pendiente y la distancia del hogar a la parcela. En otras palabras, había que determinar si el bosque de una parcela había sido deforestado porque había sido afectado por un incendio y no por el hecho de que estuviera en un área con pendientes planas propicias para la agricultura, o cerca del hogar, donde los campesinos prefieren sembrar. Los resultados afirman que los incendios forestales no favorecieron la deforestación de 1997–2003 y 2003–2005. Este punto permite cuestionar una parte del discurso de CONAP, que sostiene que los campesinos aprovechan el hecho de que los bosques se queman para deforestar más. De acuerdo a los resultados en Paso Caballos, no hubo más deforestación en los bosques afectados por incendios, por lo que los incendios forestales no favorecieron la deforestación en ninguno de los periodos analizados.

---

Es importante señalar que en 1998 la comunidad de Paso Caballos iniciaba un proceso de re-colonización de las parcelas. Este proceso coincidió con la suscripción de los acuerdos de cooperación (antes de 1997 los campesinos sembraban en las áreas más cercanas a la aldea). En ese año los campesinos eliminaron una superficie de bosque para poder iniciar los sistemas agrícolas en sus parcelas. El periodo 1997–2003 coincide con un proceso de colonización en las parcelas agrícolas más alejadas. Si se considera esta información sobre el contexto de la comunidad, se plantea que, aunque se observen áreas de bosque deforestadas afectadas por incendios, ello no implica que los incendios fomenten la deforestación. En el contexto de colonización que se encontraba Paso Caballos en 1997, la eliminación del bosque se presentó como parte del proceso de colonización, no como resultado de los efectos de los incendios.

#### **4.2 ¿EXISTE UNA PREFERENCIA POR DEFORESTAR LOS BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS?**

Durante el periodo 1997–2003 existe una tendencia por deforestar los bosques libres de incendios, mientras que en el segundo periodo se presentan, en ambas escalas, más unidades con tendencia a deforestar los bosques afectados por incendios. Los entrevistados no manifestaron una preferencia por deforestar un bosque afectado por incendios. Le dieron mayor importancia a otros factores como la localización de la parcela, la identificación de sitios dentro de la parcela con mejor calidad de suelo para cultivar. Mencionaron el hecho de que ellos ya tienen contemplada una disposición espacial para el uso de su parcela, es decir que planifican en dónde localizar sus áreas de cultivo y sus áreas de reserva boscosa. Los entrevistados le dieron valor a los acuerdos previos entre la comunidad y CONAP así como a los beneficios que obtienen del bosque.

La distancia de la parcela al hogar es una de las variables que presentó mayor relevancia en los análisis estadísticos. Ésta se encuentra asociada positivamente con el incendio de 1998, debido a que ese incendio ocurrió en las áreas alejadas a la aldea. Es más fácil controlar y apagar un incendio que se encuentra cerca de la comunidad ya que hay más gente para colaborar en su



---

extinción y es más viable transportar las herramientas (combustible, moto sierras y agua). Cuando los incendios se han originado fuera de la comunidad e ingresan a ésta desde puntos alejados a la aldea, es probable que el incendio no pueda ser controlado.

Por otra parte, la distancia se encontró asociada negativamente con la deforestación. Esta correlación ha sido ampliamente documentada (Tucker *et al.*, 2005, Turner *et al.*, 2001, Carr 2005, Pichón 1997, Caldas, Walter y Perz 2002). Se espera que los bosques que se encuentran más cercanos a la aldea, a los caminos o a los mercados sean más susceptibles a ser deforestados. En este caso se midió la distancia de la parcela a la aldea, ya que por lo general los productos de la parcela, como maíz y frijol son para consumo del hogar y solo se venden cuando hay un excedente de la producción. La accesibilidad del área de cultivos es fuertemente considerada en la decisión de cambio de uso del suelo.

Durante las entrevistas de campo no se percibió que los campesinos se beneficiaran con los incendios. Por el contrario los incendios forestales tienen como consecuencia la pérdida de especies valiosas para el campesino, como el cedro (*Cedrella odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), guano (*Sabal spp*), copal (*Protium copal*), xate (*Chamaedoria sp*) y algunas especies de bejuco. Por otra parte, mencionaron que los incendios forestales provocaron pérdidas económicas por quema de cultivos y la aparición de plagas de cultivos (gusanos, insectos y hierbas). Tal y como lo señala Gould (2006) la alta frecuencia de incendios limita los incentivos para que las personas que viven en las comunidades se motiven a invertir tiempo y recursos para involucrarse en proyectos agroforestales en sus parcelas.

Así mismo hicieron referencia a la alta incidencia de conjuntivitis y enfermedades pulmonares que aumenta durante la temporada de incendios. Los campesinos también mencionaron la pérdida de la humedad de la tierra y la aparición de piedras en el suelo, la degradación del suelo y la contaminación del río por las cenizas del incendio. Todos los puntos señalados son problemas que afectan directamente al campesino, por lo que no tiene sentido pensar que ellos

---

estén interesados por que el bosque sea afectado por incendios. En Paso Caballos los campesinos no se benefician de los incendios, y hacen lo que está en sus manos para evitarlos por medio de la organización comunitaria orientada a la prevención de incendios.

Una de las ventajas de esta investigación es que se pudo hacer el vínculo geográfico entre la información socioeconómica y los datos de GIS. Esto es muy complicado y siempre es un reto en los estudios que analizan la interacción humano–ambiente (Rindfuss *et al.*, 2004). En la investigación fue posible realizar este vínculo gracias a la distribución espacial de las parcelas así como al hecho de que las parcelas estudiadas han tenido un solo dueño. Las variables del contexto familiar consideradas fueron la edad del campesino, el número de hijos y la disponibilidad de mano de obra familiar. Estas se encontraron asociadas positivamente con la deforestación. La asociación entre la deforestación y las primeras dos variables ha sido documentada en diversas investigaciones sobre la deforestación en el contexto del hogar (Caldas, Walter y Perz 2002, Tucker *et al.*, 2005, Turner *et al.*, 2001, Carr 2005, Pichón 1997), en donde relacionan el número de hijos y la edad del campesino con la capacidad de la familia de trabajar la tierra. En su investigación Lee y Kramer (2002) explican la importancia de analizar la estructura sexo–edad del hogar, ya que en los hogares Mayas–Yucatecos que estudiaron encuentran que los niños tienen un papel importante en la economía familiar. La correlación positiva encontrada entre la deforestación y la disponibilidad de mano de obra familiar sugiere que las familias con mayor capacidad de mano de obra tenderán a deforestar más.

#### **4.3. ¿CÓMO SE RELACIONAN LOS RESULTADOS DE PASO CABALLOS CON LA ESCALA REGIONAL?**

Paso Caballos es una comunidad con características particulares que la hacen única en el Parque. Es una comunidad en la que hay más apoyo gubernamental y no gubernamental que en el resto de comunidades del Parque. Hay por lo menos dos organizaciones no gubernamentales que trabajan temas de conservación y prevención de incendios forestales, a diferencia de otras comunidades en donde no existe este tipo de intervenciones. Por otra parte, como se ha

---

mencionado antes, es una de las siete comunidades con acuerdos de cooperación, por lo que los usuarios de la tierra tienen claridad en la tenencia de la tierra. Estos acuerdos son respetados en buena parte: los campesinos de Paso Caballos mantienen sus brechas limpias, mantienen la superficie mínima de reserva boscosa, se organizan para la prevención y control de incendios forestales. No obstante ha habido descontrol en cuanto al número de familias que habita en la comunidad, que ha pasado de 112 a 160 familias en 10 años, un poco menos de 5 familias nuevas cada año. Si consideramos las particularidades de esta comunidad, no podríamos simplemente extrapolar los resultados que se obtienen en Paso Caballos para explicar lo que ocurre en el Parque con relación a los incendios y la deforestación. No obstante los resultados observados en Paso Caballos permiten poner en duda las generalizaciones que se han hecho para todo el parque respecto a este tema.

En el periodo 2000–2003 estas dos líneas se mantienen cercanas, mostrando nuevamente que el incendio de 1998 no tiene efecto en la deforestación. En el caso de la distancia, hay una superficie mayor deforestada en las parcelas que se localizan a una distancia del hogar entre 35–60 minutos; no obstante estas diferencias no son significativas. En 2003–2005 la deforestación de bosques afectados por incendios tiene un comportamiento similar a la deforestación 1997–2000, es decir, que se reduce conforme aumenta la distancia de la parcela al hogar. No obstante, la deforestación de bosques libres de incendios aumenta en las áreas más alejadas.

Antes, se señaló que en Paso Caballos existen varias comisiones que se dedican a la prevención de incendios forestales, temas de salud, educación y turismo, entre otras. Este fomento de la organización comunitaria y la formación de capacidades institucionales dentro de una comunidad es un capital elemental en la conservación y desarrollo sustentable de una zona. Esta formación de capital social se ha logrado como parte de los acuerdos de cooperación gracias a la voluntad de los campesinos así como por las organizaciones acompañantes en el proceso de establecimiento de la comunidad. Las ONG's acompañantes han orientado

---

técnicamente a la comunidad en temas de prevención y control de incendios forestales, establecimiento de parcelas agroforestales y huertos familiares, entre muchas otras iniciativas.

No obstante el apoyo desigual de las ONG's fomenta situaciones diversas en el Parque Nacional Laguna del Tigre. En comunidades como Nuevo Amanecer o Los Tubos, al centro del parque, no existe ninguna ONG acompañando procesos mientras que en Paso Caballos hay por lo menos dos ONG's trabajando en diversos temas. El relativo éxito de los acuerdos de cooperación en Paso Caballos se relaciona, entre otras cosas con las alternativas y trabajo en conjunto por parte de campesinos y técnicos que se ha realizado en la comunidad. Es posible que en muchas de las comunidades en las que no ha habido éxito con la estrategia de implementar acuerdos entre comunidades y CONAP sea debido a la falta de orientación y seguimiento de la política.

Otra de las particularidades de Paso Caballos es que solamente se dedica a la agricultura y no existen prácticas ganaderas. La siembra de pasto y la crianza de ganado han sido identificadas como factores más impactantes en la deforestación de bosques tropicales (Kaimowitz 1996, Fujisaka *et al.*, 1996, Geist y Lambin 2001). Se encontraron superficies deforestadas y afectadas por incendios menores en las comunidades que solamente practican agricultura. No obstante no se encuentran diferencias significativas entre la superficie deforestada en bosques afectados por incendios y superficies deforestadas en bosques libres de incendios según el tipo de actividad económica de la comunidad. Esto se debe a la enorme heterogeneidad de las comunidades. Aparentemente los valores promedio son distintos, pero el comportamiento de las comunidades con relación a la deforestación de bosques afectados por incendios es tan heterogéneo, que no se puede concluir que la ganadería promueva mayores superficies de deforestación en bosques afectados por incendios. Durante el periodo 1997-2003 las comunidades como Buenos Aires, Rancho Sucely y Nuevo Amanecer que son ganaderas y agrícolas presentan una fuerte pérdida de bosque, en donde la deforestación de bosques libres de incendios es hasta 25 veces mayor que la deforestación de bosques afectados por el incendio de 1998, no obstante en Paso Caballos, una comunidad puramente agrícola, la deforestación de

---

bosques libres de incendios también es más elevada que la deforestación de bosques afectados por incendios.

De acuerdo a la delimitación del Parque, no deberían de existir actividades ganaderas dentro del mismo. No obstante si las hay. Con el argumento mismo de que estas actividades pecuarias son ilegales dentro del parque, el CONAP no incluye a los ganaderos dentro sus planes de manejo. La falta de inclusión de este sector dentro de las políticas de conservación agudiza el conflicto entre las personas que viven en el área y el CONAP. Al no trabajar con los ganaderos y no orientarlos sobre las prácticas de prevención y control de incendios así como prácticas ganaderas más sustentables, sigue aumentando la deforestación y descuidos del uso por fuego relacionados con prácticas ganaderas. En términos prácticos tendría que ser más fácil poder llegar a acuerdos con un finquero que con cientos de personas de una comunidad. No obstante, existen diferencias en cuanto a las relaciones de poder entre CONAP y los campesinos y entre CONAP y los finqueros. La selectividad con la que CONAP aplica su política de asentamientos humanos hace que aumente el conflicto y la desigualdad en el PNLT.

#### **4.4. EFECTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN EL BOSQUE**

Un incendio puede afectar en diversas intensidades a la vegetación, puede provocar un daño muy ligero, quemando solamente la hojarasca y sin afectar los árboles o puede causar la desaparición total del bosque, reduciéndolo a cenizas (Uhl 1998). En el Parque Nacional Sierra de Lacandón, Ponce (2001) señala que el 90% de los incendios forestales de 1998 fueron de intensidad I. Menciona que esta intensidad de daño se caracteriza por presentar efectos rastreros, el 85% de los árboles afectados por este tipo de incendios en su estudio no presentan daños en el fuste ni en las copas.

De acuerdo a Ponce (2001) existe una estrecha relación entre la intensidad de los incendios forestales y la pendiente del terreno. En el PNLT más del 90% del área se localiza en pendientes

---

de menos de 6%, esto nos sugiere que la intensidad de los incendios tendería a ser baja. Sostenemos que para que un área de bosque afectado por incendios pueda ser empleado como área de cultivo, el incendio debe haber sido tan intenso como para reducir la vegetación a cenizas. Esto parece ser poco probable en el caso del Parque Nacional Laguna del Tigre, en donde los efectos de los incendios tienden a ser rastreros. En el escenario en que los incendios forestales tienen efectos superficiales en el bosque y que los resultados de una quema agrícola son muy diferentes a los de un incendio rastrero (eliminación total de la cubierta vegetal), no se evidencia una clara ventaja de deforestar un bosque que ha sido afectado por incendios.

Se debe distinguir las distintas facetas que puede tener el fuego: como una herramienta para solucionar conflictos por tierra o como una herramienta para aumentar las superficies agrícolas. Sostenemos que en la RBM, la primera faceta del fuego es más evidente que la segunda. Los resultados permiten afirmar que en el PNLT los incendios forestales de 1998 y 2003 no fueron empleados por los campesinos como herramienta para ampliar sus áreas de cultivo. Se debe explorar hasta que punto la pérdida de cubierta boscosa en áreas afectadas por incendios es resultado del uso del fuego como un mecanismo de reclamo de tierras.

Los análisis espaciales para identificar en donde ocurre la deforestación permitieron identificar que en 1997–2003 una mayor proporción de los bosques libres de incendios se deforestó, mientras que en 2003–2005 la deforestación se concentró tanto en bosques afectados por incendios como en los libres de incendios. El único factor identificado en las entrevistas que podría explicar estos cambios de tendencia es la intensidad del incendio y su efecto sobre la vegetación. En las entrevistas, los jefes de familia explicaban que cuando el bosque se quema mucho, se afectan las raíces de los árboles, éstos se pudren y con el tiempo se caen o ellos mismos los botan y los usan para leña o tablas. Cuando el incendio es muy devastador y la cubierta vegetal se encuentra muy degradada, el campesino tiende a deforestar este bosque para sembrar. En este sentido, la intensidad con la que se quema el bosque es uno de los factores más importantes que influyen la decisión de deforestar un bosque afectado por

---

incendios. La decisión de dónde sembrar los cultivos depende principalmente de las características biofísicas del suelo y de la distancia del hogar a la parcela. Los campesinos prefieren deforestar un bosque afectado por incendios solamente cuando el bosque ha sido fuertemente afectado por incendios.

