12 GEOGRAFÍA PARA EL SIGLO XXI SERIE: TEXTOS UNIVERSITARIOS

Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca: aportes para su conocimiento y conservación

José López García

70 Años INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca: aportes para su conocimiento y conservación

José López García

México, 2013

López García, José
Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca: aportes para su conocimiento y conservación. México:
UNAM, Instituto de Geografía, 2013.
136 p., il.: 22 cm. (Geografía para el siglo XXI; Serie Textos Universitarios 12)
Incluye bibliografía
ISBN 970-32-2965-4 (obra completa)
ISBN 978-607-02-4553-4

1.Mariposas Monarcas – Conservación I. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. II. t. III. Ser.

Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca: aportes para su conocimiento y conservación

Primera edición, agosto de 2013

D.R. © 2013 Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria
Coyoacán, 04510
México, D. F.
Instituto de Geografía
www.unam.mx
www.igeograf.unam.mx

Prohibida la reproducción parcial o total
por cualquier medio, sin la autorización escrita
del titular de los derechos patrimoniales.

La presente publicación presenta los resultados de una investigación científica
y contó con dictámenes de expertos externos, de acuerdo con las normas
editoriales del Instituto de Geografía.

Proyecto PAPIIT IN305707
"Evaluación del cambio de cobertura forestal bianual con fotografías aéreas digitales
en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca"

Geografía para el siglo XXI
Serie Textos universitarios
ISBN (Obra general): 970-32-2965-4
ISBN: 978-607-02-4553-4

Impreso y hecho en México

Índice

Introducción……9

Capítulo 1. Primeros acercamientos al estudio……15
de la Mariposa Monarca

Capítulo 2. Establecimiento y modificaciones……47
de la zona de protección de la Mariposa Monarca

Capítulo 3. Metodología para la evaluación del cambio……61
en la densidad de cobertura forestal en la
Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca

Capítulo 4. Evaluación bianual de cambios……77
en la densidad de cobertura forestal
en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca

Bibliografía consultada...……131

Introducción

Este trabajo pretende plasmar la experiencia acumulada durante casi tres décadas en el estudio ecogeográfico en una de las más importantes reservas de México, la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca y con ello contribuir a través de un recuento histórico sobre los cambios que han transformado el paisaje de esta zona, lo que permite comprender la importancia de los estudios interdisciplinarios en este tipo de problemas ambientales y que sea una herramienta que oriente estudios posteriores.

La Mariposa Monarca ha sido reconocida por su asombroso proceso migratorio de más de 4 000 km desde el sur de Canadá y el norte de los Estados Unidos de Norteamérica hasta el eje Neovolcánico en el centro de México.

En nuestro país desde hace más de tres décadas fueron dados a conocer los santuarios ubicados entre los estados de México y de Michoacán. Fue en 1980 cuando las autoridades decretaron la protección de la mariposa Monarca y seis años después se decretó la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca (REBMM), con una extensión de 16 110 ha. El decreto incluyó cinco áreas de conservación, donde se ubican las colonias, conocidas como sitios de hibernación. Cada área o santuario tenía una zona núcleo, en la que no se permite la explotación forestal, y una zona de amortiguamiento donde se limita el aprovechamiento forestal.

En el 2000 se amplió la zona de protección de las mariposas Monarca, que incluyó una propuesta técnica con un innovador esquema de conservación que incluyó el establecimiento de un fideicomiso para financiar incentivos para la conservación y restauración de la zona núcleo de la reserva.

La World Wildlife Fund (WWF) y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), con apoyo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) trabajaron en la obtención de aportaciones para la creación de un Fondo patrimonial, cuyos intereses pudieran apoyar a estos propietarios.

Estos incentivos ofrecen alternativas para asegurar que las comunidades que tienen terrenos en la zona núcleo, no se vean afectadas por dejar de aprovechar sus recursos forestales. Los incentivos se hacen por medio de dos mecanismos: uno por la SEMARNAT, a través de diversos programas, y el segundo establecido

por iniciativa de WWF y el FMCN. El primero promueve el empleo para diversas actividades de conservación y restauración en la zona núcleo con apoyo de la política pública de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Consiste en realizar acciones de monitoreo, prevención y control de incendios, restauración y manejo forestal, reforestación, conservación y restauración de suelos, manejo de plagas, protección y vigilancia y manejo de vida silvestre. El segundo mecanismo es el Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (FCMM), que fue implementado en la región para apoyar a ejidos y comunidades indígenas por la modificación de sus permisos de aprovechamiento forestal en la zona núcleo de la Reserva.

Los permisos que se revocaron con el decreto del 2000 son compensados con pagos anuales que se calculan con base en los volúmenes que indica el permiso para cada anualidad. El modo de distribución de los pagos de madera dentro de cada ejido o comunidad es determinado por los propietarios. En la mayoría de los núcleos agrarios la decisión ha sido dividir el recurso entre todos los propietarios. De acuerdo con la visión de los dueños, de esta manera todos los ejidatarios o comuneros, incluso los ancianos y las mujeres, pueden beneficiarse de este pago.

Los núcleos agrarios que no contaban con permiso de aprovechamiento forestal reciben pagos anuales por servicios de conservación, equivalentes a doce dólares por hectárea de la comunidad o ejido dentro de la zona núcleo. Para los permisionarios el pago es de ocho dólares, durante la vigencia del permiso para después igualar los doce dólares. Estos pagos se hacen a cambio del compromiso de conservar el área y cooperar con la Reserva para asegurar su uso y protección de acuerdo con los lineamientos del Programa de Manejo.

De los 93 predios que se localizan en la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca (RBMM), 40 se encuentran en la zona núcleo, 32 participan en el FCMM en el 2003, dos más se incluyeron recientemente y dos son propiedades del Gobierno mexicano.

Con base en lo anterior, y con diversas promesas de apoyos gubernamentales en distintos rubros, en octubre de 2000 casi todos los núcleos agrarios propietarios de predios en zonas núcleo, ya fuera con permisos de aprovechamiento forestal o sin ellos, accedieron a firmar un Convenio de Concertación con la SEMARNAT, WWF y FMCN para establecer el esquema de apoyo antes de la emisión del nuevo decreto.

El primer capítulo hace una reseña de las primeras visitas a los santuarios de la mariposa Monarca en 1986 con turistas, más adelante con varios proyectos de investigación hasta llegar a los cambios de cobertura forestal de 1999 al 2011 y termina con las experiencias con estudiantes dentro de un programa universitario.

El capítulo dos aborda el establecimiento y modificaciones de la zona de protección de la mariposa Monarca, desde el primer decreto en 1980, segundo decreto en 1986, tercer decreto en 2000 y modificaciones a la zona núcleo en 2009.

El capítulo tres trata del aspecto metodológico que permitió la evaluación de cambios en la densidad de cobertura forestal para determinar el pago por servicios de conservación y cómo se ha ido modificando para adecuarlo a las condiciones de mejoras de resolución de las fotografías aéreas digitales.

El capítulo cuatro establece los resultados de las evaluaciones de los cambios de densidad de cobertura forestal en la zona núcleo y en zona de amortiguamiento de 1999 antes de la ampliación de la reserva hasta 2011 y sus posibles causantes del deterioro.

La experiencia acumulada durante estos años en el estudio de la ecogeografía de la mariposa Monarca, vale la pena plasmarla en un libro. Es un material donde se tiene un recuento histórico de esta Área Natural Protegida (ANP), las transformaciones que la han impactado, y hacer evidente la importancia de los estudios interdisciplinarios en este tipo de problemas ambientales. Dicho material podría ser una guía para la orientación o continuidad de estudios futuros, ya sea para hacer investigación ecológica o social y como material de consulta para estudios de educación ambiental.

Agradecimientos

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA-UNAM), Programa de apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, Proyecto PAPIIT IN305707 "Evaluación del cambio de cobertura forestal bianual con fotografías aéreas digitales en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca".

A la Alianza WWF-Telcel, por permitir utilizar las fotografías aéreas digitales de los años 2001, 2003, 2005, 2009, 2010 y 2011.

Al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), por el permiso para utilizar las fotografías aéreas digitales de los años 2006, 2007 y 2008.

A las comunidades que me apoyaron para realizar esta investigación en la RBMM, entre las que destaca la Familia Malváes del ejido El Capulín, en especial a Alejandro Malváes.

Colaboración:

Dra. Lilia de Lourdes Manzo Delgado
Dr. Jorge Prado Molina
Biól. Armando Peralta Higuera
M. en G. Armando García de León Loza
M. en I. Marco Antonio López Vega

A los becarios que apoyaron esta investigación:

Miriam Martínez Chávez*
Monserrat Martínez Nava*
José Mauricio Galeana
Jesús Reyes Rojas
Nirani Corona Romero
Xanath Pamela Cruz Cruz
José Manuel Ramírez
Nuria Isabel Rubio
Álvaro Vega Guzmán
Hazziel Padilla Doval*
Itzel Peralta Juárez
Jaqueline Jeniffer Noguez Lugo
Fabiola Gress Carrasco
Guadalupe Villegas Bárcenas
Mynjell Patricia Salcedo Barragán*
Nuria Isabel Rubio
Pablo Leautaud Valenzuela*
Halina Wanda Wieczorek*
Alfonso Carbajal Domínguez*
Maviael Sarai Velázquez Quintana*
Luis Antonio Contreras Estrada*
Jesús Sánchez Vargas
Fernando Pérez Huerta
Carolina Reyes Serrano
Maribel Blancas Miranda
Jesús Domínguez Gutiérrez*

* Realizaron tesis dentro del proyecto PAPIIT IN305707 o IN303010.

A los estudiantes que indirectamente apoyaron esta investigación:

Anahí Ramírez Alfaro
Max Jonathan Berny Arellano
Andrés Barreiro Pacheco
Pedro Ramírez Alfaro
Jorge Chinchilla Villavicencio
Mariel Ramírez Alfaro
Pablo Roberto García-Gómez Siverston
Verónica Belén Barajas López
Yuliana Juárez Sánchez
Socorro Flores Gutiérrez
Liliana Casillas López
Eduardo Alfonso Guido Cruz
Hermes David Valdez Quiroz
Carlos Beltrán Martell
Mireille Martell Pineda
Sara López Rivera
Martha Gabriela Soriano Morales
Graciela Jiménez Guzmán

Capítulo 1. Primeros acercamientos al estudio de la mariposa Monarca

Visitas a los santuarios de la mariposa Monarca 1985-1990

El primer acercamiento a la observación de los procesos de hibernación, reproducción y migración de la mariposa Monarca fue como supervisor en visitas guiadas al santuario de Sierra Campanario, organizadas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), lo que incluía algunos atractivos de la región como El Salto de Chihuahua (Figura 1) y la zona arqueológica El Pedregal de origen Matlatzinca en Ixtapan del Oro.

Por la noche en Zitácuaro se hizo una presentación sobre el proceso migratorio, el ciclo de vida, la biología de la mariposa Monarca y la importancia de la conservación de los bosques.

Se visitó el santuario de Sierra Campanario, siendo el primero que se abrió al público y que tenía dos accesos, uno por el poblado de Angangueo (Figura 2) y otro por el poblado de Melchor Ocampo, el primero de ellos era el que se tomaba por una brecha utilizada para la extracción de madera, sobre materiales de ceniza volcánica.

Al día siguiente, a bordo de camiones de redilas, subimos por el pueblo de Angangueo a visitar el santuario de la mariposa Monarca, por una brecha mal trazada, con gran polvareda y brincos, lo que denotaba un camino mal conservado, lo que hacía necesario cubrirse nariz y boca y una verdadera aventura el ascenso, además de emocionante. Al llegar a la zona de entrada estaba una caseta improvisada, donde en 1987 cobraban la entrada; posteriormente se establecieron una caseta de cobro y un salón para presentar audiovisuales sobre el proceso migratorio de la mariposa Monarca y sobre el ciclo de vida (Figura 3). Cabe aclarar que se utilizó en el mismo sitio donde estaba la antigua caseta para el desarrollo de la infraestructura para la recepción de visitantes; se incluyeron también sanitarios.

El recorrido era por un sendero inclinado, en algunos casos con una pendiente de hasta 20° más o menos, que con el paso del tiempo empezó a erosionarse con lo que se establecieron diferentes medidas para proteger el suelo, como

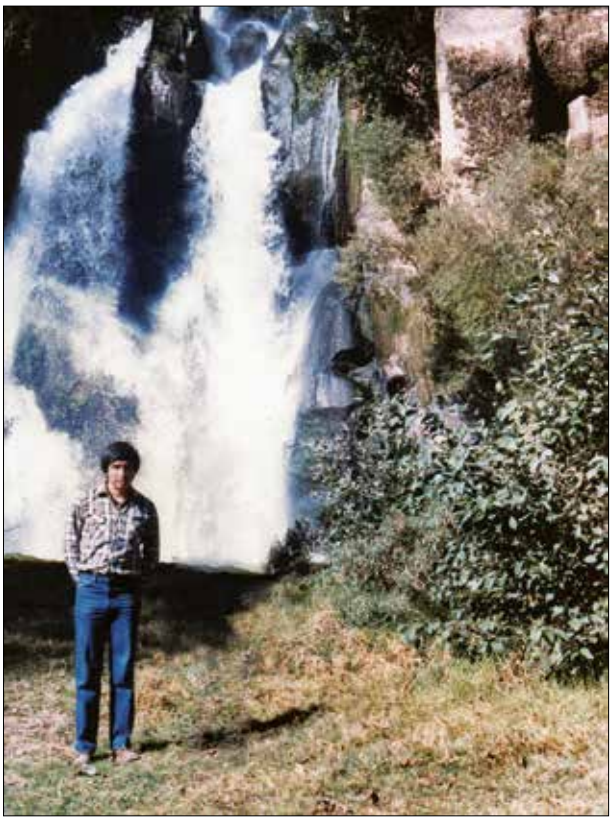


Figura 1. El salto de Chihuahua, Ixtapan del Oro, Estado de México.

Figura 2. A la izquierda el poblado de Angangueo y a la derecha la fachada de una casa típica.

Figura 3. Santuario El Rosario a la izquierda administración y caseta de cobro en 1987, a la derecha administración y caseta en 2009.

troncos detenidos con estacas que fijaban los escalones, hasta más recientemente la construcción de escalones de cemento y descansos de tierra, así como una cuerda delimitando el sendero (Figura 4).

Como las colonias ocupan una zona diferente, a lo largo de la temporada de hibernación y considerando que el santuario de El Rosario ocupa casi los mismos lugares, se estableció un sendero circular donde hay uno de ascenso y otro de descenso, con lo que se favorece la libre afluencia de visitantes, hasta llegar a una zona donde se agrupaban millones de mariposas Monarca, denominado como santuario El Rosario. Estos santuarios no siempre ocupaban el mismo lugar, por lo que cada año se modificaban: el sendero, los guías y vigilantes sin capacitación alguna. Con el tiempo se fue estableciendo un sendero general que permitía tener

Figura 4. Santuario El Rosario a la izquierda sendero rústico en 1990 y a la derecha un sendero acondicionado con escalones en 2009.

acceso a la zona de hibernación y observar a las mariposas casi en toda la temporada. Donde iniciaba el sendero se formó un circuito para regresar, en diferentes puntos, dependiendo del lugar donde se encontraban las mariposas, y fue por ese sendero que se supo que llegaban a las partes altas en noviembre y descendían a medida que pasaban las semanas y el ambiente se hacía más cálido. Para finales de febrero se iniciaba la reproducción y en marzo daba inicio la migración hacia el norte, para a finales de marzo migrar las últimas mariposas (Figura 5).

El Rosario fue el primer santuario abierto al público y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) era la encargada de su manejo, estableciendo una serie de señales para tratar de orientar a los visitantes de esta ANP (Figura 6).

Los letreros son de diferente índole, ya sea de la biología de la mariposa Monarca, de las especies presentes en la zona, así como letreros en la estación

Figura 5. A la derecha visitantes en el santuario El Rosario y a la derecha mariposas en actividad en el mes de febrero.

Figura 6. A la derecha letreros indicando la entrada al santuario y a la derecha recomendaciones de comportamiento dentro del santuario.

de Chincua en el Llano de las Papas (Figura 7), que fue construida para realizar investigaciones o albergar a los que realizan alguna investigación en la entonces Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca (REBMM). Las instalaciones están formadas por seis amplias naves y actualmente están siendo desmanteladas, por no haber cubierto la renta de estos terrenos al ejido Los Remedios.

Los fines de semana se realizaban salidas, entre noviembre y finales de marzo, de la temporada 1985 a la de 1990 (que empieza a principios de noviembre y termina a finales de marzo), lo que permitió conocer con detalle el proceso de llegada (arribo) y entender que hay una variación en el comportamiento entre noviembre y marzo. Al principio se observaba poca actividad y las mariposas se agrupaban en las ramas de los oyameles, formando racimos que hacen que éstas se cuelguen, a esto se le denomina hibernación (disminución de la actividad o aletargamiento). Al final de enero o principios de febrero se inicia una gran actividad, para que a mediados de marzo comience el proceso reproductivo y después la migración. Esto se asocia a la temperatura, ya que en noviembre es el final del otoño, cuando establecen sus colonias para iniciar la hibernación, disminuyen la actividad y, a medida que se acerca la primavera, se produce un fenómeno que hace que se rompa la diapausa (condición no reproductiva) e iniciar la actividad reproductiva, y posteriormente comenzar la migración hacia condiciones menos cálidas y depositar sus huevecillos en su trayecto hacia el norte de Estados Unidos y sur de Canadá, para ahí dispersarse y volverse agrupar para finales del otoño regresar a México. Además, las colonias se ubican en lugares diferentes dentro de cada temporada y más aún, ocupan áreas diferentes entre una temporada y otra.