Uno de los entrevistados comentó que deforestó el área de bosque afectado por incendios porque esta área había sido afectada por incendios en dos ocasiones. Esto sugiere que un bosque afectado por incendios recurrentemente podría ser más propenso a ser eliminado para iniciar áreas de cultivo. No obstante, habría que tomar en cuenta que algunos ecosistemas afectados por incendios recurrentes están caracterizados por suelos con pocos nutrientes (Eva y Lambin 2000) por lo que la productividad de estos cultivos podría ser más baja. Queda pendiente analizar cuál es el efecto de la recurrencia de incendios en la deforestación y si los campesinos tienen preferencias por deforestar bosques que se han quemado recurrentemente.

Este aspecto señala la importancia de trabajar con mapas de intensidad de incendios. Lamentablemente no se pudo generar este tipo de mapas ya que se identificó que la información de campo relacionada con incendios era inexacta; algunos entrevistados generalizaron sobre la distribución del bosque afectado por incendios, diciendo que se quemó toda o que no se quemó nada, sin identificar pequeños parches. Esto se debe, en parte, al tiempo que ha transcurrido entre los incendios de 1998 y 2003 y el trabajo de campo.

#### **4.5. EL ORIGEN DE LOS INCENDIOS FORESTALES**

Hasta el momento, hemos tratado de aportar elementos para contribuir al debate sobre los efectos de los incendios forestales en la deforestación. Siguiendo en esta misma línea y basándonos en las cifras y los mapas analizados, podemos explorar a su vez, el discurso que señala a los campesinos como principales responsables del origen de los incendios, de esta manera intentamos contribuir al discurso sobre las causas de los incendios forestales.

---

Dennis *et al.* (2005) realizó un estudio sobre las causas y efectos de los incendios en Indonesia, en el que encontró que las causas de los incendios tienen orígenes múltiples con causas directas y subyacentes. Señala que en Indonesia, las causas directas de los incendios son que éstos son empleados para fines de transformación de la cubierta vegetal por pequeños y grandes productores, son producto de descuidos pero también como herramienta en la disputa por tierra. Si exploráramos las causas de los incendios en la RBM probablemente no serían muy distintas a las identificadas en Indonesia. El punto, es que el discurso que sostiene el gobierno en Guatemala, solamente visualiza estas causas directas e ignora o no contempla las causas subyacentes.

Algunas causas subyacentes de los incendios forestales en la RBM se originan del conflicto de intereses entre las reclamaciones por la tierra y recursos, por parte de los habitantes del área y la política conservacionista del Gobierno. Muchas de estas causas, principalmente en los Parques Nacionales del oeste, es reflejo de la falta de incentivos para que los individuos, comunidades o compañías privadas se interesen en el control y prevención de incendios forestales. Un ejemplo de éxito de cómo funcionan los incentivos en la prevención de incendios forestales es lo que se observa en la Zona de Usos Múltiples, donde se encuentran las concesiones forestales comunitarias. Estas concesiones por 25 años iniciaron entre 1997–1999 y evidenciándose los esfuerzos por el control de incendios forestales que se traducen en una reducción de la superficie afectada por incendios de 1998 a 2003. En 1998 se afectaron cerca de 80,000 ha de bosque (12% del bosque en 1997) y 49,000 ha en 2003 (7% del bosque de 2003). En estas concesiones, los campesinos se encargan de prevenir y controlar los incendios forestales. Existen incentivos para que no se quemé el bosque: la quema del bosque representa una pérdida de especies maderables y no maderables, una pérdida económica. Estas concesiones forestales tienen a su vez mecanismos de incentivos como la certificación forestal, mediante la cual deben institucionalizar diversos procesos para el acceso a mercados más competitivos.



---

Por otra parte, como lo señala Gould, Carter y Shrestha (2006), la política de legalización de tierras fuera de los Parques Nacionales ha hecho más atractiva la invasión dentro de los Parques Nacionales. Una vez que se legaliza la propiedad fuera de estos Parques, la posibilidad de invadir estas áreas es más complicada, mientras que los parques, que siguen siendo propiedad de la nación, quedan al resguardo de los escasos guarda-bosques que tiene CONAP. Ante la poca presencia del Gobierno y un problema estructural de acceso a tierras, los Parques Nacionales son más accesibles y atractivos para los invasores. Es así como las políticas de legalización de tierras han tenido efectos contrarios a los intereses conservacionistas del área.

A la fecha, la existencia de parques extensos, prístinos y deshabitados son criterios de éxito para algunos conservacionistas. Consideran que el ser humano genera invariablemente una serie de impactos que amenazan con la biodiversidad del área y piensan, erróneamente, que los habitantes de los parques deben ser desplazados a otras áreas (Schwartzman *et al.*, 2000). Esa sigue siendo la mentalidad de CONAP cuya estrategia de conservación relacionada con los habitantes del parque consiste en identificar comunidades prioritarias que deben ser desplazadas. De acuerdo al plan de manejo 2007–2011, CONAP definió 11 comunidades que deben ser desalojadas del parque en los próximos años. De éstas, solamente 2 están dispuestas a salir y en 3 comunidades ni siquiera existen procesos de diálogo o negociación (CONAP 2006a). En su política de no reconocer a las comunidades instaladas en el Parque el Gobierno favorece la ilegalidad, el conflicto por el territorio y por tanto la degradación de los bosques.

#### **4.6. REFLEXIÓN FINAL**

La percepción generalizada que CONAP mantiene sobre la indiferencia hacia la conservación por parte de los habitantes de los Parques Nacionales es una limitante para la prevención de incendios forestales. El gobierno ha sostenido que los campesinos que viven en los Parques Nacionales no están interesados en la conservación ni en la prevención de incendios. No

---

obstante, como ya lo ha mencionado Shriar (2000) los campesinos peteneros están más interesados en la conservación de lo que es comúnmente reconocido. Los peteneros viven los efectos de la reducción de la cubierta boscosa. Ellos se ven afectados por las consecuencias de los cambios de cubierta vegetal de manera más directa que los conservacionistas que vivimos fuera del área. Ellos experimentan el clima más seco, las cosechas cada vez más riesgosas o improductivas, el aumento del costo de la leña y materiales de construcción que cada vez se encuentran más lejos del hogar. En Paso Caballos se interesan por la conservación de los recursos naturales, es posible que estos grupos existan también en otras áreas del Parque.

Paso Caballos orientó sus acciones hacia la protección y uso sustentable de los recursos naturales, más otras comunidades optaron por seguir un comportamiento de alta transformación del paisaje y participación en actividades ilícitas. Paso Caballos es el escenario en el que los acuerdos de cooperación han tenido impactos positivos en la conservación de la selva maya. Los acuerdos de cooperación llevados a cabo con acompañamiento, como en el caso de Paso Caballos, reducen el conflicto entre CONAP y las comunidades. La pregunta es ¿Cómo fomentar la participación activa de los campesinos en la conservación y uso sustentable de los recursos naturales? ¿Porqué no fomentar la cooperación mutua entre CONAP y los campesinos interesados en la conservación de los recursos naturales?

En el ámbito local, uno de los factores que puede facilitar el manejo de un área es la formación de capital social, definido como la confianza, normas de reciprocidad, redes de participación civil y las reglas o instituciones formales e informales (Ostrom y Ahn 2003). Podemos decir que en Paso Caballos hay una gran fortaleza y es su capital social. El capital social de esta comunidad comprende, a su vez, una organización comunitaria que permite regular actividades específicas basadas en reglas formales e informales. Los acuerdos de cooperación regulan formalmente el número de hectáreas de bosque mínimas que debe de haber en una parcela, la delimitación de las parcelas y el polígono de la comunidad. De igual manera existen mecanismos que la comunidad ha desarrollado para reprender a los responsables del mal

---

manejo del fuego en las parcelas. Por ejemplo el campesino que afecte a otro cuando se le “escape” el fuego de su parcela, debe responsabilizarse por los daños ocasionados.

Así mismo, durante el trabajo de campo se identificó un grupo de campesinos que desean formar parte activa de la conservación de bosques cercanos a la comunidad. Mediante la conformación de una sociedad, están interesados en proteger una porción del bosque al extremo este del Parque. Este tipo de iniciativas, que surgen de la organización campesina, son un claro ejemplo de cómo los campesinos pueden ser miembros activos de la conservación de los recursos naturales.

La característica particular del capital social es que éste no se desgasta con el uso sino más bien con la falta de uso. El capital social no es fácil de percibir ni de medir (Ostrom y Ahn 2003). El capital social es difícil de construir mediante intervenciones externas aunque las instituciones nacionales y regionales de gobierno impactan profundamente el nivel y tipo de capital social del que pueden disponer los individuos para realizar esfuerzos de desarrollo de largo plazo. Las instituciones gubernamentales pueden facilitar la creación de capital social por parte de los habitantes mediante la creación de espacios para que estos se auto-organice (Ostrom y Ahn 2003). El capital social que existe en Paso Caballos es un pilar en la conservación de los recursos naturales porque facilita el manejo del fuego y el control y prevención de incendios forestales.

Tal y como lo señala Ostrom y Ahn (2003), si hay confianza entre los miembros de la comunidad, así como entre las personas externas con las que interactúan, si existen redes horizontales que transmitan eficientemente la información a través de los miembros de la red, si hay reglas o instituciones formales o informales que se respetan, habrá incentivos para comportarse de manera confiable y logren alcanzar objetivos colectivos.

---

El tema de la prevención y control de los incendios forestales es de interés tanto para CONAP, para evitar la degradación de los recursos naturales, así como para los campesinos, que viven las consecuencias directas de los incendios. CONAP y las comunidades del parque deben trabajar en conjunto para reducir la incidencia de incendios. Como se señaló al inicio de este documento, los incendios forestales son un fenómeno recurrente de la RBM que afecta la estructura y composición de la vegetación, los hábitats de diversas especies de flora y fauna así como sobre los vestigios arqueológicos. Esto es todavía más grave si se considera que los incendios son un fenómeno que presentan una retroalimentación positiva fuertemente asociada a los cambios climáticos (Cochrane y Lawrence 2002). Es decir que en un ambiente en el que se agudizan las sequías, los incendios son más propensos a ocurrir. Por otra parte, una vez que un bosque es afectado por fuego, la posibilidad de que éste se vea afectado en un futuro incendio es más elevada (Nepstad *et al.*, 1999).

En este sentido se deben generar mecanismos de participación de todos los habitantes del parque, comunidades y fincas, con acuerdos o sin acuerdos para fortalecer el sistema de prevención de incendios forestales y fomentar las prácticas agrícolas y ganaderas sustentables. Se deben generar redes sociales, instituciones dentro de las comunidades que permitan la gestión comunitaria de los recursos naturales. Esta es una de las fortalezas de Paso Caballos, en donde los campesinos están interesados por que sus parcelas no se quemen, se preocupan por que el fuego no entre al polígono de la comunidad por lo que mantienen limpias las brechas. Esta comunidad es un ejemplo de éxito, que sigue forjándose con el apoyo de las ONG's que trabajan en el área. La generación de capacidades humanas y el fortalecimiento de las redes comunitarias son fundamentales para la reducción de incendios forestales. Para ello debemos desmitificar aquellos discursos que señalen "únicos responsables", que se abstraigan del contexto histórico, político y socioeconómico. El gobierno, los conservacionistas y las ONG's deben dejar de ver a los campesinos como enemigos de la conservación y empezar a verlos como personas que toman decisiones en función de su contexto.

---

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Alencar, A., D. Nepstad, P. Moutinho. 2005. Carbon emissions associated with forest fires in Brazil. In: P. Moutinho y S. Schwartzman (ed.), *Tropical Deforestation and Climate Change*. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Washington DC, p. 13–22.
- Bestelmeyer, B.T. y L.E. Alonso (eds.). 2001. *A Biological Assessment of Laguna del Tigre National Park, Petén, Guatemala*. RAP Bulletin of Biological Assessment 16. Conservation International, Washington DC
- Bucini, G y E. Lambin. 2002. Fire impacts on vegetation in Central Africa: a remote-sensing based statistical analysis. *Applied Geography*, 22: 27–48.
- Caldas, M., R. Walter y S. Perz. 2002. *Small Producer Deforestation in the Brazilian Amazon: Integrating Household Structure and Economic Circumstance in Behavioral Explanation*. Harvard University Center for International Development, Working Paper No. 96, 32p.
- Carr, D. 2005. Forest clearing among farm households in the Maya Biosphere Reserve. *The Professional Geographer*, 57(2): 157–168.
- Centro de Monitoreo y Evaluación de CONAP, CEMEC. 2005. *Monitoreo de Incendios forestales, Reserva de la Biósfera Maya, 2005*. Petén, Guatemala. 17p.
- Clark, K. y C. Uhl. 1987. Farming, fishing, and fire in the history of the upper Rio Negro region of Venezuela. *Human Ecology*, 15(2):1–26.
- Cochrane M.A. 1999. Forest fire, deforestation and land cover change in the Brazilian Amazon. En *The Joint Fire Science Conference and Workshop “Crossing the millennium: integrating spatial Technologies and ecological principles for a new age in the fire management”* Idaho 15–17 June 1999.
- Cochrane, M.A., A. Alencar, M. D. Schulze, C. M. Souza Jr, D. C. Nepstad, P. Lefebvre, E. A. Davidson. 1999. Positive Feedbacks in the Fire Dynamic of Closed Canopy Tropical Forests. *Science* 284:1832–1835
- Cochrane, M.A. y W.F. Laurance. 2002. Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forests. *Journal of Tropical Ecology* 18: 311–325.

- 
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 2001. Plan Maestro de la Reserva de la Biósfera Maya 2001–2006. CONAP, Guatemala. 82p.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Wildlife Conservation Society, FIPA/AID. 2005. Estimación de la Deforestación en la Reserva de la Biósfera Maya, periodo 2004–2005. CONAP, WCS, FIPA/AID. Guatemala
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 2006a. Plan Maestro 2007–2011 Parque Nacional Laguna del Tigre. CONAP, Alianza Kanteel y Wildlife Conservation Society. 131p.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 2006 b. Estudio Técnico Integral de Asentamientos Humanos de la Reserva de la Biósfera Maya. 23p.
- Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 37: 35–46.
- Congalton, R. y K. Green. 1999. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. CRC Press. 160p.
- Corlett, R. 1994. What is secondary forest? *Journal of Tropical Ecology*, 10: 445–447.
- Corzo, A., O. Obando, N. Schwartz. 2001. Estado Socioeconómico del Parque Nacional Laguna El Tigre hasta el año 2001. Propetén, Guatemala. 110p.
- Dale V.H. 1997. The Relationship between land–use change and climate change. *Ecological Applications* 7(3): 753–769.
- De Negreiros, G., D. Sandberg, E. Alvarado, T. Hinckley, D. Nepstad y M. Pereira. 1996. Fire along the transition between the Amazon forest and the Cerrado Ecosystems. 13a Conferencia de incendios y meteorología del bosque, Lorne, Australia.
- Dennis, R.A., J. Mayer, G. Applegate, U. Chokkalingam, C.J. Pierce Colfer, I. Kurniawan, H. Lachowski, P. Maus, R. Pandu Permana, Y. Ruchiat, F. Stolle, Suyanto y T.P. Tomich. 2005. Fire, People and Pixels: Linking Social Science and Remote Sensing to Understand Underlying Causes and Impacts of Fires in Indonesia. *Human Ecology* 33(4): 465–504
- Dickinson, R.E., y P. Kennedy. 2002. Impacts on regional climate of Amazon deforestation, *Geophys. Res. Lett.*, 19(19): 1947–1950.

- 
- Eva, H. y E. Lambin. 2000. Fires and land-cover change in the tropics: a remote sensing analysis at the landscape scale. *Journal of Biogeography* 27: 765–776.
- Ehrlich, D., E.F. Lambin y J.P. Malingreau. 1997. Biomass Burning and Broad-Scale Land-Cover Changes in Western Africa. *Remote Sensing of Environment* 61(2): 201–209.
- Fujisaka, S., W. Bell, N. Thomas, L. Hurtado, E. Crawford. 1996. Slash-and-burn agriculture, conversion to pasture, and deforestation in two Brazilian Amazon colonies *Agriculture, Ecosystems & Environment* 59(1): 115–130.
- Geist, H.J y E.F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52(2): 143–150.
- Geist, H.J y E.F. Lambin. 2001. What Drives Tropical Deforestation? A meta-analysis of the proximate and underlying causes of deforestation based on sub national case study evidence. LUCR Report Series No. 4, CIACO, Louvain-la-Neuve, Bélgica. 116p.
- Griffith, D.M. 2004. Succession of tropical rain forest along a gradient of Agricultural intensification: patterns, mechanisms and Implications for conservation. Tesis Doctoral, Universidad de Michigan, Michigan. 174p.
- Gould, K. 2006. Land regularization on agricultural frontiers: The case of Northwestern Peten, Guatemala. *Land Use Policy*, 23: 395–407
- Gould, K, D. Carter y R. Shrestha. 2006. Extra/legal land market dynamics on a Guatemalan agricultural frontier: Implications for neoliberal land policies. *Land Use Policy* 23:408–420.
- Hernández, E. 1959. La agricultura en la Península de Yucatán. En E. Beltran (ed.) *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*, IMRNR, 3:3–57
- Hoffmann, W. A., W. Schroeder, y R. B. Jackson, 2003. Regional feedbacks among fire, climate, and tropical deforestation. *Journal of Geophysical Research*, 108(D23): 1–11.
- Hurtado, L. 2005. Hacia dónde va la Reserva Biósfera Maya. Instituto Incidencia Ambiental. Guatemala. 42p.
- Kaimowitz, D. 1996. Livestock and deforestation in Central America in the 1980's and 1990's: A policy Perspective. Center for international forest research, Jakarta, Indonesia. 88p.

- 
- Jensen, J.R. 1996. Introductory digital image processing a remote sensing perspective. Segunda edición, Prentice Hall, New Jersey. 318p.
- Lambin, E.F, B.L. Turner, H.J. Geist, S.B. Agbola, A. Angelsen, J. W. Bruce, O.T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P.S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Lin, E.F. Moran, M. Mortimore, P.S. Ramakrishnan, J.F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G.D. Stone, U. Svedin, T.A. Veldkamp, C. Vogel, J. Xuy. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11: 261-269.
- Lee, SH., C.M. Kim y H.K. Cho 2004. Monitoring of Forest Burnt Area using Multi-temporal Landsat TM and ETM+ Data. *Korean Journal of Remote Sensing* 20(1): 13-21.
- López-Portillo, J., M.R. Keyes, A. González, E. Cabrera y O. Sánchez. 1990. Los incendios de Quintana Roo: Catástrofe ecológica o evento periódico? *Ciencia y Desarrollo* 16(91):13-57
- Monterroso, I. 2006. Comunidades locales en áreas protegidas: reflexiones sobre las políticas de conservación en la Reserva de la Biósfera Maya. In: Alimonda, H, Los tormentos de la materia. Aportes para una ecología política latinoamericana. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales -CLACSO, Buenos Aires, p. 239-277.
- Nepstad, DC., A. Veríssimo, A. Alencar, C. Nobre, E.Lima, P. Lefebvre, P. Schlesinger, C. Potter, P. Moutinho, E. Mendoza, M. Cochrane y V. Brooks. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398: 505-508.
- Ostrom, E. y H. Nagendra. 2006. Insights on linking forests, trees, and people from the air, on the ground, and in the laboratory. *PNAS*, 103(51): 19224-19231.
- Ostrom, E., T.K. Ahn. 2003. Una perspectiva del capital social desde las ciencias sociales: capital social y acción colectiva. *Revista mexicana de sociología* 65(1):155-233.
- Parker, D.C., S.M. Manson, M.A. Cansen, M.J, Hoffman y P. Deadman. 2003. Multi-agent systems for the simulation of land use and land cover change: A review. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2):314-337.
- Perz, SG. Y RT. Walker. 2002. Household Life Cycles and Secondary forest cover among small farm colonist in the Amazon. *World Development* 30(6): 1009-1027.



- 
- Pichón, J.F. 1997. Settler Households and Land-Use Patterns in the Amazon Frontier: Farm-Level Evidence from Ecuador. *World Development*, 25(1): 67-91.
- Ponce, W.E. 2001. Estado actual de la cobertura forestal afectada por los incendios del periodo 1998-2000 en la zona intangible y la zona de recuperación del Parque Nacional Sierra de Lacandón. Tesis de Licenciatura, Universidad San Carlos de Guatemala.
- ProPetén. 2004. Taller de socialización Unidad de Manejo Comunitario Paso Caballos, San Andrés, Petén, 53p.
- Randolph, J.C., G.M. Green, J. Belmont, T. Burcsu y D. Welch. 2005 Forest Ecosystems and the Human Dimension. In: Morán, E. y E. Ostrom (eds.), *Seeing the forest and the trees. Human environmental interactions in forest ecosystems*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, p. 105-125.
- Rindfuss R., S. J. Walsh, B. L. Turner II, J. Fox y V. Mishra. 2004. Developing a science of land change: Challenges and methodological issues. *PNAS* 101 (39): 13976-13981.
- Roy, D.P., P.G.H. Frost, C.O. Justice, T. Landmann, J.L. Le Roux, K. Gumbo, S. Makungwa, K. Dunha, R. Du Toit, K. Mhwandagara, A. Zacarias, B. Tacheba, O.P. Dube, J.M.C. Pereira, P. Mushove, J.T. Morisette, S.K. Santhana Vannan, y D. Davies (2005). "The Southern Africa Fire Network (SAFNet) regional burned-area product-validation protocol", *International Journal of Remote Sensing*, 26 (9), pp. 4265-4292.
- Running, S.W. 2006. Is Global Warming Causing More, Larger Wildfires? *Sciencexpress* p. 1-3.
- Schwartzman, S., A. Moreira, D. Nepstad. 2000. Rethinking Tropical Forest Conservation: Perils in Parks, *Conservation Biology*, 14(5):1351-1357
- Shriar, A.J. 2002. Food security and land use deforestation in northern Guatemala. *Food Policy* 27: 395-414
- Snook, L.K. 1998. Sustaining harvests of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) from Mexico's Yucatán forests: past, present, and future. *In* Primack, R.B.; D.B. Bray, H.A. Galletti, y I. Ponciano, I (eds.), *Timber, tourists, and temples*. Island Press Washington, DC, p. 61-80.

- 
- Sorrensen, CL. 1998. Biomass burning in tropical ecosystems: an analysis of vegetation, land settlement, and land cover change to understand fire use in the Brazilian lower Amazon. Tesis Doctoral, Ohio State University, 155p.
- Sosa, C. 1996. Factores que influyen en la conciencia ecológica de los habitantes de la Reserva de Biosfera Maya, en el departamento de Petén. Tesis de Licenciatura, Facultad de Humanidades, Universidad San Carlos de Guatemala.
- Sunberg, J. 1998. Landscapes in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *Geographical Review*, 88(3):388-412.
- Tacconi, L., P.F. Moore y D. Kaimowitz. 2006. Fires in tropical forest – what is really the problem? Lessons from Indonesia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 112: 55-66.
- Tucker, C.M., D.K. Munroe, H. Nagendra y J. Southworth. 2005. Comparative Spatial Analyses of Forest Conservation and Change in Honduras and Guatemala. *Conservation and Society*, 3(1): 174 - 200p.
- Turner, B.L., y W.B. Meyer. 1994. Global land-use and land-cover change: an overview. In: Mayer, W.B., Turner, B.L., (eds.), *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 3-10.
- Turner, B.L., S. Cortina-Villar, D. Foster, J. Geoghegan, E. Keys, P. Klepeis, D. Lawrence, P. Macario Mendoza, S. Manson, Y. Ogneva-Himmelberger, A.B. Plotkin, D. Pérez Salicrup, R.R. Chowdhury, B. Savitsky, L. Schneider, B. Schmook, C. Vance. 2001. Deforestation in the southern Yucatán peninsular region: an integrative approach. *Forest Ecology and Management* 5521: 1-18.
- Uhl, C. 1998 Perspectives on wildfire in the humid tropics. *Conservation Biology* 12(5):942-943.
- Uhl, C. y B. Kauffman. 1990. Deforestation, fire susceptibility and potential tree responses to fire in the Eastern Amazon. *Ecology* 71(2): 437-449.
- VanWey, L., V. Meretsky y E. Ostrom. 2005. Theories underlying the study of human dimensions of global environmental change. In: Morán E. y E. Ostrom (eds.), *Seeing the forest and the*

---

trees, Human environmental interactions in forest ecosystems. MIT Press, Cambridge, Massachusetts p. 23–56.

Whitacre, D.F., M.J. Madrid, V.C. Marroquín, O.T. Dubón; N.O Jurado, W.R. Sutter, A.J. Baker. 1995. Slash-and-burn farming and bird conservation in northern Petén, Guatemala. In: Wilson, M.H. y S.A. Sader (eds.), Conservation of neotropical migratory birds in Mexico. Maine Agricultural and Forest Experiment Station. p. 215–225. (Misc. Pub. no. 727).

---

## ANEXO 1. FUENTE DE INFORMACIÓN EMPLEADA PARA EL ANÁLISIS REGIONAL

### 1. LA DEFORESTACIÓN –

Para presentar el contexto de la deforestación en el Parque Nacional Laguna del Tigre se utilizó el mapa de deforestación 1986 a 2005, elaborado por el Centro de Monitoreo y Evaluación del Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CEMEC / CONAP. La exactitud de este mapa no está documentada. Las imágenes fueron clasificadas a través ISODATA de compuestos de NDVI propuesto por Hayes y Sader (2001) y utilizado en los trabajos previos de evaluación de cambios de CEMEC (Ramos y Bernales 2001 Las imágenes empleadas se presentan a continuación:

Cuadro 1. Descripción de las imágenes Landsat empleadas por CEMEC para la elaboración del mapa de deforestación 1986 a 2005

Sensor	Fecha
LANDSAT Thematic Mapper	12 de abril de 1997
LANDSAT Enhanced Thematic Mapper	28 de marzo de 2000
LANDSAT Thematic Mapper	22 marzo de 2001
LANDSAT Enhanced Thematic Mapper	17 de marzo de 2002
LANDSAT Enhanced Thematic Mapper	7 mayo de 2003
LANDSAT Enhanced Thematic Mapper SCL off	7 de abril de 2004
LANDSAT Enhanced Thematic Mapper SCL off	26 de abril de 2005

Fuente: Estimación de la deforestación en la Reserva de la Biósfera Maya, Ramos y Bernales 2001, WCS 2002, CONAP 2003, 2004 Y 2005,

### 2. LOS INCENDIOS FORESTALES

Se emplearon los mapas de incendios de 1998 y 2003 generados por Centro de Monitoreo y Evaluación del Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CEMEC / CONAP. Estos fueron elaborados por medio de tres combinaciones metodológicas empleando imágenes landsat 1– clasificación no supervisada con ISODATA, 2– clasificación de compuestos de NDVI y 3– edición manual (WCS 2003).

En el informe técnico de la deforestación de 2002–2003, CEMEC reporta el error del mapa de incendios de 2003. Este mapa presenta una exactitud de 70.5%. Este nivel de exactitud lo explican por dos motivos, en primer lugar la imagen empleada es de una fecha previa a la

---

finalización de la temporada de incendios (7 de mayo), es decir que todavía se observan fuegos activos en la imagen de 2003 empleada. En segundo lugar, el sobrevuelo de verificación de campo para la estimación del error se llevó a cabo después de la finalización de la temporada de incendios, el 27 de junio, por lo que es posible que hayan incendios que se produjeron en este periodo que no están representados en el mapa de incendios de 2003 (WCS 2003). La exactitud del mapa de incendios de 1998 no se encontró documentada.

## **Bibliografía**

- Centro de Monitoreo y Evaluación de CONAP, CEMEC. 2004. Estimación de la Deforestación de la Reserva de la Biósfera Maya, período 2003–2004. CEMEC– Wildlife Conservation Society– FIPA/AID– USAID, Petén, Guatemala. 20p.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Wildlife Conservation Society, FIPA/AID. 2003. Estimación de la Deforestación en la Reserva de la Biósfera Maya, periodo 2002–2003. CONAP, WCS, FIPA/AID. Guatemala
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Wildlife Conservation Society, FIPA/AID. 2004. Estimación de la Deforestación en la Reserva de la Biósfera Maya, periodo 2003–2004. CONAP, WCS, FIPA/AID. Guatemala
- Ramos, V, Bernales, E. 2001. Estimación de la Deforestación en la Reserva de la Biósfera Maya, periodos 1997–2000 y 2000–2001. PROPETEN/CI, CONAP–CEMEC, FMAM. Guatemala.
- Wildlife Conservation Society. 2002. Estimación de la Deforestación en la Reserva de la Biósfera Maya, periodo 2001–2002. WCS–FIPA–CEMEC. Petén, Guatemala.
- Wildlife Conservation Society. 2003. Monitoreo de Incendios Forestales y Estimación de Superficies Quemadas, RBM, 2003. WCS–FIPA–CEMEC. Petén, Guatemala.

## ANEXO 2. CÁLCULO DE LAS VARIABLES A PARTIR DEL ÁLGEBRA DE MAPAS

Se diseñó un sistema de codificación (Cuadro 1) para asegurar que al realizar el álgebra de mapas se presentaran valores únicos que pudieran ser traducidos a la categoría respectiva. El cálculo de estas variables resulta de un proceso de sumatoria de las sub-unidades que se presentan como resultado del álgebra de mapas. El Cuadro 2 presenta la descripción de las sub-unidades consideradas para la obtención de la superficie y localización de cada variable. Su código se presenta entre paréntesis.