En el 2009 se colocaron letreros en cada uno de los santuarios abiertos al público para apoyar a los visitantes dentro de la RBMM, alusivos a recomendaciones

Figura 7. A la izquierda letrero alusivo a la biología de la mariposa Monarca y a la derecha letrero de entrada a la estación Chincua en el Llano de las Papas.

sobre la dificultad que tienen cada uno de los senderos, así como la reglamentación dentro de la reserva, como son que todos los visitantes deben registrarse, el horario de visita y la necesidad de llevar guía (Figura 8).

Este fue el primer contacto con las colonias de mariposas (Figura 9) y con la labor de difundir el proceso de hibernación, reproducción y la migración de México al norte de Estados Unidos y sur de Canadá, que se inicia en marzo, de las mariposas que llegaron en noviembre, para luego repetirse el proceso migratorio en marzo de cuatro a cinco generaciones en constante migración hacia el norte, para que la última generación sea la que regrese el siguiente noviembre.

Proyecto SEDUE-UNAM 1985-1989

En 1985 se invita a la UNAM a colaborar con la Secretaría de Ecología, de la Dirección de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales (SEDUE), a través de la doctora Leonila Vázquez y el maestro en Ciencias Héctor Pérez Ruiz, para elaborar el programa de protección y estudio de las mariposas Monarca *Danaus plexippus* L. Materiales que servirían de base para el Programa Integral de Desarrollo "Mariposa Monarca".

En 1986 Héctor Pérez Ruiz nos solicitó a Carlos Melo Gallegos y a un servidor, ambos del Instituto de Geografía, apoyar con un estudio ecogeográfico a esta Reserva, en virtud de nuestra línea de investigación sobre ANP, para lo cual proporcionó un juego de fotografías aéreas blanco y negro de 1984 de la entonces REBMM.

Figura 8. A la izquierda letrero con recomendaciones, en el santuario El Capulín y a la derecha letrero con el reglamento en santuario La Mesa.

Figura 9. Colonia de mariposas Monarca en árboles de oyamel.

Una vez elaborado el primer análisis por fotointerpretación se decidió realizar una primera visita en 1986, constatándose la tala que se estaba realizando en los cerros Chivati-Huacal (Figura 10), porque los ejidatarios decían que no les habían preguntado sobre el establecimiento del decreto y decidieron talar los árboles: "Cuando vengan no van a encontrar nada", pensaban que les querían quitar sus tierras, por lo que los proyectos deben ser socialmente aceptados, de otra forma se corría el riesgo de fracasar.

La gente de la comunidad indígena de San Cristóbal no entendía las implicaciones de una reserva y mucho menos de un decreto, pues según ellos les iban a expropiar sus terrenos; en esa visita estaban derribando quince árboles/persona/día, solo por el hecho de verse agredidos en su autonomía, porque no podían sacar la madera.

En 1986 una vez decretada está ANP como REBMM que establecía poligonales, en poco tiempo sufrieron modificaciones debido a la indefinición de límites estatales, siendo la mayor parte de la superficie en el estado de Michoacán. La forma de los polígonos era rectangular, no obedecía a ningún aspecto ecogeográfico, sino meramente político, no consideraba la ubicación de las colonias de mariposas Monarca, denominadas desde entonces como santuarios.

Figura 10. Comparación aerofotográfica de la comunidad indígena de San Cristóbal en 1984 (arriba) y 1994 (abajo) de los Cerros Chivati-Huacal.

Se elaboró un informe técnico para la SEDUE en abril de 1988, titulado "Contribución Geográfica al Programa Integral de Desarrollo "Mariposa Monarca"", investigación que fue autorizada en marzo de 1987. Posteriormente, en 1989 sale publicado uno de los primeros trabajos sobre la ecogeografía de la REBMM, con el mismo nombre del informe técnico, en donde se hace un importante aporte y se sientan las bases del Plan de Desarrollo Mariposa Monarca.

Después de conocer y hacer innumerables visitas a los santuarios de la mariposa Monarca entre 1990-1993, seguía haciéndome muchas preguntas sobre los aspectos ecogeográficos que determinan la llegada de las mariposas, y me planteaba que tales circunstancias no podrían ser fortuitas, que debía haber ciertos parámetros que determinaban su permanencia y migración casi a los mismos sitios año con año. Así, continué visitando los santuarios tratando de explicarme el porqué estos insectos que tienen sobre la Tierra más de 70 millones de años en su estado actual (con dos pares de alas), con apenas medio gramo de peso, pueden desaparecer bajo la alteración que el hombre hace a estos ecosistemas, pero entendía que esto no pasaría, ya que el mayor problema sería la escasez de agua, motivada por la deforestación y degradación forestal, antes que se pudiera pensar en la desaparición de las mariposas.

El análisis me llevó a plantear para cada uno de los parámetros del medio físico una relación con las mariposas Monarca, así la parte litológica me permitía asociar a los santuarios, era la naturaleza de estas rocas presentes en las montañas de Chivati-Campanario-Chincua, como rocas andesíticas, traquitas y traquiandesitas pseudoestratificadas (Figura 11), en afloramientos y escarpes importantes y extensos, cercanos a las zonas de hibernación siendo una roca con contenidos importantes de ferromagnesianos, que podrían funcionar como un imán para atraer a las mariposas, para lo cual éstas deberían contener magnetita para hacer esto posible. Se sabe que las Monarca tienen magnetita en cabeza y abdomen, lo que puede hacer que lleguen a estas zonas año con año por una atracción magnética, ya que todos los santuarios se ubican en las partes altas con innumerables afloramientos rocosos.

El clima y las condiciones de tiempo frío del norte del continente hacen que migren hacia el sur y las mismas condiciones de tiempo caliente al inicio de la primavera hacen que migren hacia el norte rompiendo la diapausa y entrando en estado reproductivo, para así garantizar la siguiente generación que vendrá a México ese mismo año a finales de octubre y principios de noviembre. Las condiciones de humedad asemejan a un bosque mesófilo, con características muy especiales, ubicados en cañadas y en laderas con espesos depósitos de materiales piroclásticos, como son la ceniza volcánica y materiales pumíticos, que tienen la

Figura 11. Afloramientos de traquitas pseudoestratificadas con un bosque de Oyamel.

capacidad de retener gran cantidad de agua (más de 400% su peso), lo que crea condiciones microclimáticas muy especiales y que justamente se ubican en las zonas donde las mariposas hibernan (Figura 12).

La vegetación podría ser el factor determinante, debido a que los bosques de oyamel tienen un tipo de hoja acicular, lo cual permite que las mariposas se adhieran a éstas, y se establecen en un rango altitudinal entre los 2 900 y los 3 200 msnm, lo que crea condiciones mesoclimáticas que tienen una variación en función de la orientación de las laderas y la densidad de cobertura forestal.

Las mariposas no se establecen en bosques cerrados, más bien prefieren coberturas semicerradas con ciertos claros donde penetra la luz solar y así pueden entrar en actividad en algunas horas del día. Este tipo de arbolado crea un ambiente de temperatura y humedad, con poca afectación por las corrientes de aire: así se establece una estabilidad en cuanto a ambientes mesoclimáticos con poca variación de sus elementos y, por tanto, apropiados para la hibernación.

Figura 12. Bosque de oyamel en zonas de depósitos de ceniza volcánica con alta humedad relativa, presencia de musgo, líquenes y helechos.

La presencia de musgo es una característica presente en todos los santuarios y denota ecosistemas conservados, donde las variaciones día/noche no debieran ser muy marcadas y sí el bosque de oyamel como una condición de los santuarios (Figura 13).

Por otro lado, las bajas temperaturas tan frecuentes en los bosques de oyamel ubicados por encima de los 2 900 msnm, crean condiciones muy específicas y con caída de nieve en la época invernal (Figura 14). Por las mañanas la temperatura baja y da lugar a formas caprichosas con el hielo sobre el suelo, lo que hace ver que los cambios de temperatura son muy marcados entre el día y la noche, pero más aún en lugares despejados y desprovistos de vegetación, como es el caso de Cerro Peón (Figura 15).

Cuando se analiza en conjunto la llegada de las mariposas Monarca a estos bosques no es algo fortuito, sino que responde a las condiciones ambientales que prevalecen en los bosques de oyamel, a su orientación geográfica, a su altitud, así como al estado de conservación de estos lugares; por tanto, no es un solo elemento el que determinaba su llegada a estos lugares, sino la suma e interacción de varios factores que, en su conjunto, crean condiciones ambientales únicas, como son las que posibilitan la permanencia de los santuarios en estos lugares.

Figura 13. Bosque de oyamel con gran cantidad de musgo y humedad relativa alta.

Figura 14. Nieve en las partes altas el 18 de febrero de 2010.

Figura 15. Formación de hielo en Cerro Pelón por las mañanas.

Convenio INE-IPN-UNAM 1994-1996

A partir de la presentación de una conferencia en el Primer Congreso sobre parques nacionales y áreas naturales protegidas de México, en el Parque de La Trinidad, Tlaxcala, en noviembre de 1993, sobre la reestructuración y modernización del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas como alternativa para salvaguardar la riqueza natural de México, se recibió la invitación para formar un grupo de trabajo sobre la conservación de las Áreas Naturales Protegidas de México.

El 19 de febrero de 1994 se realizó una reunión en el Parque Naucalli, Estado de México, para establecer compromisos de trabajo sobre ANP, ahí se entabló la primera charla con profesores de la Escuela Superior de Turismo, del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y se quedó en visitarlos en sus instalaciones. En esa visita se conformó un grupo de profesores y estudiantes de dicha escuela, así como del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con apoyo de personal del Instituto Nacional de Ecología (INE).

Después de la reunión se quedó en visitar la entonces REBMM, para elaborar un estudio en el ejido El Capulín, Estado de México. El grupo de trabajo fue

liderado por el maestro Jorge Chávez de la Peña de la Escuela de Turismo, quien con un grupo de entusiastas alumnos de la misma apoyaban dicha investigación.

La primera visita al ejido El Capulín fue producto de una reunión de integrantes del INE, coordinada por los biólogos Rafael Hernández y Francisco Ramírez, quienes hicieron una invitación a profesores de la escuela de Turismo del IPN (Maestro en Turismo Jorge Chávez de la Peña, el Ingeniero Arquitecto Juan Aparicio y un grupo de estudiantes (Patricia Nava, Alberto, Regina, Manuel, Pedro González) y éstos a su vez invitaron al Instituto de Geografía de la UNAM. La reunión se desarrolló en una asamblea ejidal, donde nos presentamos y expusimos que estábamos ahí para apoyarlos y hacer un estudio que permitiera abrir el santuario de Cerro Pelón y les pedimos que expresaran su opinión al respecto (Figura 16).

Se realizaron varias reuniones ejidales en las que participaron el Comisariado Ejidal de El Capulín Roberto Sánchez, el Director de la REBMM Marco Antonio Bernal Hernández, el Biólogo Francisco Ramírez de SEMARNAT, el Maestro en Turismo Jorge Chávez de la Peña, el Dr. José López García, la Maestra en Ciencias Lilia Manzo Delgado y algunos estudiantes como la pasante en Turismo Patricia Nava Soria.

A partir de ese momento se realizaron visitas los fines de semana para continuar con la recolección de información y hacer un reconocimiento de la zona. El primer análisis determinó que el ejido no tenía un reglamento, por lo que fue necesario darse a la tarea de establecer un reglamento que fuera obra de ellos mismos, así en posteriores visitas se fue redactando y ampliando, hasta que se tuvo el primer Reglamento del ejido El Capulín, el cual fue firmado y aceptado en una asamblea ejidal (Figura 17).

Posteriormente nos dimos a la tarea de establecer el sendero que permitiría a los turistas visitar a las mariposas Monarca en este santuario. Se inició con un recorrido de exploración, siguiendo las rutas que normalmente toman para

Figura 16. Reunión en el poblado El Capulín, para establecer el reglamento del ejido.

Figura 17. Reunión ejidal en el poblado El Capulín, Estado de México.

ascender al cerro, pero definiendo algunos predios cuyos propietarios no estaban de acuerdo con que el sendero pasara por sus tierras. Así, se definió el sendero que permitiría el ascenso para visitar a las mariposas. También se diseñó el estacionamiento, se realizó un levantamiento topográfico rústico, se tomaron muestras de suelo y se midió la resistencia del suelo con un Penetrómetro de Cono computarizado. Se hizo también el diseño de los puestos de comida y de la caseta de entrada. Con esta información se elaboró la solicitud para abrir el santuario Cerro Pelón al turismo, requisito indispensable de las autoridades del INE para dar los permisos de apertura del santuario. Así, en 1996 se abrió el santuario Cerro Pelón al turismo.

Como un proyecto de investigación se estableció evaluar la capacidad de carga que el santuario de El Capulín debería admitir para un control de visitas, para lo cual se estableció el diseño de un sendero ecoturístico. Se utilizaron fotografías aéreas pancromáticas de un vuelo SINFA, escala 1:75 000, tomadas en 1994, se hicieron ampliaciones y se ubicó el ejido El Capulín. Con base en este material se recorrió la zona y se estableció de acuerdo con los guías la ruta más adecuada para iniciar el recorrido, quedando como punto de partida el estacionamiento en un terreno que el ejido propuso para este fin. A partir de este punto, a una altitud de 2 400 m, se inició la medición del sendero con una cuerda de 100 m y se fueron marcando con señales a lo largo de camino, con una lata de pintura en aerosol, llegando hasta la parte del extremo norte del ejido, donde llegan las mariposas, a una distancia de 5 300 m y a una altura sobre el nivel del mar de 3 000 m. Uno de los guías (Deodegario Malváes), conocido como el Gallo, pintó la distancia de 5 300 en su sobrero de fieltro, distancia que era desconocida antes.

Se establecieron posibles sitios como miradores, zonas de descanso, diferentes tramos de acuerdo con la dificultad de ascenso, se determinaron tiempos de recorrido. También se llevó a cabo una descripción de los paisajes, lo cual incluía, altitud, pendiente, pedregosidad, rocosidad, tipo de suelo, vegetación y uso del suelo.

Con base en estos levantamientos se estableció una capacidad de carga ecoturística preliminar a partir del estacionamiento, donde fue colocada la caseta de acceso hasta la zona de observación de las mariposas. Estos avances fueron presentados en el Primer Simposio sobre Protección de Áreas Naturales Protegidas (López *et al.,* 1996), y posteriormente se publica un capítulo en un libro electrónico (López y Manzo, 1997).

Convenio Instituto de Geografía-Instituto de Ecología, UNAM

Se realizó un mapa de vegetación utilizando fotografías aéreas pancromáticas para realizar la interpretación de los tipos de vegetación en la región Mariposa Monarca, financiado por el Instituto de Ecología de la UNAM, como complemento a un estudio similar pero utilizando imágenes de satélite, lo que permitió corroborar las unidades separadas por este método. La mayor discrepancia se presentó con la delimitación de los bosques de oyamel, que por medio de la imagen de satélite Landsat, se identificaban como Pino, pero en las fotografías aéreas se habían determinado como oyamel; se confrontaron las evidencias de cada uno de los métodos y se determinó que las fotografías aéreas ofrecían mayor veracidad al establecer factores ecológicos, altitudinales y por estereoscopia para reforzar la interpretación hecha con fotografías aéreas, donde se evidenció la presencia de oyamel, al observar la sombra de un gran árbol sobre un pastizal a 3 000 m de altitud, determinado por fotointerpretación. La forma cónica del oyamel es inconfundible al proyectarse la sombra sobre el suelo.

Conservación de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca a partir de un programa de investigación de verano en la UNAM

Una de las maneras de concientizar a los jóvenes sobre la importancia de proteger los bosques, ha sido mediante los programas de las estancias de verano en el Instituto de Geografía de la UNAM, las cuales se han apoyado desde el primer verano que inició en 1996 hasta la fecha.

Verano 1996

Dentro del Programa Jóvenes hacia la Investigación (Educación Ambiental) de la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM, se recibió a seis jóvenes bachilleres (Anahí Ramírez Alfaro, Max Jonathan Berny Arellano, Andrés Barreiro Pacheco, Pedro Ramírez Alfaro, Jorge Chinchilla Villavicencio y Mariel Ramírez Alfaro), quienes realizaron una estancia del 10 de junio al 5 de julio de 1996, con el apoyo de la pasante en Turismo Patricia Nava Soria en el Instituto de Geografía de la UNAM. El tema seleccionado fue la Educación ambiental en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, para ello se trabajó con mapas y literatura referente a los bosques de esta ANP, elaborando un análisis de fotografías aéreas de 1994 de esta zona, distinguiendo los diferentes tipos de vegetación y uso del suelo del área sur de la Reserva (Cerro Pelón).

La salida de campo tuvo una duración de ocho días en los bosques de Cerro Pelón, incluido el ejido El Capulín, el cual se compone por cinco colonias (El Capulín como cabecera ejidal, Macheros, Galeras, Llano Redondo y La Fundición). Para hospedarse se consideró el poblado de El Capulín, municipio de Donato Guerra, Estado de México, lugar estratégico para realizar los recorridos de verificación. En este lugar se estableció contacto con la señora Graciela Reyes, quien amablemente nos acondicionó su granero para poder pernoctar.

El trato fue que nosotros compraríamos los alimentos y ella nos prepararía la comida, la cual abastecía bastante bien para todos los integrantes del equipo y la familia de la señora Graciela (Figura 18) e inclusive le permitía vender comida a los choferes de los autobuses. Comíamos en su cocina, muy típica de esos lugares.

Figura 18. De izquierda a derecha la señora Graciela con su nieto Lalo (hijo de Norma), Chepo, Norma y la esposa de Chepo.

Cada día se compraban los alimentos que consumiríamos; por ejemplo un día se compraron varios kilos de carne y los complementos como cebollas, jitomates, cilantro, chiles de árbol y limones para preparar el agua. Primero comíamos nosotros y luego comía la familia de la señora Chela. De esa forma pasamos unos días estupendos, comiendo pollo, puerco, truchas empapeladas o fritas, todo esto acompañado con frijoles y tortillas hechas a mano (diariamente llevaban a moler el maíz). Fue una experiencia única el convivir con esta familia, tanto para los estudiantes como para mí en lo personal.

En cuanto al trabajo de campo, se organizaron recorridos en varios sitios cercanos a nuestro centro de operaciones. Se realizaron visitas a los cerros Pelón y Cacique, a los campos de cultivo y a los estanques de trucha. De todos estos recorridos regresábamos mojados, ya que todas las tardes llovía y llegábamos a cambiarnos, a comer y a comentar lo que habíamos visto.

Por las noches acomodábamos nuestras bolsas de dormir y antes charlábamos sobre lo que habíamos visto en el recorrido, a lo que denominaba como turismo científico. De los más interesantes fue el recorrido al cerro El Cacique: salimos muy temprano del poblado de Galeras, con Alejandro Malváez como guía, iniciamos el recorrido cruzando el río El Lindero que limita a los estados de México y Michoacán. Ascendimos hasta llegar a la cima después de varias horas de camino y de disfrutar paisajes muy reconfortantes: bosques de latifoliadas compuestos por encinos, ailes, fresnos y álamos. Al regresar pasamos a los estanques de truchas y aunque cansados nos dimos a la tarea de apoyar el lavado de los estanques (Figura 19), posteriormente se compraron varios kilos de trucha de esta granja, denominada como La Regadera.

Figura 19. Apoyo en las actividades de lavado de estanques de truchas.

Por la tarde, y con nuestro cargamento de truchas, llegamos al Capulín con la señora Graciela y al igual que otros días comimos con gran desesperación y abundantemente. Después nos pusimos a desgranar las mazorcas de maíz para el día siguiente, luego de una breve explicación de cómo era ese procedimiento, y nos entretuvimos lo que quedaba de la tarde hasta que anocheció.

Por las noches era curioso oír el constante fluir del agua que caía en la pileta de un lavadero, este ruido monótono y constante rompía con el asombroso silencio de la noche. Los estudiantes preocupados preguntaban el por qué no se cerraba la llave para evitar el derroche del vital líquido. Les explicamos que el agua que ocupaban los pobladores del lugar era traída a través de mangueras que recorrían varios cientos de metros monte arriba hasta llegar a un manantial y que por gravedad era llevada hasta los caseríos, en donde era ocupada para las labores de limpieza propias de las casas para después dejarla correr hacia el río, por lo que era un constante fluir, y que por eso no había llave que cerrar. Esta situación permitió explicarles el ciclo del agua, lo cual era sorprendente para ellos, típicos estudiantes de bachillerato, cuando nunca antes habían estado en situación tal.

En una ocasión en el poblado de Galeras el señor Valente Malváes, tío de Alejandro (nuestro guía), con una vara en el suelo nos explicó y esquematizó el ciclo del agua, haciendo alusión a su granja de truchas compuesta por dos hileras de tres estanques cada una, diciendo que por eso cuidaban el bosque.

Puedo decir que esta estancia marcó positivamente la vida de estos jóvenes, porque les dio la oportunidad de convivir con otros jóvenes de la misma edad que no tuvieron la posibilidad de estudiar, pero que pudieron convivir y compartir sus conocimientos con estos muchachos y aprender algo de ellos, que aunque no conocían el campo hubo respeto y comprensión. Este intercambio de conocimientos seguramente fue también muy positivo para mis estudiantes, al reconocer que no solamente en las aulas se aprende, sino que es necesario observar y estar en contacto con la naturaleza para comprender y aprehender la dinámica de los paisajes, y de la vida rural de sus habitantes. Años después estos jóvenes regresaron en varias ocasiones y visitaron a la señora Graciela, le llevaron comida, ropa y algo de dinero, no olvidaron los momentos que pasaron en ese lugar. Dos de ellos estudiaron biología, lo otros también son profesionistas.

Nos queda el recuerdo de la cocina que tanto visitamos (Figura 20) y de la señora Graciela que tan amablemente nos hacía la comida, a quien recordamos con cariño, ya que a finales del 2010 falleció.

Figura 20. Cocina de la familia Juárez Reyes.

Verano 2002

Dentro del Programa Jóvenes hacia la Investigación (Educación Ambiental) de la Coordinación de la Investigación Científica-UNAM, se recibió a dos estudiantes de bachillerato, Verónica Belén Barajas López y Yuliana Juárez Sánchez del 22 de julio al 2 de agosto de 2002 y del 26 de agosto al 13 de septiembre del 2002. Se integraron a un proyecto sobre la evaluación de cambios en la cobertura forestal, para lo cual fue necesario el aprendizaje de técnicas de fotointerpretación, para la separación de diferentes clases de densidad de cobertura y tipos de vegetación (Figura 21). Así como la posterior restitución o transferencia de la información interpretada de las fotografías aéreas a un mapa.

Figura 21. A la izquierda Verónica realiza la fotointerpretación y a la derecha Yuliana realiza la digitización.

Verónica obtuvo el primer lugar en el trabajo escrito y en el póster, y ahora es bióloga titulada, así como Yuliana, quien obtuvo el segundo lugar en el póster. Realizaron un estudio sobre la conservación de los bosques en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca.

Verano de la Investigación Científica del Pacífico 2003

Dentro de este programa se recibió a dos estudiantes, uno de la carrera de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, pasante de la carrera de Geografía (Socorro Flores Gutiérrez) y otro de la carrera de Turismo de la Universidad Autónoma de Nayarit (Liliana Casillas López), en una estancia de verano (dos meses) coordinada por la Academia Mexicana de Ciencias, del 30 de junio al 22 de agosto del 2003. Además se recibieron a dos estudiantes de la carrera de Geografía del 30 de junio al 18 de julio y del 11 al 15 de agosto del 2003 (Eduardo Alfonso Guido Cruz y Hermes David Valdez Quiroz), dentro del programa Jóvenes hacia la Investigación, en estancias cortas 2003 de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (Figura 22).

Para realizar el trabajo de campo se solicitó el apoyo nuevamente del señor Alejandro Malváes, quien nos acompañó a todos los recorridos y algunas veces también hicimos algunas comidas en su casa con su familia (Figura 23), quien además en ese entonces tenía el proyecto de poner una granja de truchas y años más tarde pudo realizar su objetivo.

A los estudiantes participantes se les incluyó en un proyecto sobre la capacidad de carga ecoturística del santuario Cerro Pelón, para lo cual desarrollaron una investigación que permitió sentar las bases para evaluar la capacidad de carga

Figura 22. De izquierda a derecha David, Liliana, Socorro y Eduardo.

Figura 23. A la izquierda la familia Malváes en el 2003, el jefe de familia ha sido nuestro guía por varios años y a la derecha Alejandro con su hija en el 2011.

ecoturística, midiendo la longitud del sendero con cinta métrica y una cuerda de 100 m, las pendientes con una brújula, la velocidad de caminata con un cronómetro y ubicando los sitos de paisajes escénicos; se tomaron fotos y se elaboró una cartografía que permitió hacer una evaluación de los parámetros que se toman en cuenta para calcular la capacidad de carga.

Verano 2004

En 2004, Liliana, pasante de la Licenciatura en Turismo, hizo nuevamente una estancia de dos meses continuando el proyecto sobre la capacidad de carga, logrando aportes importantes a esta investigación. Se realizó una salida de campo de la materia de Fotogrametría y fotointerpretación que se imparte en la Facultad de Ciencias de la UNAM y en dicha práctica nos acompañó Liliana (Figura 24). Se llevó a cabo un levantamiento de los tipos de vegetación determinados por fotointerpretación y se ubicaron los rasgos más sobresalientes del paisaje.

Verano 2007

En 2007 se recibió a un estudiante de bachillerato, Carlos Beltrán Martell, quien apoyó la investigación sobre cambio de cobertura forestal en la Reserva y acompañó al grupo de verificadores para validar las zonas de tala en las inmediaciones del ejido El Depósito y de la comunidad indígena de Crescencio Morales, constatando las dramáticas escenas de la degradación forestal y deforestación en la zona.

También se pudo evidenciar la tala y quema realizada en la comunidad indígena de Nicolás Romero (Figura 25), evidenciando que la zona sufre tala clandestina y para enmascarar se quema la zona, con lo que se reduce la posibilidad de recuperación de la vegetación.

Figura 24. A la izquierda el grupo que asistió al trabajo de campo de la materia de Fotogrametría y fotointerpretación, y a la derecha la medición del sendero con una cuerda.

Figura 25. A la izquierda árboles talados con diámetro de 140 cm y a la derecha área quemada después de ser talada.

Al trabajo de campo también asistieron Jesús Domínguez Gutiérrez estudiante de Maestría, Miriam Martínez Chávez estudiante de Licenciatura; ambos realizaron tesis sobre en la reserva.

Se verificó la fotointerpretación y se tomaron datos de GPS en El Llano de los Tres Gobernadores y se verificó la escala de las fotografías (Figura 35). Para no perder la costumbre, al final de la jornada pasamos a visitar a la señora Graciela, quien como siempre, con su sonrisa amable y bondadosa, nos ofreció una exquisita comida en su cocina (Figura 26).

Figura 26. A la izquierda Carlos Beltrán en el Llano de los Tres Gobernadores tomando una lectura de GPS y a la derecha Jesús, Carlos y Miriam en la cocina de la señora Graciela Reyes después de regresar de campo.

Verano 2009

En el 2009 se recibió a una estudiante de tercer semestre de la Licenciatura en Biología, Sara López Rivera, dentro de estancias cortas del Programa Jóvenes hacia la Investigación, quien elaboró un trabajo sobre la multifuncionalidad en el Ejido El Capulín, dentro de la RBMM (Figura 27). Con este trabajo se pudo establecer que la reserva ofrece una gran variedad de posibilidades de sustentabilidad que podrían coadyuvar en la conservación de sus bosques.

Dentro de las actividades productivas que sustentan la multifuncionalidad en este tipo de ecosistemas están el cultivo de truchas. Desde 1992 hasta la fecha hay 16 granjas trutícolas en la cuenca de El Lindero, en donde se ubican los poblados de Galeras en el Estado de México y Rincón de Ahorcados en el estado de Michoacán.

En esta zona y gracias a los apoyos del gobierno a las actividades productivas y al tesón de los ejidatarios de El Capulín, colonia de Galeras y en especial a la dedicación de la familia Malváes, fue posible la construcción de su granja La

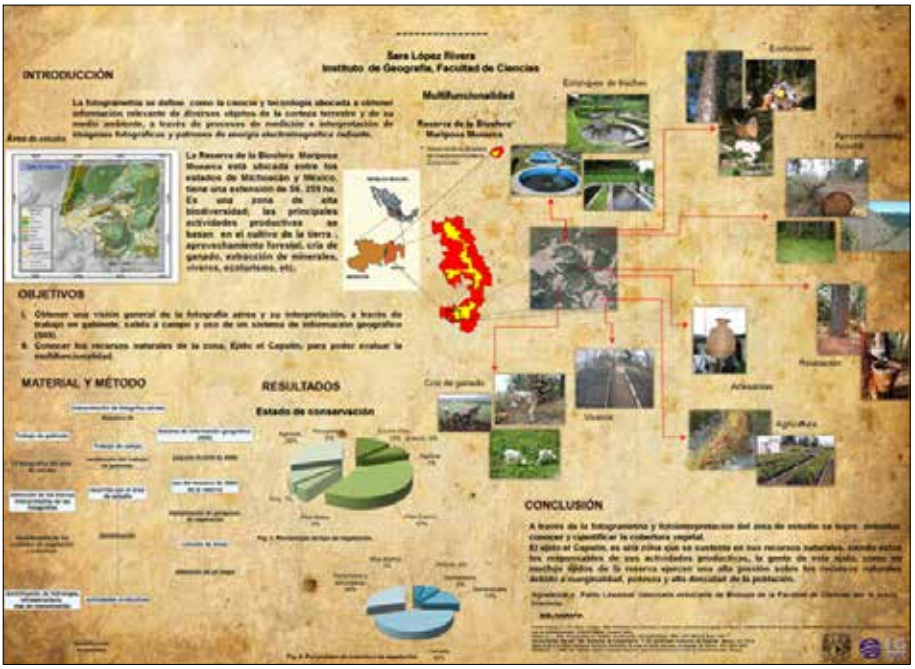


Figura 27. Póster elaborado por la estudiante de Biología Sara López Rivera, dentro de la estancia de verano en el Instituto de Geografía.

Regadera con apoyo de la SEDESOL, para la construcción de seis estanques en dos hileras y su posterior ampliación a nueve estanques en tres hileras con apoyo de la SEMARNAT (Figura 28).

La acuacultura es una actividad que ha fomentado la conservación del bosque y constituye una actividad de importancia económica, ecológica y cultural, ha permitido complementar con las actividades de agricultura de subsistencia, fomentando el autoempleo, donde trabaja toda la familia.

La actividad ecoturística en la época en que las mariposas están en los bosques de oyamel (Figura 29) ha permitido también diversificar las actividades de los ejidatarios, quienes se han capacitado como guías de turistas, atendiendo al público en la venta de comida y artesanías, lo que les ha permitido mejorar su nivel de ingresos y de organización.

Con el establecimiento de la RBMM se limitó la extracción de madera en la zona núcleo, pero esto está permitido y autorizado por la ley forestal con permisos de aprovechamiento en la zona de amortiguamiento, así como prácticas de resinación. Se han establecido viveros para producir plantas y mediante programas de reforestación se involucra a los pobladores para que participen. También se hace limpieza del bosque favorecido por el programa de pagos por conservación, que incluye vigilancia y prácticas de reforestación.

La elaboración de artesanías de ocojal (hojas de pino) ha sido uno de los éxitos como una actividad que permite tener un ingreso adicional y ha despertado el ingenio, elaborando todo tipo de artefactos a base de hojas de pino (Figura 30)

Se ha tratado de reducir el pastoreo y evitar el sobrepastoreo tan dañino para los bosques (Figura 31), buscando que las otras actividades puedan suplir la cría de ganado, o bien fomentar el ganado estabulado, al menos dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva.

Cambio en el paisaje en el ejido El Capulín, al cortar una serie de cedros que tenían una función ecológica, al funcionar como una barrera natural contra los vientos y que esta modificación tendrá una repercusión en la dinámica del paisaje (Figura 32).

Verano 2010

Se recibió a Martha Gabriela Soriano Morales estudiante de bachillerato, en una estancia de Jóvenes hacia la Investigación, quien apoyó en el proyecto sobre los cambios por eventos extraordinarios en la RBMM en febrero de 2010 (Figura 33). Su actividad se centró en el ejido Remedios, donde hubo caída de árboles de 40 m de altura en la zona de amortiguamiento debido a fuertes vientos. En campo se midió la longitud de los árboles caídos, así como su diámetro, se encontró

Figura 28. Arriba estanque de truchas en 1996 y abajo ampliación de una hilera de tres estanques en el 2000.

Figura 29. Colonia de mariposas Monarca.

Figura 30. A la izquierda turista comprando artesanía con ocojal y a la derecha ganadería extensiva en zona de amortiguamiento de la Reserva.

Figura 31. A la izquierda resinación de un árbol de pino y a la derecha guía y turista a caballo para visitar el santuario de El Capulín.

Figura 32. A la izquierda hilera de cedros de 35 m de altura en 1996 y a la derecha se aprecia la ausencia de los cedros en el 2000.

Figura 33. Póster elaborado por la estudiante en el verano de la investigación.

que tenían en promedio 50 cm, y una altura promedio de 30 m, aunque se pudo constatar la presencia de individuos de hasta 44 m. También se tuvo oportunidad de visitar algunos flujos originados por las fuertes lluvias.

En esta investigación se elaboraron pares fotográficos de 2009 y 2010, lo que permitió realizar la comparación de cambios y su posterior cuantificación para conocer la magnitud de este evento meteorológico extraordinario.

Actualmente Gabriela está estudiando Geografía en la Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, UNAM.

Verano 2011

Se recibió a Graciela Jiménez Guzmán, estudiante de sexto de bachillerato, quien realizó una estancia de verano dentro del Programa Jóvenes hacia la Investigación, con el proyecto "Cambio en la cobertura vegetal en la comunidad indígena de San Cristóbal", donde participó en la elaboración de mosaicos de 2003 y 2011 en Arc Gis, con base en las ortofotos del INEGI de 1994 (Figura 34).

El análisis multi-temporal realizado permitió constatar que los bosques de esta comunidad se han recuperado a base de una reforestación y un manejo forestal intensivo, pero más aún, por el cuidado que se ha tenido de protegerlos.

Se realizaron algunos muestreos de la vegetación para conocer la estructura y composición vegetal, lo que permitió determinar que los bosques están en un proceso de recuperación. Actualmente Graciela estudia Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Figura 34. Póster elaborado sobre recuperación de la cobertura forestal.

Capítulo 2. Establecimiento y modificaciones de la zona de protección de la Mariposa Monarca

La mariposa Monarca fue considerada con veneración y respeto desde la época prehispánica por los pobladores de la región donde hiberna en los bosques de Oyamel. Ya se tenía conocimiento de su presencia y la consideraban como el regreso de las almas de los muertos, debido a que llegaban en los primeros días de noviembre, asociando esto con las festividades de Día de Muertos. Más recientemente fueron consideradas como plaga y se realizó una campaña de fumigación en la zona.