Cuadro 1 Codificación de los mapas de incendios y deforestación 1986–2005

Mapa de Incendios		Mapa de deforestación 1986–2005	
Año	Código	Periodo	Código
1998	10	Bosque sin cambios	1
2003	100	Agricultura desde antes de 1997	2
		Agua	3
		Deforestación 1997–2000	4
		Deforestación 2000–2003	5
		Deforestación 2003–2005	6

Cuadro 2. Cálculo de las variables de interés

variable	Descripción
superficie de bosque 1997	<i>Bosque libre de incendios no deforestado (1)</i>
	<i>bosque libre de incendios deforestado 1997–2005 (4, 5, 6)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio en 1998 (11)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio 98 deforestado 1997–2005 (14, 15, 16)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio 2003 (101)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio 2003 deforestado 1997–2005 (104, 105, 106)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 (111)</i>
deforestación 1997–2003	<i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 deforestado en 1997–2005 (114, 115, 116)</i>
	<i>bosque libre de incendios deforestado en 1997–2003 (4, 5)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio 1998 deforestada 1997–2003 (14, 15)</i>
bosque afectado por el incendio 98	<i>bosque afectado por el incendio 2003 deforestada 1997–2003 (104, 105)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 deforestada 1997–2003 (114, 115)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio en 1998 (11)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio 98 deforestado en 97–03 (14, 15)</i>
	<i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 (111))</i>
	<i>bosque afectado por el incendio 98 y 03 deforestado en 97–03 (114, 115)</i>

bosque afectado por el incendio 1998 deforestado 1997-2003	<i>bosque afectado por el incendio 1998 deforestado en 1997-2003 (14, 15)</i> <i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 deforestado en 1997-2003 (114, 115)</i>
superficie de bosque 2003	<i>bosque libre de incendios (1)</i> <i>bosque libre de incendios deforestado 2003-2005 (6)</i> <i>bosque afectado por el incendio en 1998 (11)</i> <i>bosque afectado por el incendio 98 deforestado 2003-2005 (16)</i> <i>bosque afectado por el incendio 2003 (101)</i> <i>bosque afectado por el incendio 2003 deforestado 2003-2005 (106)</i> <i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 (111)</i> <i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 deforestado en 2003-2005 (116)</i>
deforestación 2003-2005	<i>bosque libre de incendios deforestado en 2003-2005 (6)</i> <i>bosque afectado por el incendio 1998 deforestado 2003-2005 (16)</i> <i>bosque afectado por el incendio 2003 deforestado 2003-2005 (106)</i> <i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 deforestado 2003-2005 (116)</i>
bosque afectado por el incendio 2003	<i>bosque afectado por el incendio 2003 (101)</i> <i>bosque afectado por el incendio 2003 deforestado 2003-2005 (106)</i> <i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 (111)</i> <i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 deforestado 2003-2005 (116)</i>
bosque afectado por el incendio 03 deforestado 2003-2005	<i>bosque afectado por el incendio 2003 deforestado 2003-2005 (106)</i> <i>bosque afectado por el incendio 1998 y 2003 deforestado 2003-2005 (116)</i>

## ANEXO 3. MATRICES DE ERROR DE LA INFORMACIÓN GENERADA Y EMPLEADA

### EVALUACIÓN DE LOS CROQUIS - INFORMACIÓN DE CAMPO

Los croquis elaborados en campo y las observaciones directas hechas en el terreno fueron la base de información para la verificación y elaboración de mapas. La evaluación de su exactitud se realizó por medio de una interpretación visual de las imágenes de satélite. El Cuadro 1 muestra la matriz de error en donde se evalúan los croquis con relación a la información que aportan sobre el uso del suelo. Se estimó una exactitud general de 88% y un valor de Khat de 81%. Para la matriz de error elaborada para evaluar la calidad de la información relacionada con incendios forestales (Cuadro 2), se encontró una exactitud general 83% de y un valor de Khat de 68%.

Cuadro 1. Matriz de error de los croquis con relación al uso del suelo de la parcela

Fuente de los datos		IMÁGENES - REFERENCIA			
		bosque	Acahual	milpa	total
CROQUIS	bosque	70	4	3	77
	acahual	3	36	6	45
	milpa	3	1	36	40
	total	76	41	45	162

Cuadro 2. Matriz de error de los croquis con relación a los incendios forestales de la parcela.

Fuente de los datos		IMÁGENES - REFERENCIA						
		bonoq	boq 98	boq 03	boq 98 03	acahual	Milpa	total
CROQUIS	bosque libre de incendios	14	4	0	0	0	1	19
	bosque afectado por el incendio 98	5	13	1	1	0	1	21
	bosque afectado por el incendio 03	4	0	14	1	2	0	21
	bosque afectado por el incendio 98 03	2	1	5	8	0	1	16
	acahual	0	0	3	0	36	6	45
	milpa	1	0	2	0	1	36	40
	total	26	18	25	12	39	45	162



## EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA POR CEMEC

Los mapas de cambio de cubierta vegetal del período 1986–2005, incendios forestales 1998 e incendios forestales 2003 sirvieron como base de información para actualizar y analizar la deforestación de bosques afectados por incendios. Se evaluó la exactitud de esta información en el área de Paso Caballos empleando la información de campo. Para la evaluación del primer mapa se identificaron 141 sitios que al ser comparados con la información de referencia – una interpretación visual de las imágenes de satélite – arrojan una exactitud general de 94% y un valor de Khat de 90%. El Cuadro 3 muestra el detalle del número de puntos identificados por categoría, siendo la clase de bosque ampliamente representada en la ubicación aleatoria de puntos. De los 9 puntos en los que no coincidió la información con la referencia se identificaron dos casos por sobreestimación del cambio y siete casos en los que se subestimó la deforestación.

Cuadro 3. Matriz de error del mapa de deforestación 1986–2005 elaborado por CEMEC

Fuente de los datos		IMÁGENES – REFERENCIA					total
		bosque	cambio antes de 97	cambio 97–02	cambio 02–04	cambio 04–05	
CLASIFICACIÓN	bosque	85	0	0	3	2	90
	cambio antes de 97	0	20	0	0	0	20
	cambio 97–02	0	1	19	1	0	21
	cambio 02–04	0	0	0	11	0	11
	cambio 04–05	2	0	0	0	6	8
	total	87	21	19	15	8	150

Se utilizó esta matriz para estimar la posibilidad de que un área de bosque afectado por incendios sea confundido con bosque deforestado. En esta matriz se observa que hay 5 puntos de 90 que fueron clasificados como bosque. No obstante, de acuerdo a la información de referencia, en estos puntos ocurrió deforestación en 2002–2003 (1 punto), en 2003–2004 (2 puntos) y en 2004–2005 (2 puntos). En estos 5 puntos el bosque fue confundido con la deforestación. Al sobreponer estos 5 puntos en el mapa de incendios generado por CEMEC, se

observa que uno de estos puntos de bosque fue clasificado como bosque afectado por incendios en dicho mapa, por lo que en éste punto el bosque afectado por incendios fue confundido con la deforestación.

Para evaluar la exactitud de los mapas de incendios elaborados por CEMEC se identificaron 165 puntos, los mismos empleados en la evaluación de los mapas de incendios generados en esta investigación. En el caso del mapa de incendios de 1998, 20% (17/81) de los puntos de referencia que se localizan en bosque afectado por incendios no coincidieron con la interpretación del mapa de CEMEC, ya que en este se clasifica como bosque libre de incendios, esta es una sub-estimación del incendio. Por otra parte 35% (26/74) de los puntos no afectados por fuego según la referencia no concuerdan con el mapa de incendios de CEMEC (Cuadro 4). Por tanto, este mapa tiene una exactitud general de 73%. En el caso del mapa de incendios de 2003, la mitad de los puntos quemados identificados en la referencia fueron clasificados incorrectamente en el mapa, es decir que la superficie afectada por el incendio de 2003, evaluada para el área específica de Paso Caballos está sub-estimada (Cuadro 5). En el caso de los puntos no quemados el error es mucho menor, ya que solamente 6 puntos (8%) fueron mal interpretados de acuerdo a la referencia. La exactitud general del mapa de incendios de 2003 es de 71.5% (este valor es el mismo que reporta CEMEC en la evaluación de su información).

Cuadro 4. Matriz de error del mapa de incendios de 1998 del mapa de CEMEC

Fuente de datos		IMAGEN - REFERENCIA		
		quemado	no quemado	total
CEMEC	quemado	64	26	90
	No quemado	17	58	75
	total	81	74	165

Cuadro 5. Matriz de error del mapa de incendios de 2003 del mapa de CEMEC

Fuente de datos		IMAGEN - REFERENCIA		
		quemado	no quemado	total
CEMEC	quemado	42	6	48
	No quemado	41	76	117
	total	83	82	165

---

## EVALUACIÓN DE LA EXACTITUD DE LA INFORMACIÓN GENERADA

Se evaluó la calidad de los mapas generados en esta investigación empleando como información de referencia el trabajo de campo y una interpretación visual de las imágenes. La exactitud general del mapa de deforestación 1986–2006 fue evaluada con 84 puntos, 74 de los cuales fueron interpretados acorde a la información de referencia, obteniéndose así una exactitud general de 87% (Cuadro 6). El valor de Khat obtenido para este mapa fue de 81%.

Cuadro 6. Matriz de error del mapa de cubierta vegetal 2006 de Paso Caballos

Fuente de los datos		TRABAJO DE CAMPO - REFERENCIA			
		milpa06	acahual	bosque	Total
CLASIFICACIÓN	milpa06	29	2	0	31
	Acahual	3	21	1	25
	Bosque	1	3	24	28
	Total	33	27	25	84

La exactitud general de los mapas de incendios de 1998 y 2003 fue estimada mediante el análisis de 165 puntos de campo. La exactitud general del mapa de incendios 1998 es de 87% y se obtuvo un valor de KHat de 75% (Cuadro 7). La exactitud general del mapa de incendios 2003 es de 89% y se obtuvo un valor de KHat de 78% (Cuadro 8)

Cuadro 7. Matriz de error del mapa de incendios de 1998 de Paso Caballos

Fuente de datos		IMAGEN - REFERENCIA		
		quemado	no quemado	total
MAPA	Quemado	75	6	81
	No quemado	15	69	84
	Total	90	75	165

Cuadro 8. Matriz de error del mapa de incendios 2003

Fuente de datos		IMAGEN - REFERENCIA		
		quemado	no quemado	total
MAPA	Quemado	70	5	75
	No quemado	13	77	90
	Total	83	82	165

## ANEXO 4 FORMATO DE LA ENTREVISTA REALIZADA EN PASO CABALLOS

Información del hogar - parcela

Comunidad Paso Caballos

Fecha  
Número de entrevista

### SOBRE EL HOGAR

- 1 Nombre del usuario de la parcela \_\_\_\_\_
- 2 En qué año vino a vivir aquí? \_\_\_\_\_
- 3 En donde vivía antes \_\_\_\_\_
- 4 Cuántas personas viven con usted en su casa actualmente? \_\_\_\_\_

nombre (opcional)	edad	sexo	estudios	relación	ayuda en la parcela
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

- 5 Contratan a jornaleros \_\_\_\_\_
- 6 En qué años han contratado? \_\_\_\_\_
- 7 Cuántas personas contrata? \_\_\_\_\_

8 Cuáles son sus fuentes de ingreso?

1. Agricultor 2. Empleado OG/ONG 3. Negociante 4. Jornalero 5. otro

### SOBRE LA PARCELA

9 qué productos obtuvo de su parcela en los últimos años?

A cultivos / sembrados

1. Milpa 2. Frijol 3. Platano 4. Pepitoria 5. Chile 6. Tuberculos

B forestales maderables

1. Leña 2. carbón 3. tablas 4. otra

C forestales no maderables

1. Alimentos vegetales 2. Plantas ornamentales 3. Plantas medicinales 4. Frutas  
5. tintes 6. jabones 7. semillas 8. otros

D productos animales

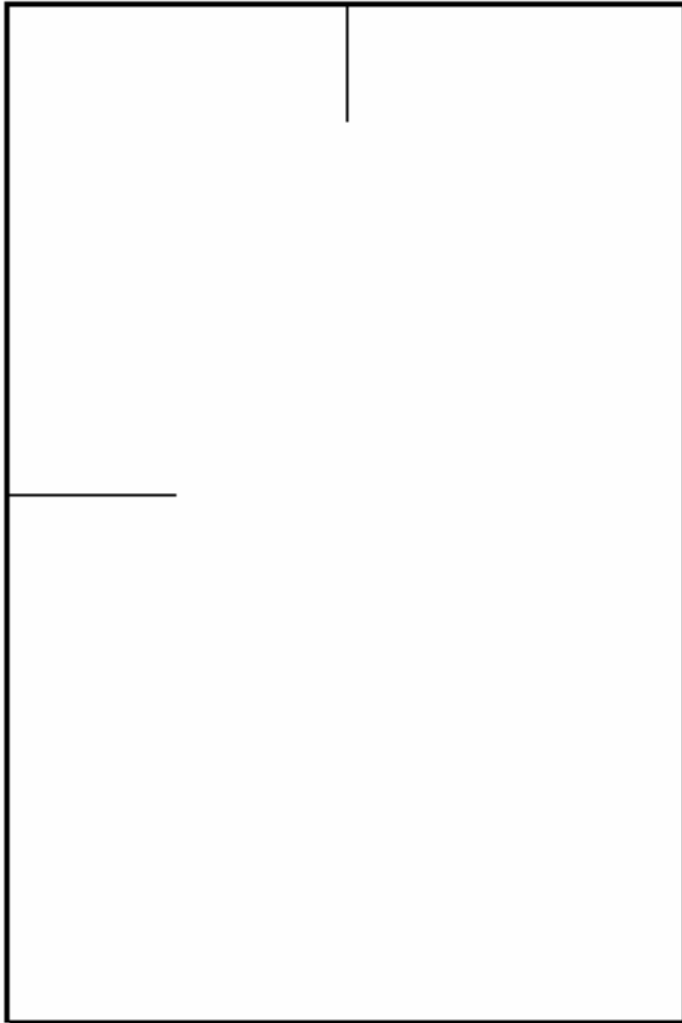
1. animales vivos 2. miel 3. cuero 4. colorantes

E servicios obtenidos del bosque

1. Protección de suelos 2. recreación y turismo 3. aspectos religiosos / espirituales  
4. cortavientos 5. sombra 6. salario

10 Obtiene la leña de árboles quemados o de cualquier árbol? \_\_\_\_\_

11 Cómo escoje el terreno donde va a hacer sus siembras?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



localizar  
 usos del suelo (milpa, bosque, guamil por edad)  
 incendios por tipo (superficial, copa, subterráneo)  
 incendios por año

Tiempo casa-parcela \_\_\_\_\_  
 Años de uso de la parcela \_\_\_\_\_  
 Otras personas usan su parcela \_\_\_\_\_  
 Ud utiliza otras parcelas? \_\_\_\_\_  
 En donde están? \_\_\_\_\_

USO DEL SUELO  
 Bosque inicial \_\_\_\_\_  
 Superficie de bosque \_\_\_\_\_  
 Superficie de guamil \_\_\_\_\_  
 Superficie de milpa 06 \_\_\_\_\_  
 Superficie de milpa 07 \_\_\_\_\_  
 Superficie agrícola \_\_\_\_\_  
 otros: viveros, frutales, cuerpos de agua \_\_\_\_\_

INCENDIOS  
 años de incendio \_\_\_\_\_  
 dirección del fuego \_\_\_\_\_  
 total quemado 1998 \_\_\_\_\_  
 bosque quemado 1998 \_\_\_\_\_  
 milpa quemada 1998 \_\_\_\_\_  
 guamil quemado 1998 \_\_\_\_\_

BoQue98 → Bosque? \_\_\_\_\_  
 ↘ Milpa? \_\_\_\_\_

total quemado 2003 \_\_\_\_\_  
 bosque quemado 2003 \_\_\_\_\_  
 milpa quemada 2003 \_\_\_\_\_  
 guamil quemado 2003 \_\_\_\_\_

BoQue03 → Bosque? \_\_\_\_\_  
 ↘ Milpa? \_\_\_\_\_

Coordenadas de la parcela

	Lat	Lon	Foto	Orientación	Observaciones
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					
I					
J					
K					

		1998	2003
12	Qué tipo de incendio afectó su parcela?		
De superficie	se quemó la hojarasca		
	se quemó la hierba		
	se quemaron los matorrales		
	se quemaron árboles de menos de 1.5m		
	en donde ocurrió este tipo de incendio		
De copa	se quemaron las copas de los árboles		
	llamas en las copas		
	en donde ocurrió este tipo de incendio		
	¿en lugares con pendiente pronunciada?		
De subsuelo	se quemó la materia orgánica		
	se quemaron las raíces		
	no hubo llamas		
	no hubo mucho humo		
13	Cuánto tiempo tardó el fuego en pasar por su parcela?		
14	Cómo quedó el bosque que se quemó?		
	todos los troncos se quemaron		
	la mitad de los troncos se quemaron		
	menos de la mitad de los troncos quemados		
15	Cómo controlaron ese incendio?		
16	Cuál cree que fue la causa de ese incendio?		