En 1976 se reportó la existencia de colonias de mariposas Monarca en el bosque de oyamel en el estado de Michoacán, en la época invernal, pero fue hasta el 25 de mayo de 1980 cuando se emite el primer decreto que la protege en todo el territorio nacional. Se establece por causa de utilidad pública, como zona de reserva y refugio de fauna silvestre, a los lugares donde la Monarca hiberna y se reproduce (*Diario Oficial de la Federación*, 1980).

Este decreto a todas luces era improcedente y denotaba un desconocimiento total de la biología de estas mariposas y de su proceso migratorio, a medida que se tuvo más información sobre su migración y su hábitat en los bosques de los estados de Michoacán y de México, se delimitaron cinco zonas de protección y en 1986 se emite un segundo decreto para proteger estos santuarios, restringiendo las actividades de aprovechamiento en las temporadas de hibernación y se decretan como Áreas Naturales Protegidas a cinco santuarios entre los estados de México y Michoacán (*Diario Oficial de la Federación*, 1986), con una superficie de 16 110 ha bajo el carácter de Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca (Figura 35).

Para este nuevo decreto se delimitaron cinco polígonos rectangulares donde presumiblemente se habían detectado colonias de mariposas Monarca, éstos están conformados por una zona núcleo rodeada por una zona de amortiguamiento. Solo el caso de Cerro Pelón ostenta dos zonas núcleo, pero éstas no tenían un respaldo científico. A medida que se fueron conociendo las características de llegada, establecimiento y migración de las mariposas se supo que era necesario

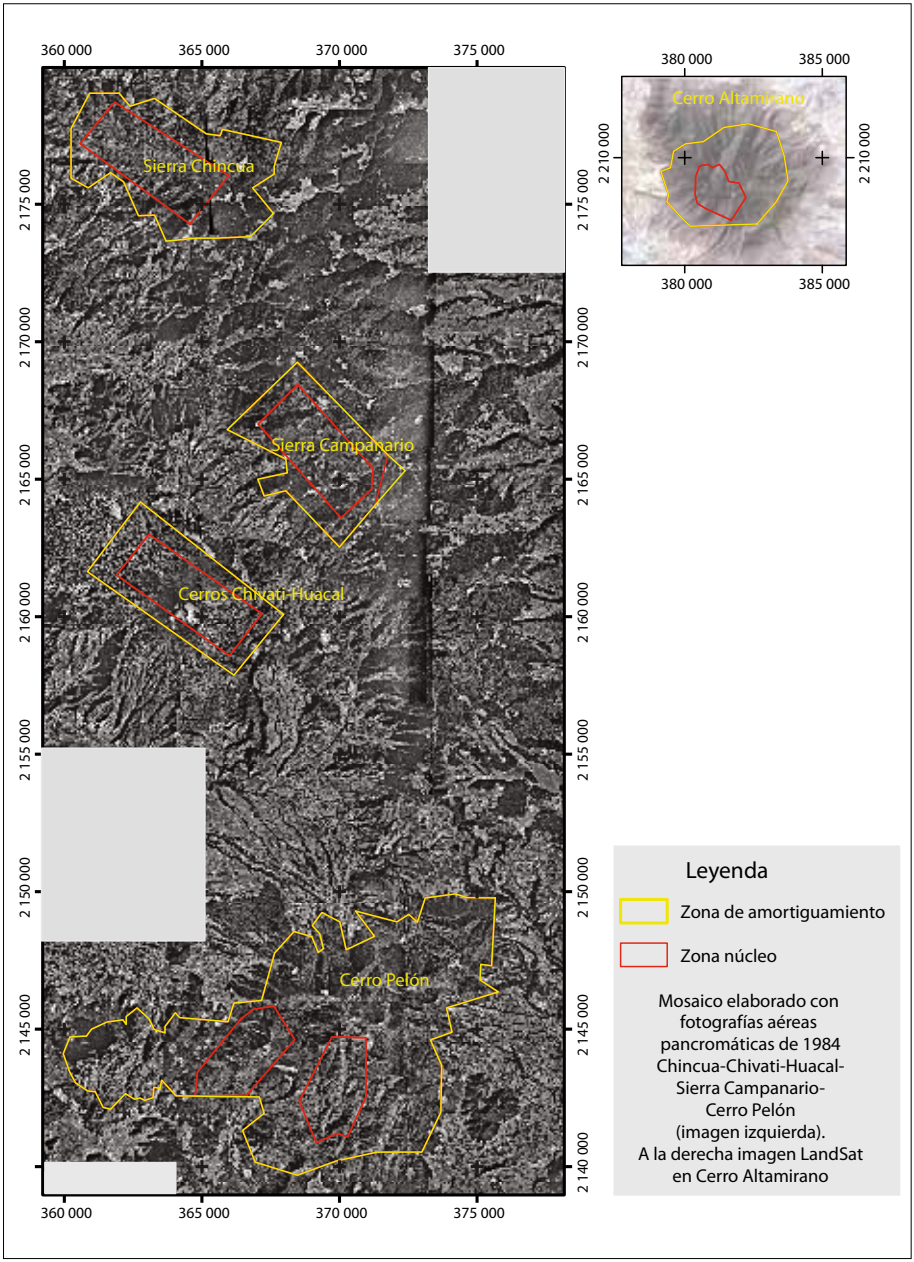


Figura 35. Polígonos de la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca.

establecer una zona de mayor amplitud y con una continuidad que permitiera proteger su hábitat, más aún, porque no se restringen a una zona en particular, sino que cambian su colonia de hibernación año con año y aun dentro de la misma temporada.

A partir de 1986 la zona en donde las mariposas hibernan en los diferentes santuarios fue objeto de alteraciones originadas por la falta de una consulta pública a los ejidatarios y a las comunidades indígenas, que al verse agredidos en sus derechos de propiedad y sin la debida concertación, sufrió una de las más desbastadoras agresiones al medio forestal. En ese ambiente de desconcierto los años siguientes hicieron su efecto sobre la cobertura forestal.

Posteriormente en 1996, la REBMM fue categorizada como Área Natural Protegida de la Mariposa Monarca y se inicia la propuesta de ampliación, para lo cual se elaboraron varios estudios, de los cuales en 1999 se realiza un levantamiento aerofotográfico, para definir hasta donde debiera ser ampliada esta ANP.

En 1999 la Word Wildlife Fund (WWF por sus siglas en inglés) financió un estudio para evaluar la cobertura forestal de una superficie en la zona central de la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca, abarcando los santuarios Chincua, Chivati-Huacal y Campanario; dejando fuera Cerro Altamirano al norte y Cerro Pelón en el sur. Los resultados fueron presentados en Brower *et al.* (2002) y sirvieron de base para la ampliación de la reserva en el 2000. Se utilizaron fotografías aéreas pancromáticas a escala 1:50 000 de 1971 y 1984, para 1999 fue necesario realizar un levantamiento aerofotográfico que permitió evaluar el estado actual de los bosques de esta región montañosa. La técnica utilizada fue la fotointerpretación para determinar el estado actual de vegetación y uso del suelo. De estos resultados se pudo detectar la fragmentación que sufrió esa región entre 1971 a 1984, así como entre 1984 a 1999 (Figura 36).

El 10 de noviembre del 2000 se replantea la denominación de Área Natural y se amplía la superficie de protección (*Diario Oficial de la Federación*, 2000). Se establece como Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca (RBMM), ampliando la zona protegida de 16 100 ha a 56 259, de las cuales 42 678 constituyen dos zonas de amortiguamiento y 13 581 en tres zonas núcleo (Figura 37).

Desde el punto de vista administrativo, la RBMM queda incluida en dos estados, lo que hace complicado su manejo, pero aun así se ha logrado concertar el aspecto administrativo (Tabla 1).

Los estudios para monitorear las colonias de mariposa Monarca demostraron que muchas de las colonias estaban fuera de la zona núcleo e inclusive fuera de la REBMM en 1986, por lo que urgía su recategorización.

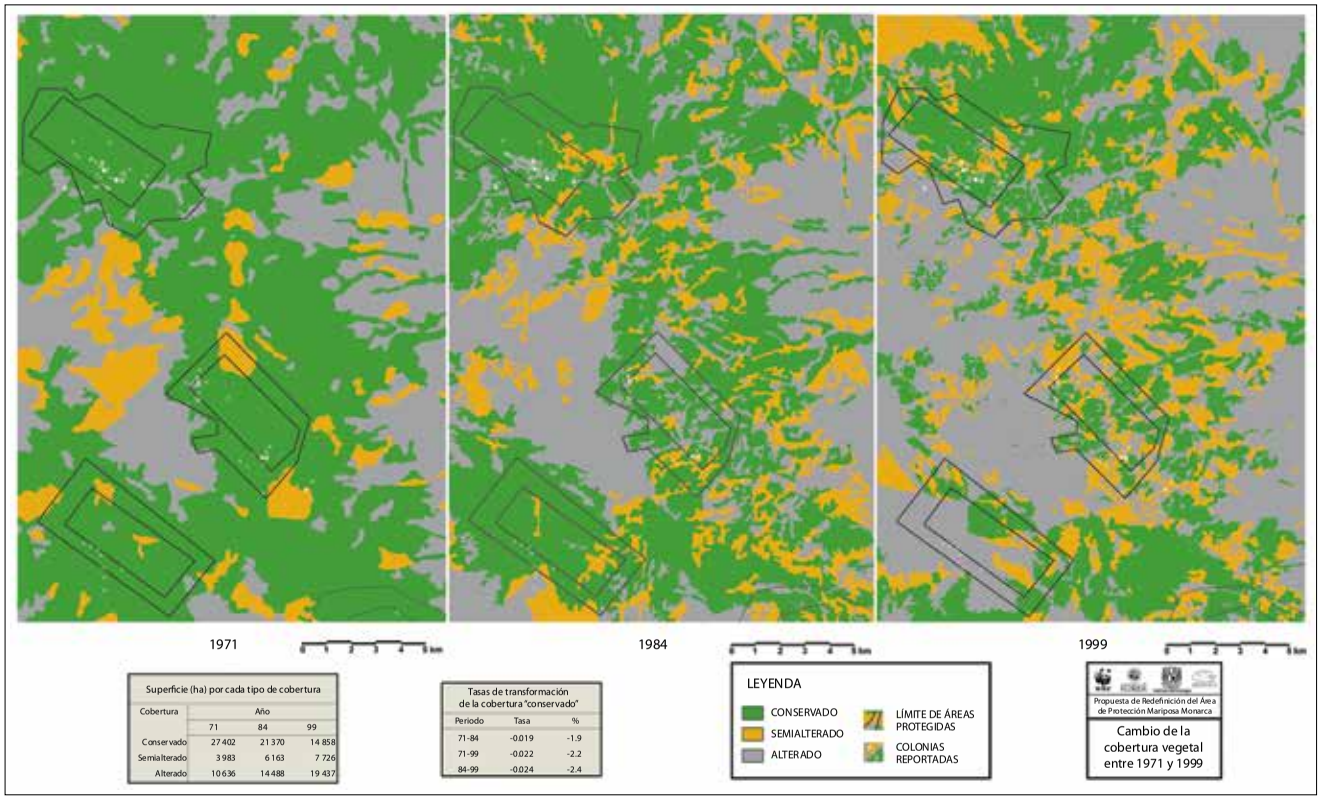


Figura 36. Análisis multitemporal en parte de la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca, que permitió la ampliación de la Reserva.

Tabla 1. Superficie por estado y zona de manejo en el 2000

Estado/Zona	Núcleo (ha)	Amortiguamiento (ha)	RBMM (ha)
Michoacán	10 800.39	25 747.66	36 548.05
Estado de México	2 780.95	16 930.05	19 711.00
Total	13 581.34	42 677.71	56 259.05

Por último, el 3 de noviembre de 2009 se modifica nuevamente el decreto (*Diario Oficial de la Federación*, 2009) para excluir la zona de alimentos y venta de artesanías del ejido Cerro Prieto, porque se tenía la propuesta de hacer un desarrollo turístico con apoyo del Gobierno Federal. Por tanto, se modificó la zona núcleo Chincua-Campanario-Chivati de 13 581.35 ha a 13 555.21, y el área de amortiguamiento de 42 677.71 ha pasó a 42 703.84. La zona de amortiguamiento se amplió en 26.13 ha a costa de la zona núcleo. Los límites externos de la zona de amortiguamiento no fueron modificados (Figura 38).

La RBMM incluye los municipios de Temascalcingo, San Felipe del Progreso, San José del Rincón, Donato Guerra y Villa de Allende en el Estado de México; y Coatepec, Senguio, Angangueo, Ocampo, Aporo y Zitácuaro en Michoacán (Figura 39).

Respecto a la tenencia de la tierra, este ha sido un problema legal grave, característico de muchos lugares en el país y que ha generado una serie de conflictos agrarios que en muchos de los casos han culminado en la degradación de los recursos forestales.

La RBMM en el 2000 estaba compuesta por 107 predios de los cuales 89 están en el estado de Michoacán y 58 en el Estado de México, distribuidos en 53 ejidos, 13 comunidades indígenas, 18 pequeñas propiedades, una propiedad federal, una propiedad estatal y tres predios en litigio (Tabla 2).

Hay 21 predios que tienen un carácter especial, como son algunos ejidos con más de un predio y de éstos, 17 han recibido ampliaciones, nueve dotaciones, otra con dotación-ampliación y una de las ampliaciones está en litigio (Figura 40).

Hay tres zonas en litigio, una de ellas es una disputa por un terreno de 33 ha, que lo reclaman Santa María y sus Barrios, ejido Mesas Altas de Xoconusco y la comunidad indígena de San Pablo Malacatepec, denominado como "Litigio2", ubicado en zona de amortiguamiento. El otro es un predio de 219 ha que lo reclaman la comunidad de Crescencio Morales, Santa María y sus Barrios, la comunidad indígena de Nicolás Romero y la comunidad indígena de San Pablo Malacatepec dentro de zona núcleo. Por último, un predio de 169 ha lo

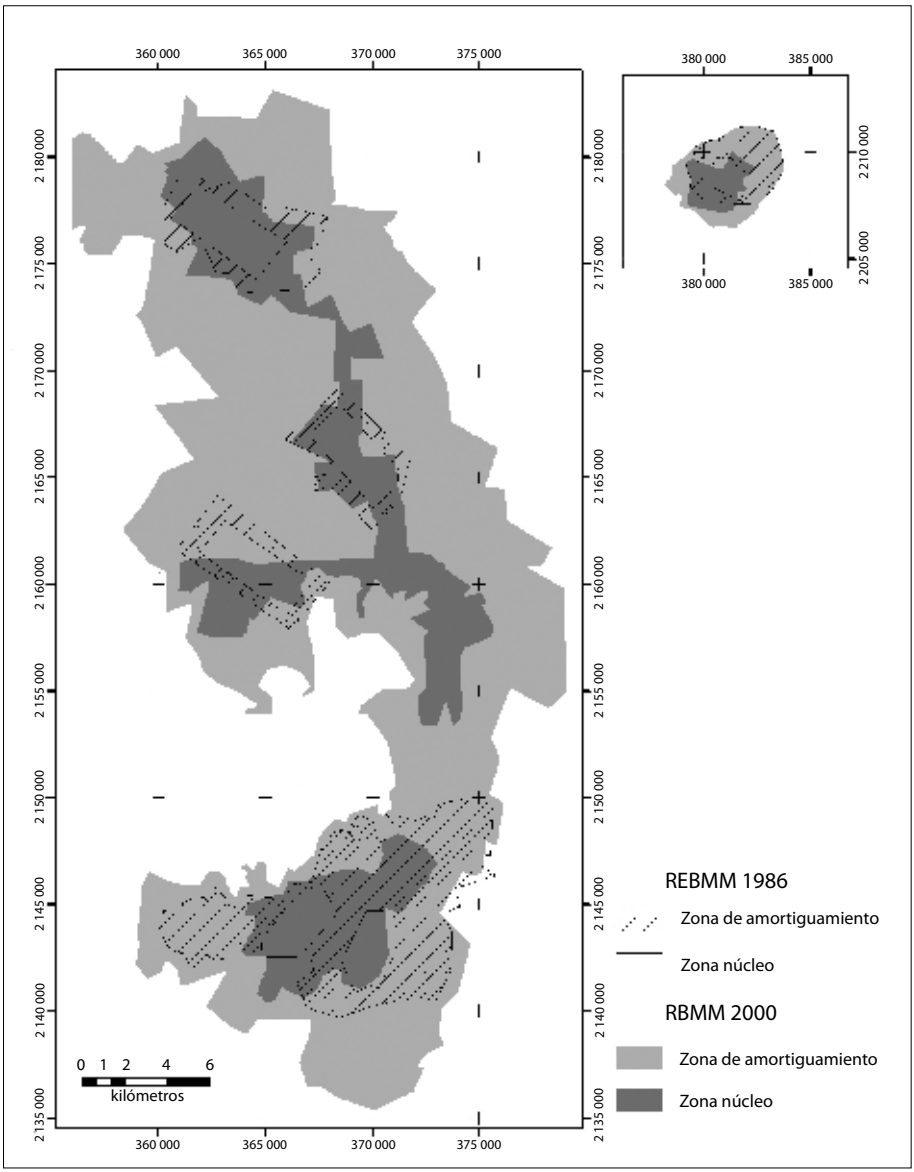


Figura 37. Polígonos de la REBMM y la RBMM.

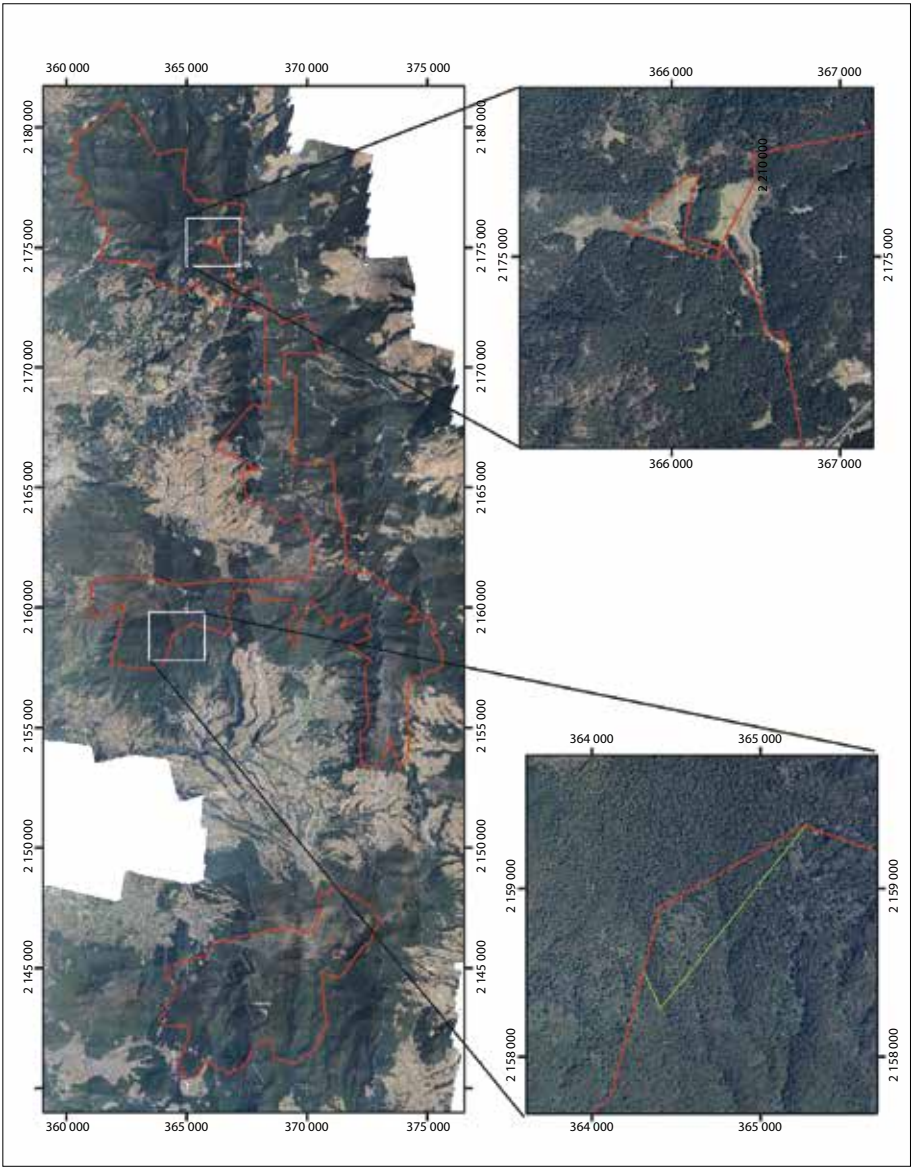


Figura 38. Modificación de la zona núcleo en 2009.

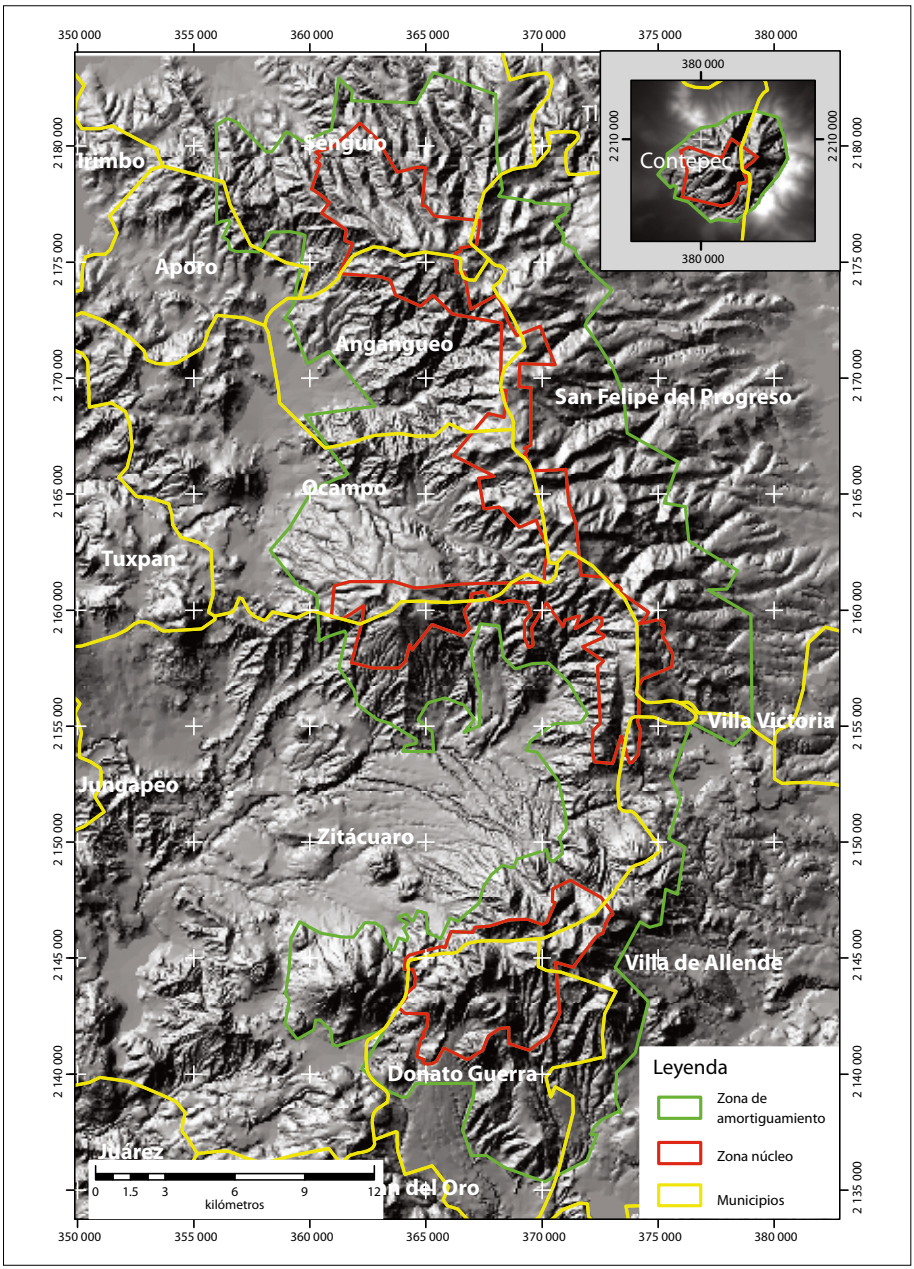


Figura 39. Municipios integrantes de la RBMM.

Tabla 2. Tenencia de la tierra por estados

Tenencia de la tierra	Michoacán	Estado México	Total
	hectáreas		
Ejidos	19 417.36	13 299.45	32 716.81
Comunidades indígenas	13 745.32	2 968.04	16 713.35
Pequeña Propiedad	2 038.32	3 824.82	5 863.14
Propiedad Federal	599.42	0.00	599.42
Propiedad Estatal	113.79	0.00	113.79
Litigio	0.00	252.54	252.54
Total	35 914.21	20 344.84	56 259.05

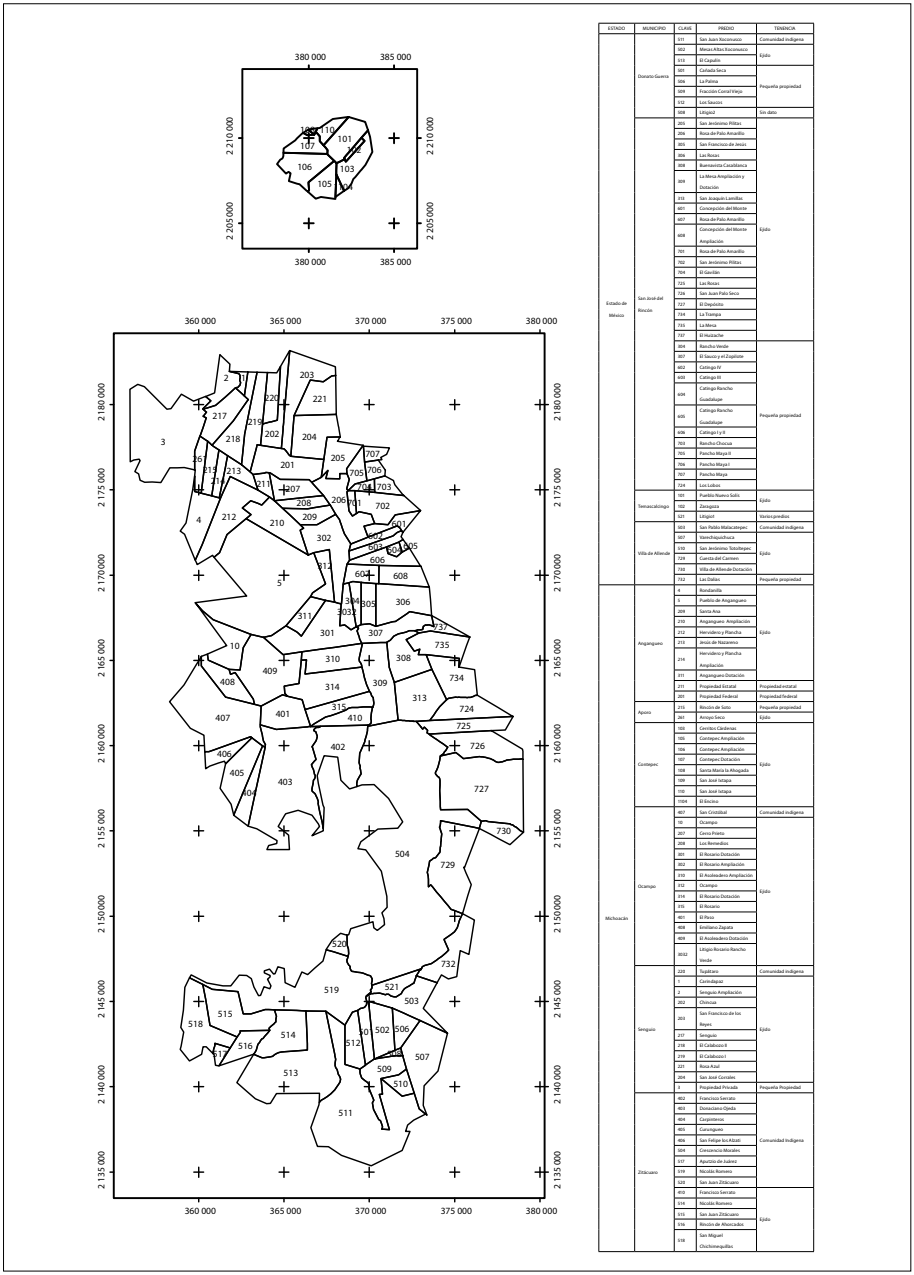
reclamaban el ejido de Rancho Verde y el ejido de El Rosario, ambos colindantes con este predio y en zona núcleo; en el 2003 se resolvió este conflicto dividiendo el predio por la mitad.

Por otro lado, la comunidad indígena de Crescencio Morales, la cual ostenta la mayor superficie dentro de la Reserva con 6175 ha y una población de más de 5 000 habitantes, motivó que se formaran dos grupos sociales y en el 2004 solicitaron el reconocimiento del ejido Crescencio Morales, que fue autorizado en el 2009.

En noviembre del 2009 se modificaron los límites de la tenencia entre el ejido y la comunidad de Crescencio Morales (Figura 41). La modificación dio lugar a terminar el conflicto agrario entre estos grupos y se firmaron acuerdos para proteger el bosque.

A partir de 2009 la Reserva ostentaba 109 predios, de los cuales 87 son considerados como propietarios, pero 15 de ellos tienen más de un predio y hasta cuatro como es el caso de El Rosario; otros tienen ampliaciones, dotaciones debido a posteriores asignaciones. Todavía hay dos predios en litigio. Aumentó un nuevo ejido salido de la comunidad de Crescencio Morales y se crearon dos ampliaciones a expensas de una zona en litigio entre El Rosario y Rancho Verde.

Los bosques de la comunidad indígena de San Cristóbal entre 1971 y 1984 eran bosques conservados, pero a partir del decreto de 1986 la comunidad toma la decisión de talar el bosque, como una respuesta a un decreto para el cual nunca fueron consultados y, por tanto, se realiza la tala de la mayor parte de la comunidad, como respuesta a esa acción gubernamental, pero posteriormente la comunidad se comprometió a reforestar sus terrenos a partir del decreto de



ESTADO	MUNICIPIO	CLAVE	PREDIO	TENENCIA
Estado de México	Donato Guerra	511	San Juan Xocotenco	Comunidad indígena
		502	Meza Altas Xocotenco	Ejido
		513	El Capulín	
		501	Ciabada Seca	Pequeña propiedad
		506	La Palma	
		509	Fracción Corral Viejo	
		512	Los Sauces	
		508	Litigio2	Sin dato
	San José del Rincón	205	San Jerónimo Pilitas	
		206	Rosa de Palo Amarillo	
		201	San Francisco de Jesus	
		806	Las Rosas	
		808	Buenaventa Casablanca	
		809	La Mesa Ampliación y Dotación	
		313	San Joaquin Lamillas	
		601	Concepción del Monte	
		607	Rosa de Palo Amarillo	Ejido
		608	Concepción del Monte Ampliación	
		705	Rosa de Palo Amarillo	
		702	San Jerónimo Pilitas	
		704	El Garrobo	
		725	Las Rosas	
		726	San Juan Palo Seco	
		727	El Oreyuelo	
		714	La Trompa	
		715	La Mesa	
		737	El Huizache	
		804	Rancho Verde	
		807	El Sauco y el Zopilote	
		602	Cattigo IV	
		603	Cattigo III	
		604	Cattingo Rancho Guadalupe	Pequeña propiedad
		605	Cattingo Rancho Guadalupe	
		606	Cattingo I y II	
		703	Rancho Chocua	
		705	Pancho Maya II	
		706	Pancho Maya I	
		707	Pancho Maya	
		724	Los Lobos	
	Temascalcingo	101	Pueblo Nuevo Solís	Ejido
		102	Zaragoza	
		521	Litigio1	Varios predios
	Villa de Allende	503	San Pablo Malacatepec	Comunidad indígena
		507	Manchaguachuca	
		510	San Jerónimo Tolochepec	Ejido
		729	Cuesta del Carmen	
		730	Villa de Allende Dotación	
		712	La Dalea	Pequeña propiedad
Michoacán	Angangueo	4	Rondanilla	Ejido
		5	Pueblo de Angangueo	
		209	Santa Ana	
		210	Angangueo Ampliación	
		212	Herradero y Plancha	
		213	Jesus de Nazareno	
		214	Herradero y Plancha Ampliación	
		311	Angangueo Dotación	
		211	Propiedad Estatal	Propiedad estatal
		201	Propiedad Federal	Propiedad federal
	Aporo	215	Rincón de Soto	Pequeña propiedad
		261	Arroyo Seco	Ejido
	Contepec	103	Cerritos Cárdenas	Ejido
		105	Contepec Ampliación	
		106	Contepec Ampliación	
		107	Contepec Dotación	
		108	Santa María la Alvajada	
		109	San José Ixtapa	
		110	San José Ixtapa	
		1104	El Rincho	
	Ocampo	407	San Cristóbal	Comunidad indígena
		10	Ocampo	Ejido
		207	Cerro Prieto	
		208	Los Remedios	
		301	El Rosario Dotación	
		802	El Rosario Ampliación	
		310	El Aculeadero Ampliación	
		312	Ocampo	
		314	El Rosario Dotación	
		315	El Rosario	
		401	El Pino	
		404	Emiliano Zapata	
		409	El Aculeadero Dotación	
		8032	Litigio Rosario Rancho Verde	
	Senguio	203	Tuplátaro	Comunidad indígena
		1	Cuirindiguaz	Ejido
		2	Senguio Ampliación	
		202	Chincua	
		203	San Francisco de los Reyes	
		217	Senguio	
		218	El Calabozo II	
		219	El Calabozo I	
		221	Rincá Azul	
		204	San José Corrales	
		3	Propiedad Privada	Pequeña Propiedad
	Zitácuaro	402	Francisco Serrato	Comunidad indígena
		403	Donaciano Ojeda	
		404	Carpinteros	
		405	Curungueo	
		406	San Felipe los Alzati	
		304	Crescencio Morales	
		317	Apuzitio de Juárez	
		519	Nicolás Romero	
		520	San Juan Zitácuaro	
		810	Francisco Serrato	Ejido
		514	Nicolás Romero	
		515	San Juan Zitácuaro	
		516	Rincón de Aloccudos	
		518	San Miguel Chichimequillas	

Figura 40. Tenencia de la tierra del 2000 al 2009.