17 El incendio entró a su parcela antes o después de que ud hiciera sus quemas agrícolas

18 Esto lo motivó a sembrar algo adicional a lo que tenía planeado?

19 Porqué dejó que el bosque quemado se quedara como bosque? (mantener el bosque)

1. falta de recursos para trabajar la parcela 2. no hubo necesidad 3. por acuerdos con la comunidad 4. obtiene beneficios del bosque 5. otro

20 Porqué quitó el bosque quemado para poner sus cultivos?

1. hubo recursos para trabajar la parcela 2. hubo necesidad 3. otros - especifique

21 Cuánto tiempo pasó después del incendio del bosque para que ud decidiera usarlo para sus cultivos?

22 Cuando entró fuego en su parcela sin que usted quisiera, tuvo alguna pérdida o daño

1. enfermedad humana 2. pérdida de bienes 3. aparición de plagas 4. daños en la tierra 5. otro

## ANEXO 5. PRUEBAS DE Chi<sup>2</sup>

### Asociación entre deforestación y pendiente del terreno 2000–2003 y 2003–2005

En el caso de la deforestación de 2000 a 2003, ésta es independiente de la inclinación del terreno ( $p = 0.317$ ). El Cuadro 1 permite complementar este análisis ya que al comparar los valores observados y esperados de deforestación se observa que no hay diferencias significativas de su diferencia. Al igual que para el periodo 1997–2000, la deforestación en 2003–2005 se encuentra asociada a la inclinación del terreno ( $p = 0.010$ ). En este periodo la asociación se presenta igualmente en las áreas de bosque con pendientes moderadamente planas (Cuadro 2).

Cuadro 1 Análisis de la superficie de bosque deforestado entre 2000 y 2003 según la pendiente del bosque para Paso Caballos

			Bosque deforestado (ha)	bosque no deforestado (ha)	Total
inclinación del terreno	Plano	Observado	360	2000	2360
		Esperado	362	1999	2360
	moderadamente plano	Observado	153	912	1066
		Esperado	163	902	1066
	moderadamente inclinado	Observado	138	656	794
		Esperado	122	672	794
	Inclinado	Observado	83	491	575
		Esperado	88	578	666
Total		Observado	2290	3419	5709
		Esperado	2290	3419	5709

Cuadro 2 Análisis de la superficie de bosque deforestado entre 2003 y 2005 según la pendiente del bosque para Paso Caballos

			bosque deforestado (ha)	bosque no deforestado (ha)	Total
inclinación del terreno	Plano	Observado	301	1699	2000
		Esperado	336	1664	2000
	moderadamente plano	Observado	178	734	912
		Esperado	153	759	912
	moderadamente inclinado	Observado	109	548	656
		Esperado	110	546	656
	Inclinado	Observado	95	397	491
		Esperado	83	409	491
Total		Observado	2290	3419	5709
		Esperado	2290	3419	5709

---

### Asociación entre la deforestación y la distancia del hogar a la parcela

La deforestación que se presentó en 2000–2003 no se encontró asociada a la distancia a la que se encuentra la parcela ( $p = 0.086$ ). Los datos empleados en la prueba se presentan en el Cuadro 3. En el caso de la deforestación ocurrida en 2003–2006 sí se encontró asociada con la distancia del hogar a la parcela ( $p = 0.000$ ). Una exploración de los datos (Cuadro 4) permite identificar que la deforestación de este periodo estuvo asociada a las distancias entre 15–60 minutos.

Cuadro 3. Análisis de la superficie de bosque deforestado entre 2000 y 2003 según la distancia del hogar a la parcela en Paso Caballos

			bosque deforestado (ha)	bosque no deforestado (ha)	Total
distancia del hogar a la parcela	15–35 minutos	observado	183	830	1013
		esperado	172	841	1013
	35–60 minutos	observado	284	1270	1554
		esperado	264	1290	1554
	más de 60 minutos	observado	246	1376	1622
		esperado	276	1346	1622
	Total	observado	713	3476	4189
		esperado	713	3476	4189

Cuadro 4. Análisis de la superficie de bosque deforestado entre 2003 y 2006 según la distancia del hogar a la parcela en Paso Caballos

			bosque deforestado (ha)	bosque no deforestado (ha)	Total
distancia del hogar a la parcela	15–35 minutos	observado	210	620	830
		esperado	157	673	830
	35–60 minutos	observado	242	1028	1270
		esperado	240	1030	1270
	más de 60 minutos	observado	205	1171	1376
		esperado	260	1116	1376
	Total	observado	657	2820	3476
		esperado	657	2820	3476



---

### Asociación ente el bosque afectado por incendios y la distancia del hogar a la parcela

El incendio de 2003 fue independiente de la distancia del hogar a la parcela ( $p = 0.635$ ). Los datos empleados en este análisis se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis del bosque afectado por incendios en 2003 según la distancia de la parcela al hogar.

			bosque afectado por incendios (ha)	bosque libre de incendios (ha)	Total
distancia del hogar a la parcela	15-35 minutos	observado	286	544	830
		esperado	299	531	830
	35-60 minutos	observado	473	797	1270
		esperado	457	813	1270
	más de 60 minutos	observado	494	883	1376
		esperado	496	881	1376
	Total	observado	1252	2224	3476
		esperado	1252	2224	3476

### Asociación ente el bosque afectado por incendios y la pendiente del bosque

De acuerdo a los resultados de la prueba de  $\chi^2$  el incendio de 2003 se encuentra asociado a las pendientes ( $p = 0.000$ ). El Cuadro 6 permite observar que la mayor diferencia de superficies se encuentra en las pendientes planas, en donde los incendios forestales son más frecuentemente encontrados. Los incendios de 2003 en Paso Caballos están asociados a las pendientes planas.

Cuadro 6. Análisis de la superficie de bosque afectado por incendios y libre de incendios en 2003 según la pendiente del bosque.

			bosque afectado por incendios (ha)	bosque libre de incendios (ha)	Total
inclinación del terreno	Plano	Observado	1154	1633	2787
		Esperado	1052	1735	2787
	Mod. plano	Observado	450	840	1290
		Esperado	487	803	1290
	Mod. inclinado	Observado	323	620	943
		Esperado	356	587	943
	Inclinado	Observado	228	461	689
		Esperado	260	429	689
	Total	Observado	2290	3419	5709
		Esperado	2290	3419	5709

---

**ANEXO 6. ARTÍCULO SOMETIDO A LA REVISTA INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS**

**LOS INCENDIOS FORESTALES Y LA DEFORESTACIÓN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAYA, GUATEMALA**

Claudia María Monzón Alvarado  
Sergio Cortina  
Birgit Schmook  
Alejandro Flamenco Sandoval  
Luis Alfredo Arriola

El Colegio de la Frontera Sur  
Carretera Panamericana y Periférico Sur S/N  
Maria Auxiliadora San Cristóbal de las Casas, Chiapas  
Teléfono ECOSUR: 52 (967) 674 90 00 Ext. 1412  
cmonzon@ecosur.mx

---

# **LOS INCENDIOS FORESTALES Y LA DEFORESTACIÓN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAYA, GUATEMALA**

## **I. RESUMEN**

Como parte del discurso oficial sobre la relación entre los incendios forestales y la deforestación en la Reserva de la Biosfera Maya, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas señala que los campesinos son los principales responsables del origen de los incendios y que, una vez que éste es afectado, lo eliminan para ampliar la frontera agrícola. En este documento, analizamos si los incendios forestales de 1998 y 2003 realmente favorecieron la deforestación post-incendio en esta zona. Para ello calculamos coeficientes de correlación espacial entre las superficies afectadas por los incendios y las superficies deforestadas. Asimismo estimamos qué proporción de los bosques afectados por incendios son deforestados y qué proporción de la deforestación total ocurrida tiene lugar en bosques afectados por incendios. Los resultados obtenidos indican que el 45% de la deforestación de 2003-2005 se presentó en bosques afectados por incendios sin embargo no se encontró una correlación espacial entre los incendios y la deforestación en ninguno de los periodos analizados ya que esta superficie representa solamente el 5% de los bosques afectados por el incendio de 2003.

Palabras clave

Incendios forestales, deforestación, discurso hegemónico, efecto, multi-escala, proporciones

---

**FOREST FIRES AND DEFORESTATION IN MAYA BIOSPHERE RESERVE,  
GUATEMALA**

**ABSTRACT**

There is an official discourse about the effects of wildfires and deforestation in Maya Biosphere Reserve that holds campesinos responsible for the origin of forest fires and argues that once forest is burned, campesinos take advantage of this forest for the expansion of the agricultural frontier. We analyze whether 1998 and 2003 wildfires triggered post-fire deforestation in this area. We calculate the spatial correlation between the area affected by 1998 and 2003 fires and the deforestation in post-fire period. Additionally we estimate what proportion of the forest affected by fire is later deforested and what proportion of the deforestation takes place in the burned forests. We found that in 2003-2005, 45% of deforestation took place in previously burnt forest, nevertheless we don't find a spatial correlation between forest fires and deforestation at no time between 1997 and 2005 because this area represents only 5% of the forest affected by 2003 wildfires.

**Key Words**

Forest fires, deforestation, official discourse, effects, multi-scale, proportions

---

## II. INTRODUCCIÓN

Existe una retroalimentación positiva entre los incendios forestales, la deforestación y el cambio climático. Al eliminar el bosque, la cubierta vegetal que lo sustituye emite una mayor reflectancia (Hoffmann, Schroeder y Jackson 2003); esta energía adicional es retenida en la atmósfera, la cual genera más calor. El aumento de la temperatura, la reducción de la precipitación y prolongación de las sequías favorece a su vez la frecuencia e intensidad de incendios. Estos cambios climáticos reducen la humedad relativa de los bosques y los convierten en material combustible (Running 2006). Hay evidencia de que los incendios forestales se encuentran asociados con años de intensas sequías (Clark y Uhl 1987) así como con años posteriores a huracanes (López-Portillo *et al.*, 1990). En algunas zonas tropicales, los incendios forestales han sido descritos como detonantes sociales o ambientales que propician los procesos de deforestación (Geist y Lambin 2001). Eva y Lambin (2000) analizaron esta relación en Mato Grosso, Brasil, Bucini y Lambin (2002) en la República Central Africana, Cochrane y Laurance (2002) en Amazonia y Griffith (2004) en Nicaragua. Eva y Lambin (2000) analizaron la relación entre los incendios y la deforestación a escala de paisaje empleando sistemas de información geográfica y encontraron una correlación espacial estadísticamente significativa entre estas dos variables. No obstante señalan que la deforestación no siempre se encuentra asociada a incendios, por lo que los incendios no pueden ser considerados indicadores de “hot spots” de deforestación.

En la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), localizada al norte de Guatemala, existen diversas fuentes de presión y amenazas como los incendios forestales, las actividades de exploración y extracción de petróleo, la construcción de carreteras asociada a esta actividad, la extracción de flora y fauna silvestre y la aparición de asentamientos ilegales dentro de la reserva (CONAP 2001). En esta zona se presentaron fuertes incendios en 1998, 2003 y 2005 que fueron años de intensas sequías. De acuerdo al Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala

---

(CONAP, 2001) estos incendios causan daños en la cubierta vegetal, provocan desplazamientos de fauna por pérdida de hábitat, desgaste de los sitios arqueológicos y afectaciones en la salud humana. En esta zona, las autoridades sostienen que los campesinos aprovechan el hecho de que un bosque es afectado por fuego para ampliar la frontera agrícola (CONAP 2001, 2006a).

El discurso oficial que existe sobre los incendios y la deforestación es reflejo de la relación de conflicto que prevalece entre CONAP y las comunidades. Este conflicto surge a raíz de la declaratoria de la Reserva de la Biosfera Maya en 1990, momento en que CONAP concebía a la RBM como un conjunto de grandes parques prístinos y deshabitados. Esta concepción no era conciliable con la dinámica migratoria y colonizadora bajo la que se encontraba el departamento de Petén, que fungía como válvula de escape para sanar las dificultades de acceso a la tierra que se daban en otras partes del país (Monterroso 2006). El conflicto entre conservación y dinámica poblacional fue más grave en los Parques Nacionales, ya que éstos quedaron contemplados para la conservación de biodiversidad y preservación de ecosistemas, por lo que las comunidades humanas que se encontraban dentro de éstos debían ser reubicadas (CONAP 2006a). No obstante, a la fecha, las comunidades de los Parques permanecen en el área y el conflicto entre CONAP y los campesinos sigue latente.

En este trabajo analizamos el discurso que sostiene CONAP con relación a los efectos de los incendios forestales en la deforestación. Para ello, se determinó la magnitud y localización de los bosques afectados por incendios que fueron posteriormente deforestados en la Reserva de la Biosfera Maya, específicamente en el Parque Nacional Laguna del Tigre. Los resultados del trabajo contribuyen al debate sobre los incendios forestales como detonantes de procesos de deforestación y su análisis permite contribuir a su vez al debate sobre las causas de estos fenómenos.

---

### III. METODOLOGÍA

#### Localización y descripción del área

La Reserva de la Biosfera Maya, una de las áreas protegidas que componen la Selva Maya, tiene una extensión de 2,112,940 ha, en donde se resguarda una amplia diversidad de ecosistemas naturales, algunos íntegros y únicos (CONAP 2001). Por otra parte, la RBM tiene la función de mantener la conectividad con otras áreas naturales que conforman la Selva Maya en México y Belice (Figura 1). La RBM cuenta con un área predominantemente plana que corresponde a la región fisiográfica de la Plataforma de Yucatán, en donde se localizan las zonas de bajos, humedales y vegetación asociada a estos ecosistemas. La zona presenta dos sistemas de serranías, el primero es una cadena que parte del margen norte del río San Pedro y forma el parte aguas de las cuencas de este río, con la de los ríos Azul y Tikal. El segundo sistema de serranías es la Sierra de Lacandón localizada al oeste de la Reserva, colindante la Selva Lacandona mexicana. La RBM se encuentra zonificada en Zonas Núcleo (Parques Nacionales y Biotopos Protegidos) que corresponden a 36% de la extensión de la Reserva, Zona de Uso Múltiple donde se implementan las concesiones forestales comunitarias y corresponde a 40% de la Reserva y la Zona de Amortiguamiento que representa 24% de la Reserva.