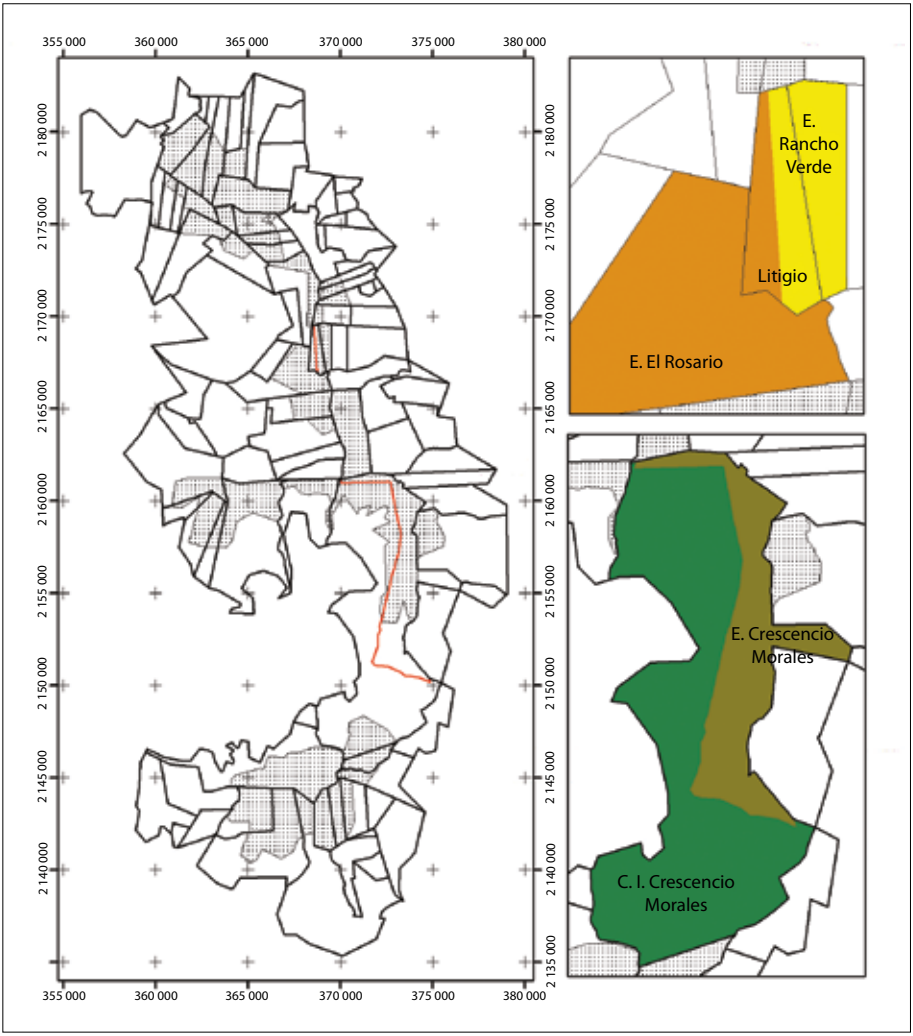


Figura 41. Modificación de los límites de tenencia de la tierra en el 2009.

ampliación y para el 2011 los bosques estaban recuperados, para lograr esto se realizó una lotificación, en donde cada comunero se comprometía a cuidar el predio asignado (Figura 42).

Los cambios ocurridos en el ejido de Francisco Serrato entre 1971 y 1984, antes del decreto de 1986, fueron mínimos y entre 1984 y 1999, antes del decre-

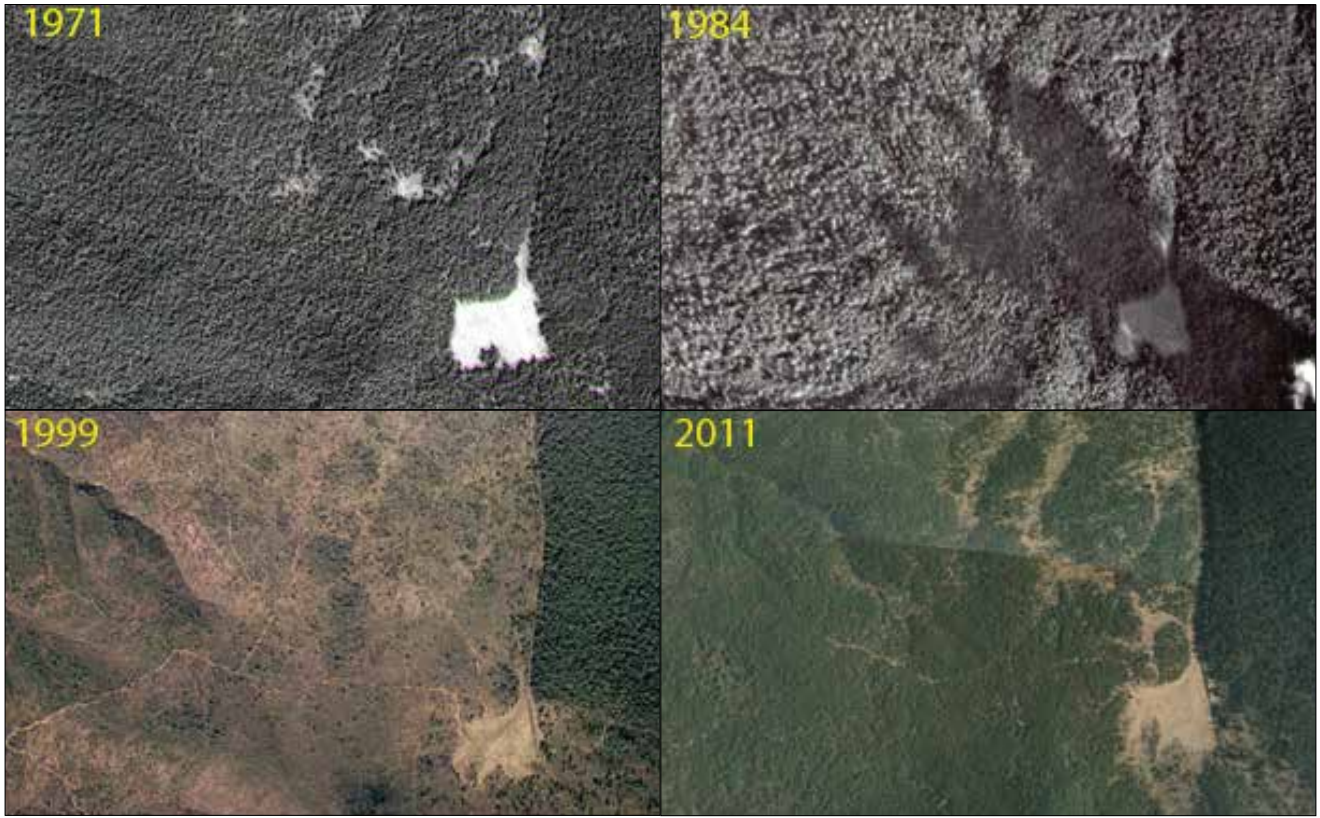


Figura 42. Secuencia aerofotográfica de los cambios en la comunidad indígena de San Cristóbal, ocurrida después del decreto de 1986 y su posterior recuperación.

to del 2000, el inicio de la ampliación de la frontera agrícola, pero todavía no era considerable la afectación al bosque, a partir del 2000 se inició una serie de cambios de cobertura sin un cambio de uso del suelo y una sucesión de procesos de degradación de suelos y bosques (Figura 43), afectando la dinámica de infiltración y recarga de acuíferos.

A partir del 2000 se dio una degradación forestal acelerada en esta zona que hasta 1999 se había mantenido en buen estado de conservación y pasó a aumentar las áreas deforestadas en nuestro país.

Como puede observarse de esta reseña histórica, la RBMM ha sufrido muchas transformaciones tanto en su componente socio-político como en su aspecto fisonómico, al verse afectada durante más de treinta años en su masa boscosa; de ahí que en buena medida la creación del Fondo Monarca ha sido un mecanismo acertado para tratar de minimizar la afectación de la zona y a la vez mejorar las condiciones de vida de los habitantes.

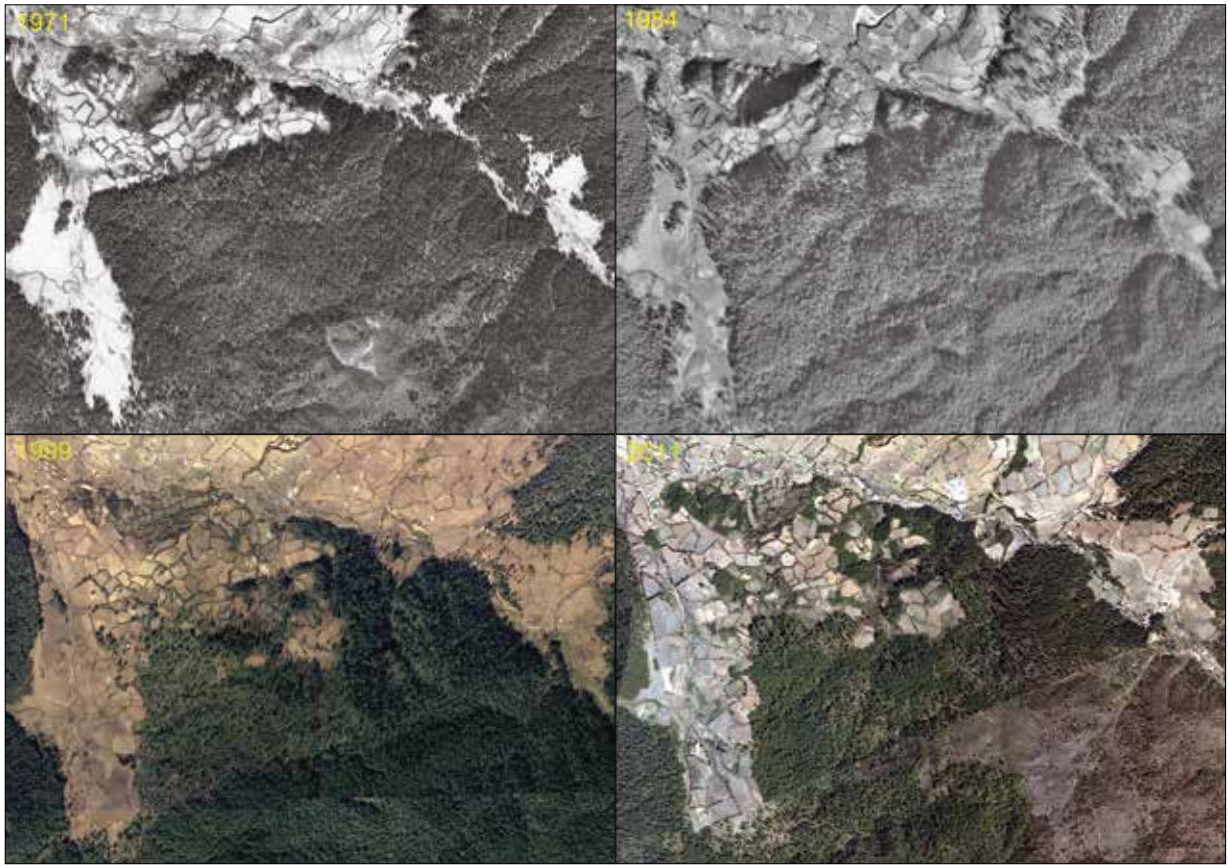


Figura 43. Secuencia aerofotográfica de los cambios en el ejido Francisco Serrato.

Capítulo 3. Metodología para la evaluación del cambio en la densidad de cobertura forestal en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca

Desarrollo de la metodología

El primer levantamiento aéreo realizado para la toma de fotografías aéreas digitales de alta resolución se llevó a cabo en 1999, lo que permitió elaborar un mosaico no controlado con el software Adobe Photoshop, uniendo 670 fotografías. Para su mejor manejo se dividió en cuatro partes, para este proceso se escaneó la carta topográfica de Angangueo E14A26 e Ixtapan del Oro E14A36 y sobre éstas, utilizando los detalles de la toponimia, se fueron agregando las fotografías, utilizando la propiedad de transparencia para acomodarlas; también se empleó la imagen ICONOS del satélite hindú, como mapa base, con una resolución de 4 m/pixel, para sobre ella pegar las fotografías, lo que ofrece la ventaja de presentar tantos puntos de control como pixeles tiene, así el armado del mosaico adquirió mayor precisión. Aun así, a este mosaico se le considera como no controlado y por tanto, se utilizó para una visión general de la Reserva y en ningún momento se le podría utilizar para realizar una interpretación, por carecer de una correcta georreferencia espacial, ya que los errores que se cometerían serían innumerables, por otro lado, permite una visualización de conjunto y en el momento que fue realizado tuvo una utilidad visual, de representación y nunca para un análisis de interpretación de forma cuantitativa.

Este fue el primer mosaico detallado que se realizó en la región de la mariposa Monarca y cubre casi la totalidad de la actual reserva, esto permitió apoyar la evaluación de ampliación de ésta y conocer el estado de la cobertura forestal en 1999 (Figura 44).

A partir de este levantamiento se diseñó un índice de vuelo que permitiera realizar levantamientos periódicos para evaluar el estado de conservación de la cubierta forestal y apoyar en la toma de decisión para el Pago por Servicios Ambientales en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca.

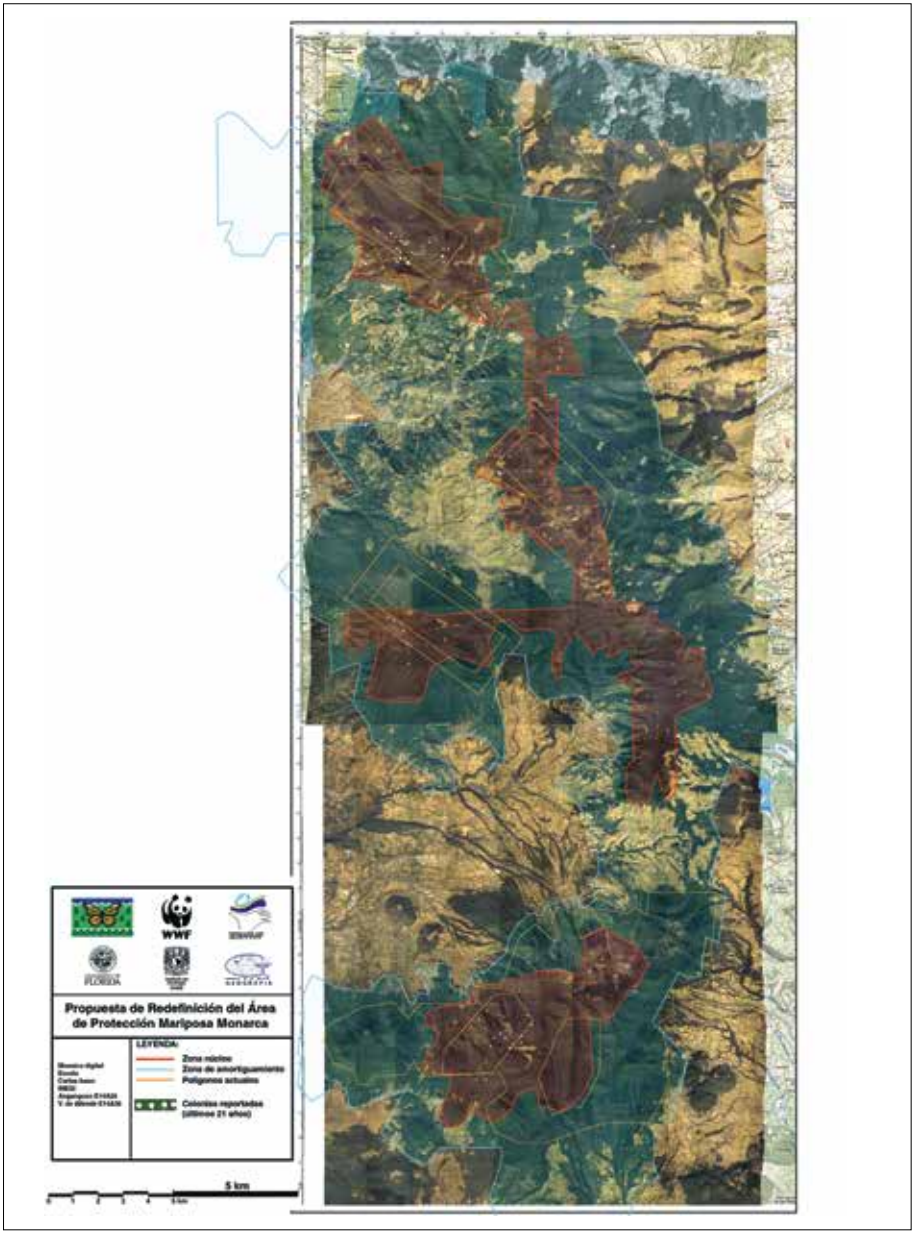


Figura 44. Mosaico con fotografías aéreas digitales de 1999 (elaborado por: Armando Peralta).

Por tanto, a partir de ese momento se ha utilizado el mismo plan de vuelo para los siguientes levantamientos (Figura 45), lo que ha permitido hacer las evaluaciones anuales o bianuales del cambio de cobertura forestal en la RBMM.

En general, para el cubrimiento aerofotográfico de la RBMM se han utilizado 17 líneas de vuelo y aproximadamente entre 670 y 800 fotografías aéreas digitales con una resolución de 0.6 a 0.3 m/pixel. El cubrimiento de cada fotografía es de 1.5 km^2 y un área útil de 0.6 km^2 en promedio. Dicho material se ha corregido en cuanto a niveles de color, balance y brillo, lo que ha permitido la impresión de las fotografías a tamaño carta, y a una escala de 1:10 000. De esta forma, en el 2003 se elaboró el primer mosaico ortocorregido generado en Erdas Image con un error medio cuadrático de 7 m y un cubrimiento de un 80% de la reserva y en forma total para la zona núcleo; además, se utilizó un modelo de elevación del terreno obtenido a partir de la cartografía topográfica escala 1:50 000. Este mosaico sirvió de base para la restitución de la fotointerpretación y para cubrir la parte faltante se empleó una imagen Landsat de 2003 (Figura 46).

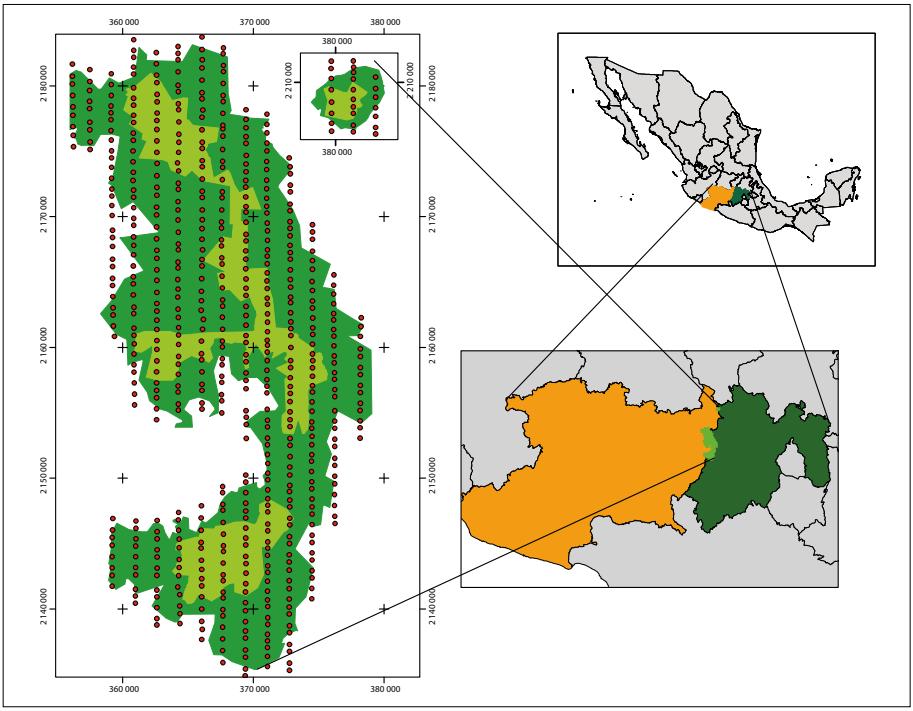


Figura 45. Localización e índice de vuelo en la RBMM.

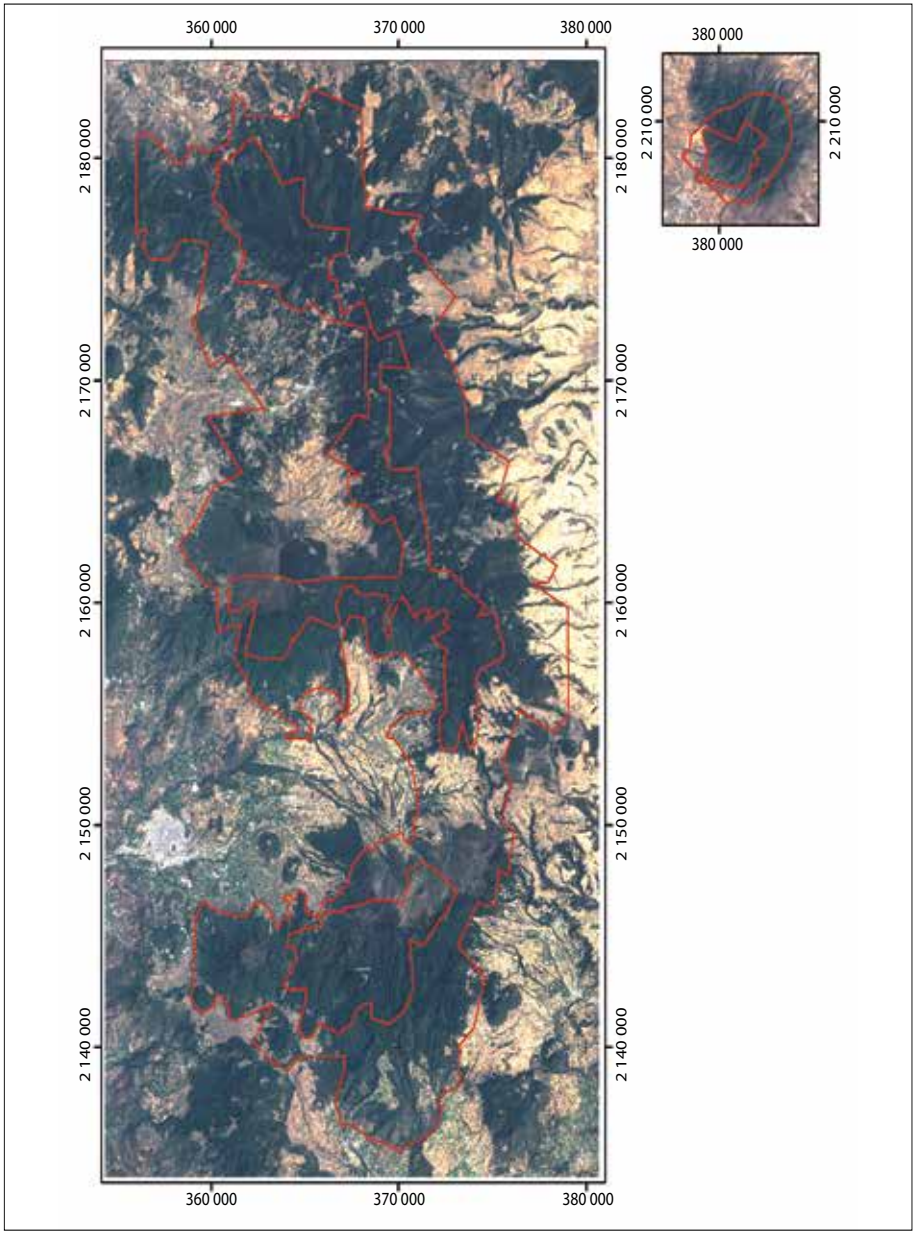


Figura 46. Mosaico ortocorregido sobre una imagen Landsat de 2003, utilizado como línea base para la transferencia de la fotointerpretación.

La interpretación de las fotografías fue un trabajo laborioso y requería de mucho tiempo, pero garantizó la homogeneidad y calidad de la información. Los datos fueron restituidos (transferidos) en un Stereosketch (instrumento de tercer orden), aparato utilizado para la transferencia de la información temática por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), actualmente Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). El trabajar con fotografías aéreas a escala 1:10 000 era un problema para transferir esta información a un mapa base, debido a que la información más detallada con la que se cuenta es a escala 1:50 000, por lo que se utilizó la ampliación de esta cartografía a escala 1:10 000 para reducir el error de transferencia y así lograr una mejor calidad y exactitud en los polígonos resultantes. Sin embargo, con este procedimiento solo se amplió la cartografía, mas no el detalle; fue útil, pero presentaba aún errores, comparado con la información digital que ofrecía el mosaico semicontrolado, por lo que la información era útil en forma parcial. Pero aun así, permitió establecer el estado de la cobertura forestal en 1999, empleándose como un insumo más para la ampliación y decreto de la nueva Reserva.

Con la metodología empleada para la comparación espacio temporal de series aerofotográficas entre 1999 y 2011, fue realizada con fotografías aéreas digitales de alta resolución obtenidas a partir de cámaras de pequeño formato, para la evaluación del cambio en la densidad de cobertura forestal, para lo cual se realizaron levantamientos aéreos entre febrero y marzo, utilizando el mismo plan de vuelo y técnicas convencionales de fotointerpretación. Para los casos que no se contó con fotografías digitales, se optó por una imagen Landsat para completar la evaluación de 2001 y 2003; para el análisis de 2007 fue necesaria la utilización de imágenes SPOT5, dando en ambos casos buenos resultados, pero fue necesario hacer la validación de los cambios con las fotografías aéreas digitales del año siguiente. Se realizó el análisis del cambio en la densidad de cobertura arbórea de los años 1999, 2001, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011 en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca.

De esta forma se establecen dos nuevos conceptos, la fotointerpretación comparativa (interpretación de fotografías aéreas de la misma zona, pero de diferente año) y la restitución radial digital, que se realiza en la pantalla de una computadora personal sobre un mosaico ortocorregido. La cuantificación de los cambios de densidad de cobertura forestal la ha utilizado el Fondo Monarca para determinar el pago por servicios ambientales a los dueños de predios en zona núcleo de la RBMM, logrando reducir la tala en los predios que participan con el Fondo.

Actualmente el uso de fotografías aéreas digitales de formato pequeño ha adquirido relevancia, toda vez que reviste ventajas, en su bajo costo, resolución espacial y temporal.

Planeación de la campaña aérea

Se han realizado levantamientos aerofotográficos desde 1999 al 2011, para cubrir la RBMM, entre enero y marzo de cada año, en algunos años surgieron algunos contratiempos como son la disponibilidad de un avión adecuado o condiciones meteorológicas favorables para realizar el levantamiento. El plan de vuelo se mantuvo para todos los levantamientos realizados, garantizando la sobreposición lateral 30% y sobreposición longitudinal 60% para obtener un cubrimiento total y contar con pares estereoscópicos para la fotointerpretación de la cobertura forestal.

Las fotografías se van almacenando en un disco duro que se encuentra acoplado con la cámara y registra las coordenadas geográficas de cada escena mediante un sistema de posicionamiento global (GPS). De los levantamientos realizados no todos fueron exitosos, ya que se tiene que sortear una serie de contratiempos. El primer levantamiento aéreo de 1999 sirvió de base para la elaboración de la cartografía de cobertura forestal, con base en él se apoyó el decreto para la ampliación del Área Protegida y denominación como Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, pero la restitución fue por métodos convencionales y con un error bastante alto, ya que la restitución fue realizada con un Stereosketch, pero con la desventaja de que las fotografías interpretadas estaban a la escala 1:10 000 y el mapa base era la carta topográfica 1:50 000, que aunque fue ampliada a la misma escala, se amplió el tamaño pero no el detalle. Por lo que fue necesario realizar la interpretación con las fotografías de 2003, pero esta vez se separaron los tipos de vegetación y cobertura realizado por un solo fotointérprete experimentado (técnico forestal), lo que garantiza la homogeneización de claves, que en el caso de la densidad de cobertura es cualitativa. Esto trajo como consecuencia que las fotografías de 2003 fueran utilizadas como línea de base y a partir de ella en forma prospectiva hacia 2011 se realizaran los análisis comparativos y en forma retrospectiva también hacia 1999. En el 2000 y 2002 no se realizó el vuelo; en 2001 el vuelo fue parcial, con un cubrimiento del 60%; para 2003 el vuelo se realizó satisfactoriamente y con un cubrimiento del 95%; en 2004 el vuelo fue parcial nuevamente con un cubrimiento de 40%; en 2005 el vuelo se realizó en dos etapas, pero con un cubrimiento del 90%; para 2006 el vuelo se realizó también en dos etapas, con un cubrimiento del 95%; en 2007

el vuelo fue muy problemático, varios intentos y solo se logró realizar una línea de vuelo con 50 fotografías; para 2008, por primera vez se tuvo un cubrimiento del 100%, lo cual se ha mantenido hasta 2011.

Tipo de cámaras utilizadas

Las cámaras utilizadas en las tomas de las fotografías aéreas han variado, aumentando su resolución espacial en función de la mejora tecnológica durante los últimos años, manifestada a través del aumento en el número de pixeles del sensor, en la sensibilidad, en la consistencia del color, en niveles de ruido más bajos y en el diseño optimizado de lentes y sitios fotosensibles en el sensor (Tabla 3).

Para la interpretación de las fotografías aéreas fue necesario usar una metodología convencional, con técnicas de fotointerpretación, fotogrametría y uso de un sistema de información geográfico (SIG), lo que permitió garantizar la calidad

Tabla 3. Comparación de cámaras y resolución espacial

Cámara	Tipo de lente	Año	No. de Mpixeles	Tamaño de pixel en el terreno con una cobertura de 1.770 x 1.140 km por cada imagen (m/pixel)
Kodak DCS 420	Sigma 14 mm F 2.8	1999	1.54	1.12
Nikon D1	Nikkor 17-35 mm F 2.8	2001	2.66	0.85
Nikon D1X	Nikkor 17-35 mm F 2.8	2003	6.00	0.60
Kodak DCS 14n Pro	Nikkor 35 mm F 2.8	2005	12.21	0.40
Nikon D2X	Nikkor 24 mm F 2.8	2006	12.40	0.40
Nikon D2X	Zeiss ZF 25 mm F 1.4	2008	12.40	0.40
Canon EOS 1DS Mark II	Canon 35 mm F 1.4 “L”	2009	16.61	0.30
Nikon D3X	Nikkor 35 mm F 2.8	2010	24.40	0.30
Nikon D3X	Nikkor 35 mm F 2.8	2011	24.40	0.30
Nikon D800	Nikkor 35 mm F 2.8	2012	36.60	0.25

en los productos obtenidos, bajo un estricto control del método aplicado, usando la misma zona para calibrar la escala fotográfica y haciendo ajustes por el aumento en la resolución al mejorar la calidad de los lentes y cámaras fotográficas. A partir de 0.60 m/pixel (imagen de 2003) pueden distinguirse inequívocamente árboles individuales y con 0.40 m/pixel se aprecia la estructura de los árboles individuales y se facilita la interpretación de rasgos como matorrales, árboles pequeños, vehículos, árboles derribados, restos en sitios de corte de madera y senderos pequeños bajo el dosel vegetal. Por otro lado, para la calibración y obtención de la escala promedio de 1:10 000 se ha utilizado la región donde se ubica la Estación de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, ubicada en el paraje Llano de las Papas (Figura 47).

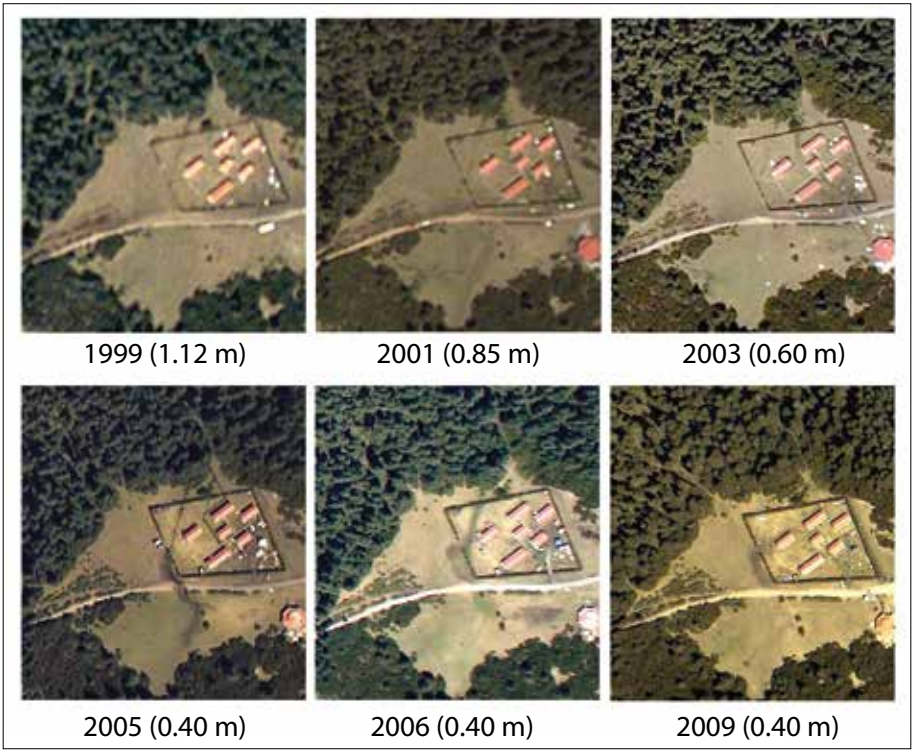


Figura 47. Diferente resolución espacial con el mejoramiento de las cámaras aerofotográficas.

Procesamiento de las fotografías aéreas digitales

Una vez realizado el vuelo, se hace un respaldo y con apoyo del software Adobe Photoshop se procede a corregir las fotografías, rotando, si es necesario, para etiquetar al norte y renombrando las imágenes; se uniformizan los niveles de color, contraste y brillo, procurando que en cada uno de los ajustes no se exageraran las características del terreno mostradas en la imagen; fotografías muy obscuras o muy brillantes, campos agrícolas, infraestructura y vegetación fueron ajustados de tal manera que no se exageraran los colores y que a la vez no se produjeran falsos elementos en la imagen (acentuación de sombras, brillo excesivo en vías de comunicación o techos de casas, verdes o amarillos claros u obscuros). Con lo anterior se lograron fotografías con una mejor calidad de imagen para una fotointerpretación más precisa. Posteriormente se imprimen a una escala promedio de 1:10 000, tomando como base la misma zona para los diferentes años en el ajuste de escala. Para estas acciones se usa un macro.

Mosaico ortocorregido

Se elaboraron mosaicos a partir de fotografías aéreas digitales, con apoyo de ortofotos a 2 m por pixel (INEGI, 1994) y el modelo digital del terreno con curvas de nivel cada 20 m en NAD 27. Los mosaicos ortocorregidos se realizaron en 2003, 2006 y 2010 elaborados con ERDAS, con un error medio cuadrático de entre 7 y 15 m. El mosaico de 2003 fue utilizado como línea de base, con una resolución de 1 m/pixel, para transferir la información resultado de la fotointerpretación de los diferentes años, también sirvió de referencia cualitativa y visual del estado de la cubierta forestal de la RBMM.