El Parque Nacional Laguna del Tigre (PNLT) y el Biotopo Laguna del Tigre-Río Escondido suman una extensión de 335,080 ha, en donde se encuentra el sistema de humedales más grande de Centro América, declarado de importancia internacional por la convención de Ramsar (CONAP 2006a). El hábitat predominante es el bosque de transición entre humedales y bosque alto, que ocupa aproximadamente el 55% del parque. Cerca de 30% del área está compuesta por sabanas inundables y pantanos, mientras que el resto se compone de bosque alto y unos pequeños relictos de encino (*Quercus oleoides*) (CONAP: 2006a). En este parque se encuentran áreas de anidamiento y refugio de diversas especies como la guacamaya roja (*Ara*

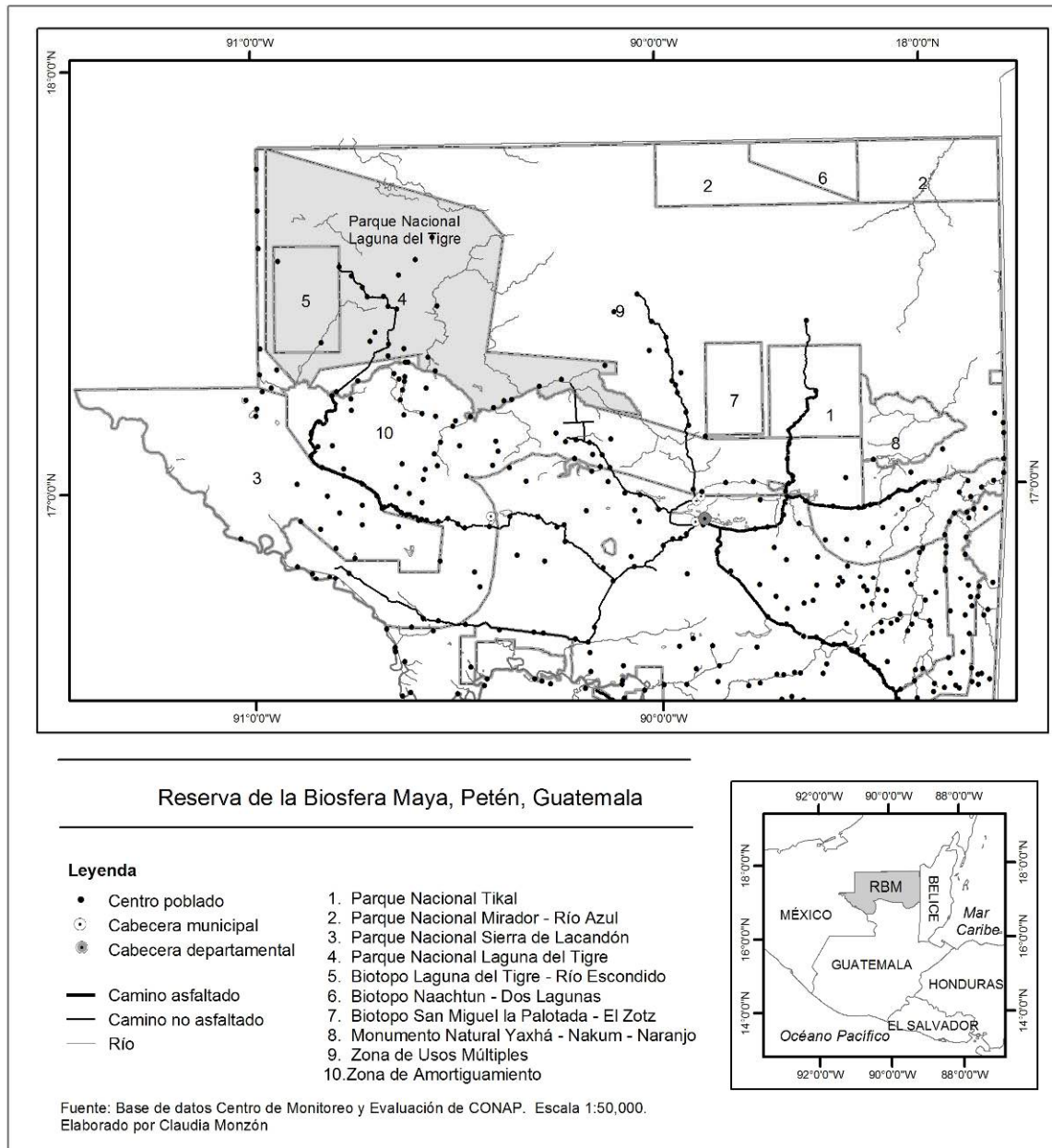


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera Maya y Parque Nacional Laguna del Tigre

*macao*), jaguar (*Panthera onca*), tortuga blanca (*Dermatemys mawii*) y cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*) así como más de 66 sitios arqueológicos (CONAP 2006a).

Este parque tiene una zonificación interna que consiste en una zona de uso especial donde se encuentran los asentamientos más grandes (18 asentamientos humanos de un total de 25), una



---

zona intangible donde se encuentran los sistemas naturales de importancia biológica y sitios arqueológicos menos perturbados y una zona de recuperación, fundamental para recuperar la conectividad y viabilidad de los procesos ecológicos de la zona (CONAP 2006b).

### **Identificación de la deforestación de bosques afectados por incendios**

Para delimitar las áreas deforestadas se empleó el mapa de cambio de la cubierta vegetal 1986-2005 elaborado por el Centro de Monitoreo y Evaluación de CONAP (CEMEC). Este mapa fue generado a partir de ISODATA de compuestos de NDVI de imágenes Landsat TM y ETM+ con base en la metodología propuesta por Hayes y Sader (2001), utilizada en todos los trabajos de evaluación de cambios de CEMEC (Ramos y Bernales 2001). El mapa tiene una exactitud de 95%.

Se utilizaron los mapas de incendios de 1998 y 2003 para identificar las zonas afectadas por estos fenómenos. Los mapas fueron elaborados por CEMEC a partir de 1- clasificación no supervisada con ISODATA, 2- clasificación de compuestos de NDVI y 3- edición manual (WCS 2003). Estos mapas tienen una exactitud de 73% y 70.5% respectivamente. Se identificaron las áreas de bosque medio y alto afectado por incendios empleando el mapa de Sistemas Naturales de Vegetación (CEMEC 1998).

Los efectos del incendio de 1998 en la deforestación se analizan en dos periodos: 1997-2000 y 2000-2003. En el primer periodo se incluye la imagen de 1997, porque no se contó con imágenes de 1998 ni de 1999. Los efectos del incendio de 2003 en la deforestación se analizan de 2003 a 2005.

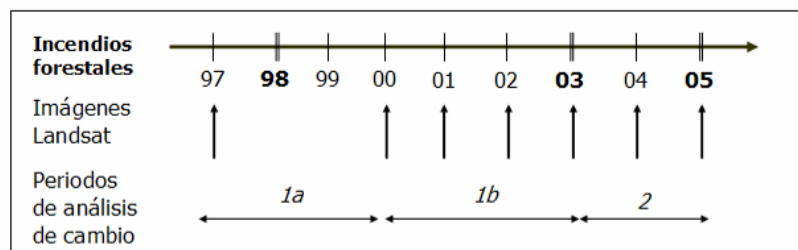


Figura 2. Definición de los periodos de estudio de la deforestación post-incendio.

Se realizó un álgebra de mapas empleando el programa ArcGis 8.3 y la extensión Spatial Analyst para unificar la información del mapa de deforestación 1986-2005 y el mapa de incendios 1998 y 2003. Se diseñó un sistema de codificación para asegurar que al realizar esta operación se presentaran valores únicos que pudieran ser traducidos a la categoría respectiva (Tabla 1). Como resultado se obtuvo un mapa donde se identifican las áreas en las que hubo deforestación después de los incendios forestales de 1998 y 2003.

Tabla 1 Codificación de los mapas de incendios y deforestación 1986-2005

Mapa de Incendios		Mapa de deforestación 1986-2005	
Año	Código	Periodo	Código
1998	10	Bosque sin cambios	1
2003	100	Agricultura desde antes de 1997	2
		Agua	3
		Deforestación 1997-2000	4
		Deforestación 2000-2003	5
		Deforestación 2003-2005	6

Los píxeles cuyo código son decenas corresponden a las áreas afectadas por fuego en 1998, por ejemplo el valor 11 identifica las áreas afectadas por el incendio de 1998 que mantuvieron la cobertura boscosa. Las centenas corresponden a los píxeles que fueron quemados en 2003, por ejemplo el valor 106 identifica los bosques afectados por fuego en 2003, cuya deforestación se presentó en el periodo 2003-2005. Las variables calculadas a partir del álgebra de mapas fueron la superficie de bosque afectado por incendios, superficie de bosque

---

deforestado, superficie de bosque afectado por incendios que fue deforestado, todas analizadas por periodo y obtenidas a partir de los datos del mapa.

### **Análisis de la información**

Se estimaron las superficies de deforestación de los bosques afectados por incendios en la RBM para los periodos 1997-2003 y 2003-2005. Se agruparon los parques nacionales del Este de la Reserva (Mirador-Río Azul, Naachtún Dos Lagunas, San Miguel la Palotada-El Zotz, Tikal, Yaxhá-Nakum-Naranjo, El Pilar y Cerro Cahuí) ya que estos tienen una dinámica de incendios y uso del suelo reducida, respecto a los parques del oeste de la Reserva.

Para analizar la asociación entre el bosque afectado por incendios y el bosque deforestado en el Parque Nacional Laguna del Tigre, se empleó una grátícula de 5x5km (n=173) tal y como lo proponen Eva y Lambin (2000). En un primer análisis, se presentan las proporciones de bosque en 1997, 2000 y 2003 con respecto del área total de la unidad, para conocer la distribución del bosque en esos años. Asimismo se presentan las proporciones de bosque afectado por fuego en 1998 con respecto del bosque presente en 1997 y 2000 y la proporción de bosque afectado por el incendio de 2003 respecto del bosque presente en 2003.

Por otra parte, se calculó la proporción de deforestación en bosques libres de incendios así como la proporción de bosque deforestado en bosques afectados por incendios. Se identificaron las unidades de 25 km<sup>2</sup> en las que una mayor proporción de la deforestación ocurrió en bosques afectados por fuego así como las unidades en las que una mayor proporción de la deforestación ocurrió en bosques libres de incendios. Si la diferencia era superior a 1% se consideraba como una diferencia significativa. Esto fue corroborado con pruebas de Chi<sup>2</sup> con las que se determinó en qué unidades había una asociación estadística entre los incendios y la deforestación.

---

Basado en el análisis realizado por Ehrlich, Lambin y Malingreau (1997), Eva y Lambin (2000) y Buccini y Lambin (2002), se estimaron los coeficientes de correlación espacial entre los incendios forestales y la deforestación así como la correlación espacial entre los incendios de 1998 y 2003. Esto fue realizado a partir de los archivos raster de bosque afectado por incendios y bosque deforestado, empleando el programa ArcInfo 8.3/ Grid.

## **IV. RESULTADOS**

### **1. DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS EN LA RBM**

Los incendios forestales de 1998 afectaron 280,719 ha del bosque de la RBM, lo que representa 20% de la superficie de bosque del año 1997. Las zonas más afectadas fueron la Zona de Usos Múltiples y la Zona de Amortiguamiento así como los parques al oeste de la RBM, Parque Nacional Laguna del Tigre y Sierra de Lacandón. Por otra parte, en el periodo 1997-2003 se deforestaron 44,602 ha; cerca de 60% de la deforestación de este periodo se presentó en la Zona de Amortiguamiento (Tabla 2). El Parque Nacional Laguna del Tigre es el parque en el que se presentó una mayor superficie afectada por incendios (65,9083 ha) así como una mayor superficie deforestada (8,796 ha).

El incendio de 2003 afectó 217,811 ha, una superficie menor a la del incendio de 1998, no obstante el Parque Nacional Laguna del Tigre, es la única zona en la que se afectó una mayor superficie de bosque durante el incendio de 2003. En este parque el incendio de 2003 afectó 83,321 ha de bosque comparadas con las 65,908 ha afectadas en 1998. De nueva cuenta, la mayor parte de la deforestación del periodo 2003-2005 se presenta en la Zona de Amortiguamiento (cerca de 50%) y en el Parque Nacional Laguna del Tigre (25%).

Tabla 2. Deforestación e incendios forestales de 1998 y 2003 en la Reserva de la Biosfera Maya

Superficie en hectáreas y %	ZUM	ZAM	PNLT	PNSL	Sum PE	RBM
área total	848,400	467,500	335,080	202,865	238,219	2,112,940
Bosque 1997	675,247	183,364	180,125	155,766	194,780	1,402,530
Bosque afectado en 1998	80,239	76,039	65,908	58,179	1,130	280,719
deforestación 1997-2003 <sup>1</sup>	5,018	25,607	8,796	4,542	286	44,602
deforestación 1997-2003 de bosques afectados en 1998	504	2,237	767	611	6	4,148
% bosque en 1997 <sup>2</sup>	80%	39%	54%	77%	82%	66%
% bosque afectado en 1998 <sup>3</sup>	12%	41%	37%	37%	1%	20%
% deforestado 1997-2003 <sup>3</sup>	1%	14%	5%	3%	0%	3%
% deforestación de bosques afectados en 1998 <sup>4</sup>	1%	3%	1%	1%	0%	1%
% deforestación de bosques afectados en 1998 <sup>5</sup>	10%	9%	9%	13%	2%	9%
Bosque 2003	670,229	157,757	171,329	151,224	194,494	1,357,928
Bosque afectado en 2003	48,988	62,115	83,321	21,437	1,124	217,811
deforestación 2003-2005 <sup>1</sup>	3,905	12,133	6,671	2,655	111	25,631
deforestación 2003-2005 de bosque afectado en 2003	1,488	5,863	3,182	877	31	11,528
% bosque en 2003 <sup>2</sup>	79%	34%	51%	75%	82%	64%
% bosque afectado en 2003 <sup>3</sup>	7%	39%	49%	14%	1%	16%
% deforestación 2003-2005 <sup>3</sup>	1%	8%	4%	2%	0%	2%
% deforestación de bosques afectados en 2003 <sup>4</sup>	3%	9%	4%	4%	3%	5%
% deforestación de bosques afectados en 2003 <sup>5</sup>	38%	48%	48%	33%	28%	45%

<sup>1</sup> Tomar en cuenta que existe una diferencia de años analizados en estos dos periodos de estudio, 1997-2003 incluye 6 años de análisis y 2003-2005 incluye dos años de análisis, por lo que las superficies deforestadas que se presentan no son comparables directamente

<sup>2</sup> Porcentaje calculado en relación a la superficie total

<sup>3</sup> Porcentaje calculado en relación al bosque presente previo al incendio (en 1997 y 2003)

<sup>4</sup> Porcentaje calculado en relación a la superficie de bosque afectada en el incendio

<sup>5</sup> Porcentaje calculado en relación a la superficie deforestada en el periodo post-incendio.

ZUM: Zona de Usos Múltiples, ZAM: Zona de Amortiguamiento, PNLT: Parque Nacional Laguna del Tigre, PNSL: Parque Nacional Sierra de Lacandón, Sum PE: Parques del Este de la RBM: Mirador – Río Azul, Naachtún Dos Lagunas, San Miguel la Palotada – El Zotz, Tikal, Yaxhá – Nakum – Naranjo, El Pilar y Cerro Cahuí.

---

Los parques del Este de la RBM son las áreas menos afectadas por incendios; aproximadamente 1,100 ha de bosque fueron afectadas en cada incendios. Así mismo son áreas en las que se presenta una superficie deforestada menor con 286 y 111 ha deforestadas en 1997-2003 y 2003-2005 respectivamente. Esta superficie equivale a deforestar aproximadamente 55 ha por año, mientras que en el PNLT se deforestaron 1,933 ha por año entre 1997 y 2005.

Durante el periodo 1997-2003, 1% de los bosques afectados por el incendio de 1998 fueron deforestados y en el periodo 2003-2005 este valor alcanza 5%. Estos resultados muestran que la mayor parte del bosque que es afectado por incendios no es deforestado. Para comprender qué proporción de la deforestación se presenta en bosques quemados observamos que en 1997-2003, el 9% de la deforestación se presentó en bosques afectados por el incendio de 1998. En el periodo 2003-2005 este valor alcanza 45%. Se observa un fuerte aumento de la superficie de bosque afectada por incendios posteriormente deforestada si se compara con el periodo anterior: 4,148 ha en 1997-2003 y 11,528 ha en 2003-2005.

## **2. DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AFECTADOS POR INCENDIOS EN EL PNLT**

La distribución espacial del bosque presente en 1997, 2000 y 2003 así como la localización de los bosques afectados por los incendios de 1998 y 2003 se presentan en la Figura 3. Estos mapas permiten identificar por una parte, que el área de mayor avance de la frontera agrícola se localiza en la parte central del parque, en la zona de uso especial, donde se encuentra la mayoría de asentamientos humanos. Por otra parte, se visualiza la distribución de los bosques afectados por incendios. En 1998 los incendios ocurrieron principalmente la zona de uso especial. En cambio, el incendio de 2003 se presentó en casi todo el parque, afectando en esta ocasión una mayor extensión en la zona intangible, que es considerada como una zona de menor perturbación (CONAP 2006a).

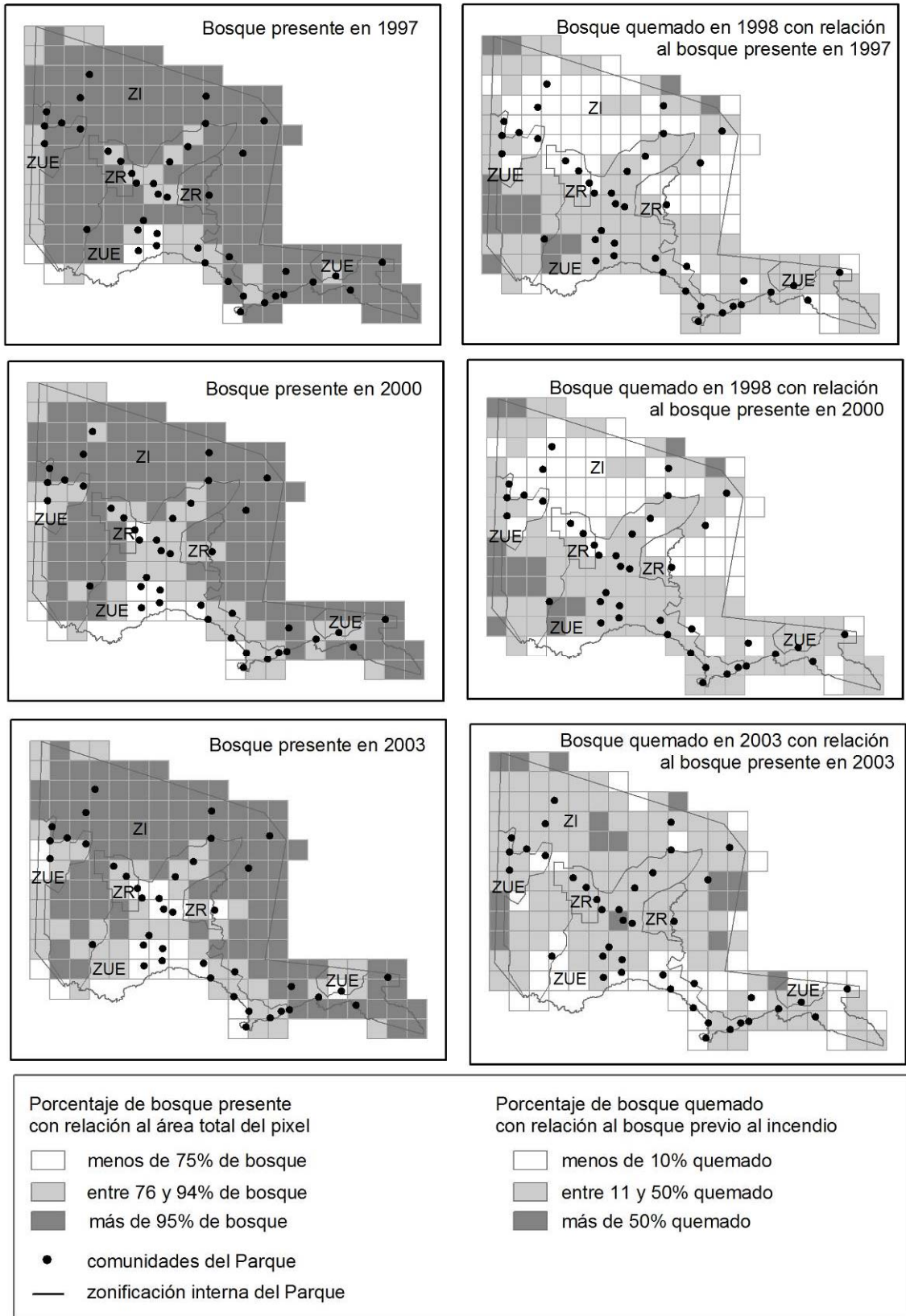


Figura 3. Bosques e incendios en el Parque Nacional Laguna del Tigre.

De acuerdo a las pruebas de correlación espacial no existe correlación entre los incendios forestales y la deforestación post-incendio en ninguno de los periodos de estudio (Tabla 3), más si una correlación de 0.470 entre el incendio de 1998 y el incendio de 2003.

Tabla 3. Coeficiente de correlación espacial entre la deforestación y los incendios forestales para los tres periodos de estudio en el Parque Nacional Laguna del Tigre.

	PNLT	ZI	ZUE
Incendio 1998 - deforestación 1997-2000	-0.026	-0.081	-0.027
Incendio 1998 - deforestación 2000-2003	-0.031	-0.063	-0.032
Incendio 2003 - deforestación 2003-2006	0.065	0.030	0.125
Incendio 1998 - incendio 2003	0.470	0.413	0.448

En la Figura 4 se identifican las áreas en las que hubo una mayor proporción de la deforestación en bosques afectados por incendios. Al analizar el incendio de 1998 se observa que en ninguno de los dos periodos de estudio (1997-2000 y 2000-2003) hay una preferencia por deforestar los bosques afectados por fuego. Se observa que en la Zona de Uso Especial, donde se encuentran las comunidades más grandes en términos de habitantes, la proporción de bosques deforestados en áreas libres de incendios supera a la proporción deforestada de bosques afectados por incendios. En algunas de estas unidades la proporción de deforestación de bosques libres de incendios supera en más de 40% a la proporción de deforestación de bosques afectados por incendios. En la zona de uso especial se quemaron más de 31,000 ha de bosque durante el incendio de 1998, de las cuales se deforestaron solamente 546 ha. Esta superficie representa 5% de la deforestación total del periodo 1997-2003 en esa zona lo que significa que hubo una reducida tendencia a deforestar los bosques afectados por el incendio de 1998.

En contraste, durante los años 2003 a 2005 se observa que hay una notable aparición de unidades en las que hay una preferencia por deforestar los bosques afectados por incendios. En tales unidades la proporción de deforestación en bosques afectados por incendios supera en más de 20% a la proporción de deforestación en bosques libres de incendios.



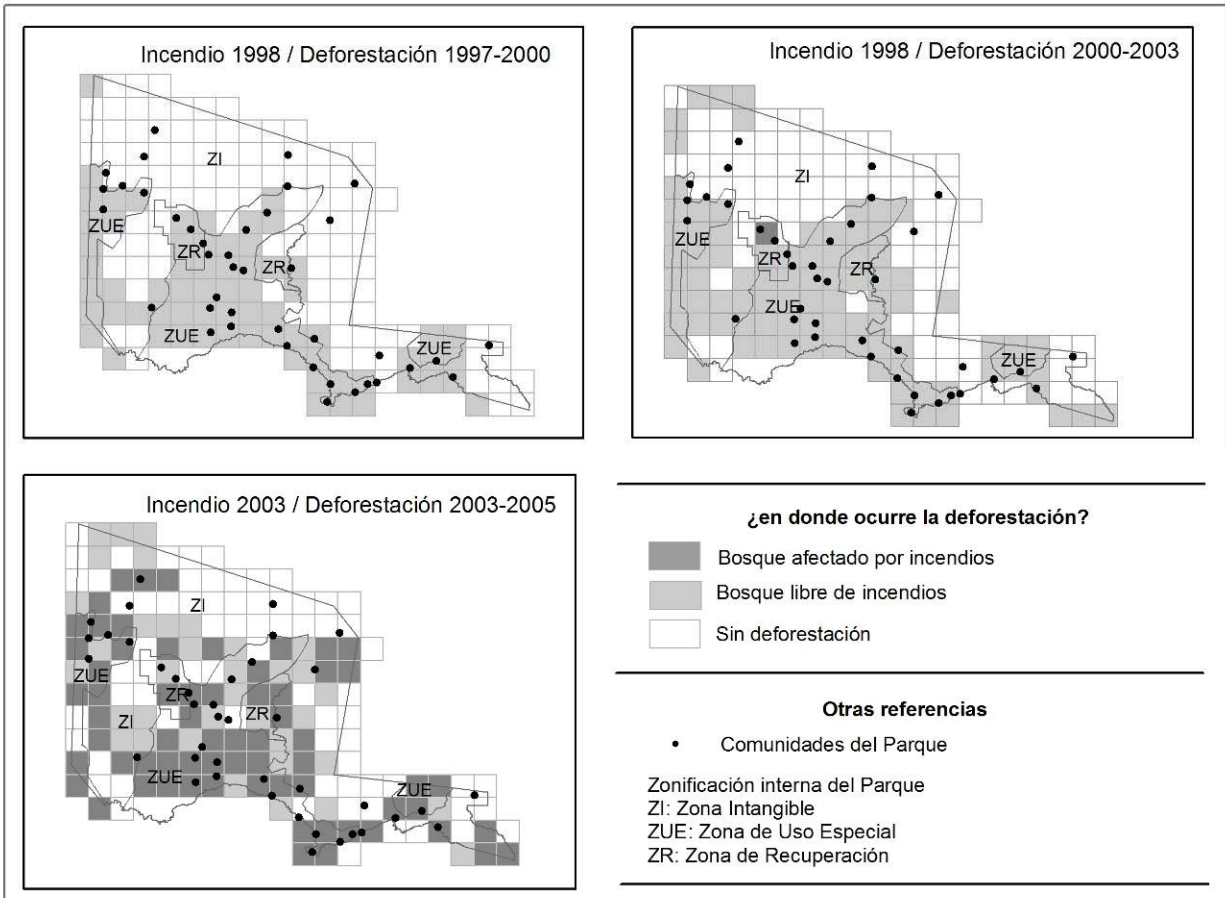


Figura 4 Distribución de las unidades de análisis de acuerdo la relación deforestación de bosques afectados por el incendio de 1998 y bosques libres de incendio.

## V. DISCUSIÓN

### Efectos de los incendios forestales en la deforestación

El discurso oficial que sostiene el gobierno sobre los efectos de los incendios forestales en la deforestación para la RBM, es que una vez que el bosque es afectado por un incendio, los campesinos eliminan este bosque para ampliar la frontera agrícola. Esta verdad ha sido creada como resultado de estudios técnicos sobre la deforestación en donde se identifican problemas y se recomiendan soluciones que se abstraen parcialmente de los contextos sociales, políticos e históricos. Tal como lo señala Sundberg (1998), estos estudios siguen nutriendo una verdad

---

dominante y el discurso creado es tan detallado y rotundo que una perspectiva alterna es inimaginable.

En el análisis a nivel de PNLT, se observa que solamente el 1% de los bosques afectados por el incendio de 1998 y el 4% del bosque afectado en 2003 fueron posteriormente deforestados. Estos resultados contrastan con la importancia que se le ha dado a los incendios como factor de cambio. No obstante se identifica un aumento de las proporciones de deforestación de bosques afectados por los incendios de 1998 y 2003. En el periodo 1997-2003, el 91% de la deforestación ocurrió en bosques que no fueron afectados por el incendio de 1998, mientras que en 2003-2005, 48% de la deforestación ocurrió en bosques afectados por incendios. El aumento de la proporción deforestada en bosques afectados por incendios se debe por una parte a la coincidencia espacial entre los incendios y los asentamientos humanos; las unidades en las que una mayor parte de la deforestación 2003-2005 se presentó en bosques afectados por el incendio de 2003, se encuentran en el centro / sur del parque, donde se encuentran la mayor parte de comunidades. Así mismo, se identifica un aumento generalizado de la deforestación: en el periodo de 1997-2003 se deforestaron 14,664 (2,444ha por año), mientras que en 2003-2005 se deforestaron 10,813ha (5,406.5ha/año). Este aumento de más del doble de la deforestación de un periodo a otro podría estar incidiendo en las proporciones obtenidas.

Finalmente, no se encontró una correlación espacial entre la superficie afectada por incendios y la superficie de bosque deforestado. Los resultados no concuerdan con lo encontrado por Eva y Lambin (2000), que presentan coeficientes de correlación de Pearson de 0.71 en una interfase de bosque-sabana de África Central y de 0.61 en una interfase bosque-agricultura de Mato Grosso, Brasil. Estas diferencias se deben a una incompatibilidad de metodologías empleadas: Eva y Lambin emplearon coeficientes de correlación de Pearson, aún si sus variables fueron conteos de incendios y proporción de cambio de uso del suelo. De acuerdo a Fowler *et al.*

---

(1998), este tipo de variables no se prestan para el empleo de pruebas de correlación de Pearson. De tal suerte, en este estudio se optó por calcular la correlación espacial y se obtiene que para el PNLT no existe una concordancia espacial entre la superficie afectada por incendios y la superficie deforestada.

En el PNLT el incendio de 1998 se encontró parcialmente correlacionado con el incendio de 2003. Esto se debe por una parte, a que el primer incendio crea claros en el bosque que propician un microclima más seco, en donde penetra más la luz y se retiene menos la humedad, por lo que el material cercano al claro se hace más inflamable (Cochrane y Lawrence 2002). Se debe por otra parte a que una vez que un bosque es afectado por fuego, la posibilidad de que éste se vea afectado en un futuro incendio es más elevada (Nepstad *et al.*, 1999). Según Cochrane *et al.* (1999) los impactos de los fuegos recurrentes son mucho peores que aquellos ocasionados en el primero incendio. Sería interesante analizar si los bosques afectados por incendios de manera recurrente son más susceptibles a ser deforestados.

### **Los incendios forestales en el Parque Nacional Laguna del Tigre**

Es importante destacar las diferencias que existen entre un incendio forestal y una quema agrícola. En ambas se involucra el fuego pero en las quemas agrícolas éste 1) es controlado por los campesinos que elaboran contornos libres de combustible para evitar que el fuego se escape y toman en cuenta la pendiente del terreno y los vientos para estimar la dirección posible de la quema (Hernández, 1959) y 2) el fuego tiene el propósito de reducir a cenizas una cubierta vegetal (bosque primario o secundario) para destinar este espacio a la agricultura, en donde las cenizas sirven como nutrimentos para los cultivos. En esta práctica hay claramente una intencionalidad de eliminar la cubierta vegetal para cultivar el terreno temporal o permanentemente.

---

Por el contrario, los incendios forestales originados por causas naturales o por causas humanas presentan fuegos descontrolados que afectan la cubierta boscosa (Cochrane *et al.*, 1999). Un incendio puede afectar en diversas intensidades a la vegetación, puede provocar un daño muy ligero, quemando solamente la hojarasca y sin afectar los árboles o puede causar la desaparición total del bosque, reduciéndolo a cenizas (Uhl 1998). En el Parque Nacional Sierra de Lacandón, Ponce (2001) señala que el 90% de los incendios forestales de 1998 fueron de intensidad I. Esta intensidad de daño se caracteriza por presentar efectos rastreros, en la que el autor describe que 85% de los árboles medidos no presentaron daños en el fuste ni en las copas.

De acuerdo a Ponce (2001) existe una estrecha relación entre la intensidad de los incendios forestales y la pendiente del terreno. En el PNLT más del 90% del área se localiza en pendientes de menos de 6%, esto nos sugiere que la intensidad de los incendios tendería a ser baja. Sostenemos que para que un área de bosque afectado por incendios pueda ser empleado como área de cultivo, el incendio debe haber sido tan intenso como para reducir la vegetación a cenizas. Esto parece ser poco probable en el caso del Parque Nacional Laguna del Tigre, en donde los efectos de los incendios tienden a ser rastreros. En el escenario en que los incendios forestales tienen efectos superficiales en el bosque y que los resultados de una quema agrícola son muy diferentes a los de un incendio rastrero (eliminación total de la cubierta vegetal), no se evidencia una clara ventaja de deforestar un bosque que ha sido afectado por incendios.

Se debe distinguir las distintas facetas que puede tener el fuego: como una herramienta para solucionar conflictos por tierra o como una herramienta para aumentar las superficies agrícolas. Sostenemos que en la RBM, la primera faceta del fuego es más evidente que la segunda. Los resultados permiten afirmar que en el PNLT los incendios forestales de 1998 y 2003 no fueron empleados por los campesinos como herramienta para ampliar sus áreas de

---

cultivo. Se debe explorar hasta que punto la pérdida de cubierta boscosa en áreas afectadas por incendios es resultado del uso del fuego como un mecanismo de reclamo de tierras.

Hasta el momento, hemos tratado de aportar elementos para contribuir al debate sobre los efectos de los incendios forestales en la deforestación. Siguiendo en esta misma línea y basándonos en las cifras y los mapas analizados, podemos explorar a su vez, el discurso que señala a los campesinos como principales responsables del origen de los incendios, es decir contribuir al discurso de las causas de los incendios forestales.

### **Las causas de los incendios forestales y la perspectiva dominante**

El discurso sobre las causas de los incendios forestales tiene sus orígenes en las políticas de conservación que se presentaban en el mundo en la década de los setenta. Las agencias internacionales como la Food and Agriculture Organization (FAO), la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) identificaban a las personas y al fuego como principales amenazas de la naturaleza (Rakyutitham 2001). La herencia política sigue vigente en las agencias locales de gobierno tanto en Guatemala, en México (Mathews 2005) como en Tailandia (Rakyutitham 2001). En México, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) también ha declarado que muchos de los incendios forestales de año 2003 fueron causados por un manejo inadecuado el fuego en la agricultura de roza tumba y quema, afirmando que esta práctica no solamente no es funcional sino que también es innecesaria (Mathews 2005). Así mismo, en Tailandia, el gobierno sostiene que los incendios forestales son causados por los campesinos para 1- obtener más productos no maderables ya que el fuego aumenta las tasas de crecimiento de vegetales y hongos y facilita la colecta de miel 2- para la cacería 3- para liberar su ira y tomar venganza en contra del Gobierno 4- como resultado de prácticas descuidadas en las quemadas agrícolas que resultan en fuegos descontrolados en las áreas

---

de bosque contiguo 5- como una falta de cuidado cuando se hacen fogatas en el bosque (Viriyarattanaporn 2000). .

Dennis *et al.* (2005) realizó un estudio sobre las causas y efectos de los incendios en Indonesia, en el que encontró que las causas de los incendios tienen orígenes múltiples con causas directas y subyacentes. Señala que en Indonesia, las causas directas de los incendios son que éstos son empleados para fines de transformación de la cubierta vegetal por pequeños y grandes productores, son resultado de descuidos pero también como herramienta en la disputa por tierra. Si exploráramos las causas de los incendios en la RBM probablemente no serían muy distintas a las identificadas en Indonesia. El punto, es que el discurso que sostiene el gobierno en Guatemala, solamente visualiza estas causas directas e ignora o no contempla las causas subyacentes.

Algunas causas subyacentes de los incendios forestales en la RBM se originan del conflicto de intereses entre las reclamaciones por la tierra y recursos, por parte de los habitantes del área y la política conservacionista del Gobierno. Muchas de estas causas, principalmente en los Parques Nacionales del oeste, se traducen a una falta de incentivos por parte del Gobierno para que los individuos, comunidades o compañías privadas se interesen en el control y prevención de incendios forestales. Un ejemplo de éxito de cómo funcionan los incentivos en la prevención de incendios forestales es lo que se observa en la Zona de Usos Múltiples, donde se encuentran las concesiones forestales comunitarias. Estas concesiones por 25 años iniciaron entre 1997-1999 y evidenciándose los esfuerzos por el control de incendios forestales que se traducen en una reducción de la superficie afectada por incendios de 1998 a 2003. En 1998 se afectaron cerca de 80,000 ha de bosque (12% del bosque en 1997) y 49,000 ha en 2003 (7% del bosque de 2003). En estas concesiones, los campesinos se encargan de prevenir y controlar los incendios forestales. Existen incentivos para que no se quemé el bosque: la quema del bosque representa una pérdida

---

de especies maderables y no maderables, una pérdida económica. Estas concesiones forestales tienen a su vez mecanismos de incentivos como la certificación forestal, mediante la cual deben institucionalizar diversos procesos para el acceso a mercados más competitivos.

Por otra parte, como lo señala Gould, Carter y Shrestha (2006), la política de legalización de tierras fuera de los Parques Nacionales ha hecho más atractiva la invasión dentro de los Parques Nacionales. Una vez que se legaliza la propiedad fuera de éstos Parques, la posibilidad de invadir estas áreas es más complicada, mientras que los parques, que siguen siendo propiedad de la nación, quedan al resguardo de los escasos guarda-bosques que tiene CONAP. Ante la poca presencia del Gobierno y un problema estructural de acceso a tierras, los Parques Nacionales son más accesibles y atractivos para los invasores. Es así como las políticas de legalización de tierras han tenido efectos contrarios a los intereses conservacionistas del área.

### **Implicaciones en la política de conservación de la RBM**

A la fecha, la existencia de parques extensos, prístinos y deshabitados son criterios de éxito para algunos conservacionistas. Consideran que el ser humano genera invariablemente una serie de impactos que amenazan a la biodiversidad. Como señala Schwartzman *et al.* (2000), muchos conservacionistas piensan que los habitantes de los parques deben ser desplazados a otras áreas. Esta posición predomina en el CONAP, cuya estrategia de conservación relacionada con los habitantes de los Parques Nacionales consiste en identificar comunidades que deben ser desplazadas prioritariamente. De acuerdo al plan de manejo 2007-2011, CONAP definió 11 comunidades del Parque que deben ser desalojadas del área en los próximos años. De éstas, solamente 2 están dispuestas a salir y en 3 comunidades ni siquiera existen procesos de diálogo o negociación (CONAP 2006a). Esta política genera un fuerte conflicto en las relaciones entre CONAP y los campesinos del Parque.

---

La percepción generalizada que CONAP mantiene sobre la indiferencia hacia la conservación por parte de los habitantes de los Parques Nacionales es una limitante para la prevención de incendios forestales. La percepción del gobierno es que los campesinos que viven en los Parques Nacionales no están interesados ni en la conservación, ni en la prevención de incendios. No obstante, como ya lo ha mencionado Shriar (2000) los campesinos de la Reserva están más interesados en la conservación de lo que es comúnmente reconocido. Los campesinos sufren directamente las consecuencias de la pérdida de nutrientes, la dificultad en el acceso a agua y cosechas cada vez más improductivas que dificultan su subsistencia. Por otra parte, los campesinos sufren las consecuencias directas de los incendios forestales como la quema de sus milpas, quema maderas preciosas y bejucos que emplean en la construcción de sus casas o incluso el aumento de enfermedades pulmonares que afectan en la temporada de incendios.

Como se señaló anteriormente, la delegación de responsabilidades a los campesinos para el control y prevención de incendios forestales parece estar funcionando en la Zona de Usos Múltiples, al reducir la superficie de bosque afectada por incendios. En las áreas en donde el campesino reconoce un área como propia, es más cuidadoso para prevenir y controlar los incendios forestales ya que percibe una pérdida directa de la degradación de los bosques por los incendios forestales. ¿Porque seguir contemplando a los campesinos como enemigos de la conservación o como personas a quienes no les interesa el cuidado de los recursos naturales? Hay evidencia que en la ZUM si ha funcionado esta delegación de responsabilidades, entonces ¿por qué seguir con una política de confrontación con los asentamientos humanos?

## **VI. CONCLUSIONES**

En la RBM existe un discurso dominante que señala que los campesinos aprovechan los incendios forestales para ampliar la frontera agrícola. No obstante los resultados de este estudio



---

no sustentan este discurso. Por una parte, la proporción de bosque afectado por incendios que es posteriormente deforestada es de menos de 5%. Así mismo, la mayor parte de la deforestación post-incendio en 1997-2003 ocurrió en bosques que no fueron afectados por el incendio de 1998 y en 2003-2005 la deforestación de bosques ocurrió tanto en áreas afectadas por incendios como en las no afectadas. Por otra parte, no existe una correlación espacial entre los incendios y la deforestación. Sostenemos que los campesinos que viven en la Reserva viven los efectos de la reducción de la cubierta boscosa, ellos se ven afectados por las consecuencias de los cambios de cubierta vegetal de manera más directa que los conservacionistas que vivimos fuera del área. Ellos experimentan el clima más seco, las cosechas cada vez más riesgosas o improductivas, el aumento del costo de la leña y materiales de construcción que cada vez se encuentran más lejos del hogar. Se debe proseguir el trabajo en escalas locales para poder comprender la forma en que los campesinos deciden usar su espacio. Para ello es necesario trabajar en los asentamientos humanos y dirigir los esfuerzos a encontrar respuestas por parte de las personas que habitan en las áreas de conservación.

## **VII. AGRADECIMIENTOS**

Al Centro de Monitoreo y Evaluación del Consejo Nacional de Áreas Protegidas CEMEC / CONAP en Guatemala por compartir la información geográfica de incendios y cambio de cubierta vegetal y a la Fundación Heinrich Boell por la beca otorgada al primer autor para la realización de estudios de posgrado, del cual forma parte este trabajo.

---

## VIII. REFERENCIAS

- Bestelmeyer, B.T. y L.E. Alonso (eds.). 2001. A Biological Assessment of Laguna del Tigre National Park, Petén, Guatemala. RAP Bulletin of Biological Assessment 16. Conservation International, Washington DC
- Bucini, G y E. Lambin. 2002. Fire impacts on vegetation in Central Africa: a remote-sensing based statistical analysis. *Applied Geography* 22: 27-48.
- Centro de Monitoreo y Evaluación de CONAP (CEMEC). 1998. Mapa de ecosistemas vegetales de la Reserva de la Biosfera Maya
- CEMEC. 1998. Mapa de incendios forestales de la Reserva de la Biosfera Maya
- CEMEC. 2003. Mapa de incendios forestales de la Reserva de la Biosfera Maya
- Clark, K. y C. Uhl. 1987. Farming, fishing, and fire in the history of the upper Rio Negro region of Venezuela. *Human Ecology*, 15(2):1-26.
- Cochrane, M.A., A. Alencar, M. Schulze, C. Souza, D. Nepstad, P. Lefebvre, E. A. Davidson. 1999. Positive Feedbacks in the Fire Dynamic of Closed Canopy Tropical Forests. *Science* 284:1832-1835
- Cochrane, M.A. y W.F. Laurance. 2002. Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forests. *Journal of Tropical Ecology* 18: 311-325.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 2001. Plan Maestro de la Reserva de la Biosfera Maya 2001-2006. CONAP, Guatemala. 82p.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 2006a. Plan Maestro 2007-2011 Parque Nacional Laguna del Tigre. CONAP, Alianza Kanteel y Wildlife Conservation Society. 131p.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 2006 b. Estudio Técnico Integral de Asentamientos Humanos de la Reserva de la Biosfera Maya. 23p.

- 
- Dennis, R.A., J. Mayer, G. Applegate, U. Chokkalingam, C.J. Pierce Colfer, I. Kurniawan, H. Lachowski, P. Maus, R. Pandu Permana, Y. Ruchiat, F. Stolle, Suyanto y T.P. Tomich. 2005. Fire, People and Pixels: Linking Social Science and Remote Sensing to Understand Underlying Causes and Impacts of Fires in Indonesia. *Human Ecology* 33(4): 465-504
- Eva, H. y E. Lambin. 2000. Fires and land-cover change in the tropics: a remote sensing analysis at the landscape scale. *Journal of Biogeography* 27: 765-776.
- Fowler, J., L. Cohen y P. Jarvis. 1998. *Practical Statistics for Field Biology*. John Wiley and Sons, 2a Edición. Chichester, Inglaterra, 260p.
- Geist, H.J y E.F. Lambin. 2001. What Drives Tropical Deforestation? A meta-analysis of the proximate and underlying causes of deforestation based on sub national case study evidence. LUCR Report Series No. 4, CIACO, Louvain-la-Neuve, Bélgica. 116p.
- Gould, K, D. Carter y R. Shrestha. 2006. Extra/legal land market dynamics on a Guatemalan agricultural frontier: Implications for neoliberal land policies. *Land Use Policy* 23:408-420.
- Griffith, D.M. 2004. Succession of tropical rain forest along a gradient of Agricultural intensification: patterns, mechanisms and Implications for conservation. Tesis Doctoral, Universidad de Michigan, Michigan. 174p.
- Hernández, E. 1959. La agricultura en la Península de Yucatán. En E. Beltran (ed.) *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*, IMRNR, 3:3-57
- Hoffmann, W. A., W. Schroeder, y R. B. Jackson, 2003. Regional feedbacks among fire, climate, and tropical deforestation. *Journal of Geophysical Research* 108(D23): 1-11.
- López-Portillo, J., M.R. Keyes, A. González, E. Cabrera y O. Sánchez. 1990. Los incendios de Quintana Roo: Catástrofe ecológica o evento periódico? *Ciencia y Desarrollo* 16(91):13-57
- Mathews, A. 2005. Power/Knowledge, Power/Ignorance: Forest Fires and the State in Mexico. *Human Ecology*, 33( 6):795:820

- 
- Monterroso, I. 2006. Comunidades locales en áreas protegidas: reflexiones sobre las políticas de conservación en la Reserva de la Biosfera Maya. In: Alimonda, H, Los tormentos de la materia. Aportes para una ecología política latinoamericana. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales -CLACSO, Buenos Aires, p. 239-277.
- Nepstad, DC., A. Veríssimo, A. Alencar, C. Nobre, E.Lima, P. Lefebvre, P. Schlesinger, C. Potter, P. Moutinho, E. Mendoza, M. Cochrane y V. Brooks. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398: 505-508.
- Ponce, W.E. 2001. Estado actual de la cobertura forestal afectada por los incendios del periodo 1998-2000 en la zona intangible y la zona de recuperación del Parque Nacional Sierra de Lacandón. Tesis de Licenciatura, Universidad San Carlos de Guatemala.
- Rakyutitham, A. , 2001. Forest fire: A history of repression and resistance. *Watershed* 6(2):35-42.
- Ramos, V, Bernales, E. 2001. Estimación de la Deforestación en la Reserva de la Biosfera Maya, 1997-2000 y 2000-2001. PROPETEN/CI, CONAP-CEMEC, FMAM. Guatemala.
- Running, S.W. 2006. Is Global Warming Causing More, Larger Wildfires? *Scienceexpress* p. 1-3.
- Schwartzman, S., A. Moreira, D. Nepstad. 2000. Rethinking Tropical Forest Conservation: Perils in Parks, *Conservation Biology*, 14(5):1351-1357
- Shriar, A.J. 2002. Food security and land use deforestation in northern Guatemala. *Food Policy* 27: 395-414
- Sunberg, J. 1998. Landscapes in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *Geographical Review*, 88(3):388-412.
- Viriyarattanaporn, T. 2000. Forest Fire Protection: Quick and Successful. *Vanasarn*, publicación trimestral del Departamento Real Forestal de Thailandia, 58(1)12-15.
- Wildlife Conservation Society. 2003. Monitoreo de Incendios Forestales y Estimación de Superficies Quemadas, RBM, 2003. WCS-FIPA-CEMEC. Petén, Guatemala.