Preparación de las fotografías aéreas digitales

Esta fase se inicia con el acomodo y organización de las fotografías aéreas digitales impresas en papel a escala 1:10 000. Con el apoyo del índice de vuelo estas fotografías se ordenan por líneas de vuelo y se separan las que están incluidas dentro de la RBMM. Se les coloca un papel acetato transparente, unido con cinta adhesiva por la parte norte, lo que permite levantar el papel acetato si es necesario. El proceso de fotointerpretación se realiza marcando puntos principales y delimitando las áreas fotointerpretables con marcadores indelebles. Se calcula la

base instrumental en función del estereoscopio a utilizar. Se colocan las fotografías bajo el estereoscopio para su interpretación.

Primera fotointerpretación

Las fotografías de 1999 sirvieron para realizar la primera interpretación de los tipos de vegetación y de la cobertura forestal, mediante la técnica de fotointerpretación para establecer el primer mapa de densidad de cobertura forestal de esta región a este nivel de detalle, anteriormente en 1989, Melo y López habían realizado un análisis de densidad de cobertura con tres rangos de densidad, que fue utilizado como punto de partida para este estudio y como base para la delimitación de unidades y posteriormente para una análisis comparativo (Brower, 2002).

Línea de base

Se utilizó como línea de base el análisis de 2003, para lo cual, como resultado de la restitución por triangulación radial en la pantalla de la computadora personal y utilizando el software ArcGis, se obtuvo un mapa de polígonos para toda la RBMM, la cual fue cruzada con la zona núcleo, la de amortiguamiento y los predios. Los datos fueron exportados a una base de datos Excel, donde se creó una tabla dinámica y se analizaron los datos.

Fotointerpretación de vegetación y densidad de cobertura forestal 2003

Se elaboró una leyenda de los tipos de vegetación forestal presentes en la zona, separando en Bosques de Oyamel, Pino, Encino y sus asociaciones en función de su dominancia. Se les asignaron cinco niveles de coberturas arbóreas: 1= Cerrada > 75%; 2= Semicerrada 51-75 %; 3= Semiabierta 26-50 %, 4= Abierta 10-25 %, y 5 = Deforestado < 10 %, este último de acuerdo con la FAO (Figura 48). El muestreo de campo determinó una densidad promedio de 500 árboles por hectárea. Se delimitaron otras unidades que actualmente no tienen cobertura arbórea, consideradas como no forestales, denominadas como áreas deforestadas, matorral, pastizal, áreas agrícolas e infraestructura.

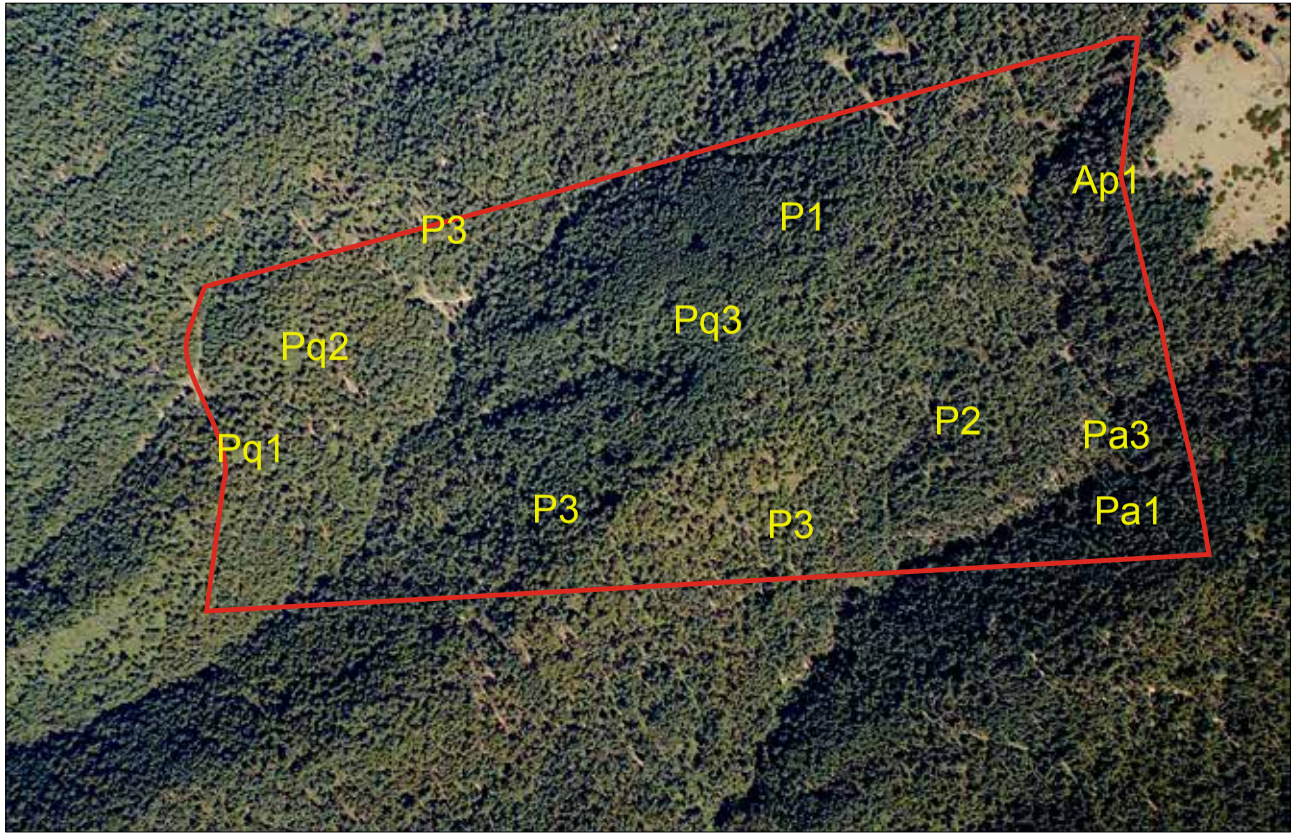


Figura 48. Área fotointerpretable, con separación de tipos de vegetación (P= Pino, A= Oyamel, q= Encino) y densidad de cobertura forestal (1= Cerrada, 2= Semicerrada, 3= Semiabierta, 4= Abierta y 5= Deforestado).

Fotointerpretación comparativa

Considerando que los vuelos aéreos tienen la misma línea de vuelo, es posible hacer una fotointerpretación comparativa, que consiste en formar un par estereoscópico con fotografías de diferente año, pero de la misma zona, logrando que exista paralaje, condición para la estereoscopia; además, las fotografías son impresas en papel a la misma escala (1:10 000), utilizando la misma zona para el cálculo de ésta, con lo cual se obtiene una escala promedio. Mediante este procedimiento se pudieron detectar las zonas de cambios al observar los pares estereoscópicos y delimitar en forma detallada sobre la fotografía los cambios, asignándole el nivel de cambio (Figura 49). Este procedimiento se realizó en forma anual y bianual. Posteriormente se llevó a cabo el análisis comparativo entre 1999 y 2011.

Restitución por triangulación radial

La restitución es la transferencia de polígonos de fotointerpretación a un mapa base, pasando de una proyección central de la fotografía a una proyección ortogonal, esta operación normalmente se realiza con aparatos fotogramétricos como el Stereosketch.

Como un aporte a los procesos de restitución se diseñó la transferencia de la información en digital, esta fase consistió en transferir la fotointerpretación en acetatos sobre una pantalla plana de una computadora, escala 1:10 000, utilizando como mapa base un mosaico ortocorregido, igualando la escala promedio para cada fotografía y empleando el método de triangulación radial (utiliza la propiedad de las fotografías aéreas verticales con ángulos medidos con centro en el punto nadir, en la fotografía y en el terreno son idénticos). Este método se basa en la ubicación de vértices de triángulos en las fotografías aéreas digitales y los mismos puntos en el mosaico, de esta manera se transfiere la información contenida en cada triángulo y se corrige de esta forma la deformación de la fotografía y la diferencia de escala al unificarla con el mosaico ortocorregido. Esto se logra, ya que como el mosaico se despliega en ArcGis, se ajusta la escala y se hacen coincidir los detalles de la fotografía al transferir con los rasgos del mosaico. Como son del mismo año es muy sencillo ubicar los detalles en el mosaico respecto a la fotografía, ya que se tienen tantos puntos de apoyo como pixeles hay. Todo el espacio del mosaico está ocupado por detalles fotográficos del terreno en forma georreferenciada y por tanto en una maqueta del terreno con gran potencial.

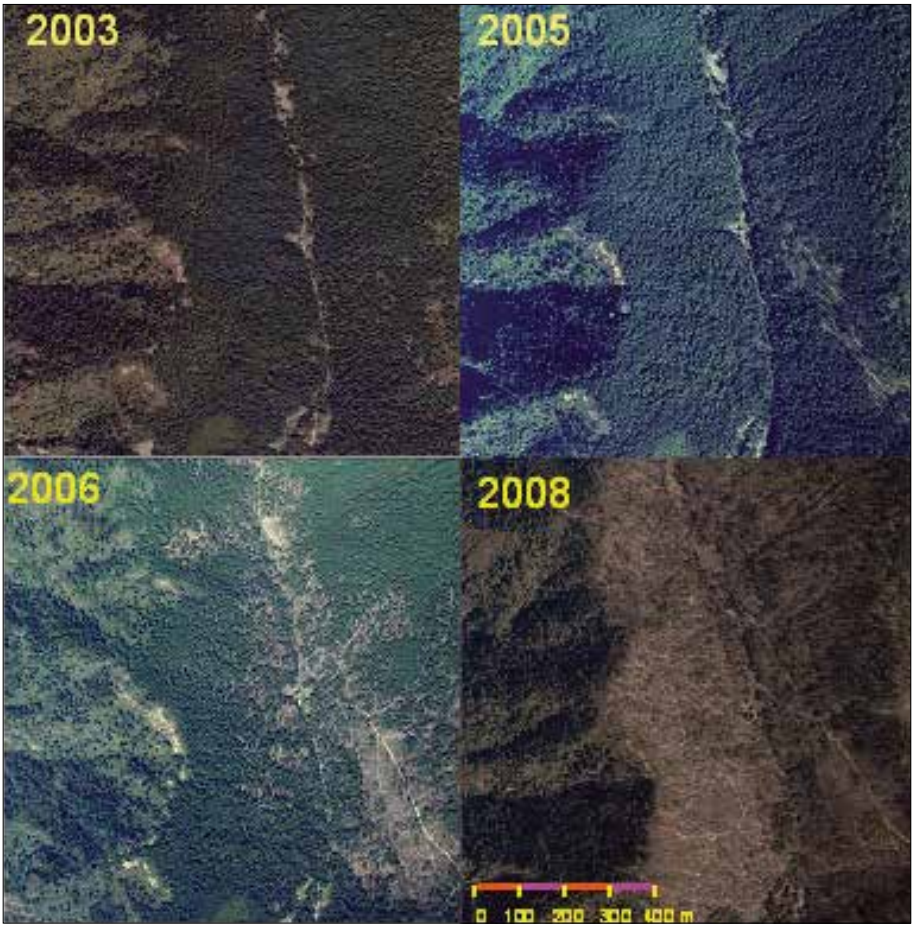


Figura 49. Secuencia aerofotográfica de cambios entre 2003-2005-2006 y 2008.

Análisis comparativo

El mapa de vegetación y cobertura de 2003 sirvió como línea de base, ya que se determinaron los cambios entre 2003 y 2005, mismos que fueron restados al de 2003, con lo que se obtuvo el mapa de 2005, la ventaja de usar de base 2003, permite reducir falsos cambios en las zonas sin cambios al hacer el cruce. Posteriormente se determinaron los cambios 2005-2006 y éstos fueron restados al mapa de 2005, obteniendo el mapa de coberturas y vegetación 2006. Para evaluar los cambios 2006-2007, fue necesario el uso de una imagen de satélite SPOT5, a la

que se le realizaron mejoras al aplicarle un algoritmo para llevarla a color natural y a 3 m/pixel (Figura 50).

La imagen de 2007 permitió hacer la comparación visual y obtener los cambios en este periodo, que fueron restados de la cobertura de 2006 y se obtuvieron las coberturas y vegetación de 2007; para tener los cambios de 2007-2008, se utilizó nuevamente la imagen SPOT5 para hacer la comparación, pero los resultados no eran muy confiables, corroborado en trabajo de campo, por lo que se procedió a evaluar los cambios aerofotográficos entre 2006-2008, separándolos entre estos dos años, para después validar los cambios de 2006-2007 y restar éstos a los de 2006-2008, resultando los cambios de 2007-2008. Para este último análisis se hicieron más cruces, que fue satisfactorio, toda vez que se obtuvo la cobertura de 2008.

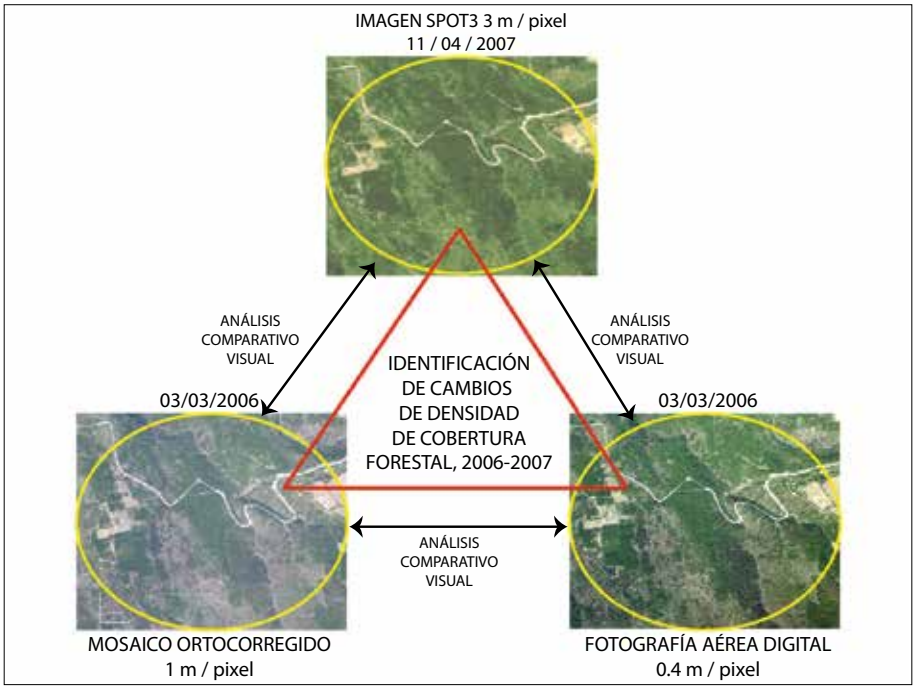


Figura 50. Método de análisis comparativo de cambios en densidad de cobertura forestal entre fotografía digitales (2006), ortomosaico y la imagen SPOT5 de 2007.

Análisis global

De esta forma se logró tener resultados del cambio de densidad de cobertura forestal en forma bianual entre 1999 a 2005 y anual de 2005 a 2011, los intervalos de las clases lo hacen confiable en forma parcial. Para tener mayor certidumbre se determinó cuáles podrían ser las limitantes del método; éstas son los intervalos usados, y que aunque se detectan cambios pequeños e incluso de árboles individuales, estos cambios no pueden ser cuantificados con esta metodología, pero para corregir este inconveniente se está realizando un análisis comparativo de 12 años, en donde si se pueden apreciar cambios acumulativos (graduales), tanto de degradación forestal como de recuperación forestal, con lo que se tiene un balance acumulado de cambios.

La tabla de resultados es exportada a Excel y se crea una tabla dinámica para el análisis de la información y se presenta en una matriz de cambios entre los periodos considerados, separados por densidad de coberturas forestales, zona núcleo, zona de amortiguamiento y tenencia de la tierra. Estos datos han sido utilizados para el pago de servicios ambientales a los predios que participan en este programa. Se puede considerar como el método más preciso para estimar cambios temporales a escala pequeña. Los resultados con el uso de esta metodología se presentan en el capítulo siguiente.

Capítulo 4. Evaluación bienal de cambios en la densidad de cobertura forestal en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca

Antecedentes

Una vez decretada la ampliación de la RBMM en el 2000, se vio la necesidad de establecer una evaluación periódica, por lo que el Fondo Mundial para la Conservación de la Vida Silvestre (WWF) creó la iniciativa del Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (FCMM), lo que constituye una herramienta de gestión basada en el pago de servicios ambientales (PSA) para aquellos propietarios que ante la nueva zonificación de la RBMM quedaron restringidos en cuanto a sus derechos de aprovechamiento (en zona núcleo), así como a los dueños de predios que aportan servicios de conservación (en toda la Reserva). Este fondo es único en México y se realizó conjuntamente con una propuesta de ampliación del ANP. El capital del Fondo Monarca fue conferido por una fundación privada estadounidense, el gobierno federal mexicano y los gobiernos de los estados de México y Michoacán. El capital produce intereses que se canalizan a través de un Fideicomiso a los propietarios de la zona núcleo de la reserva que han cumplido con su compromiso de evitar la tala de árboles y que han participado en trabajos para la conservación de esta zona.

Análisis de cambios 1999-2001

Dentro de la propuesta de ampliación de la reserva se estableció la realización de evaluaciones anuales para determinar si el PSA estaba teniendo un impacto positivo, para lo cual se estableció el realizar levantamientos aéreos para la toma de fotografías. Se inició formalmente en el 2001 y cubrió solo el 60% de la reserva debido a alta nubosidad, excluyendo la parte sur, que corresponde al Cerro Pelón, así como el Cerro Altamirano en la parte norte. La evaluación del cambio de cobertura forestal por fotointerpretación se realizó en forma parcial y

exclusivamente de la zona norte, que incluye Campanario-Chivati-Huacal-Chincua. La región de Cerro Pelón y Cerro Altamirano fue evaluada con apoyo de una imagen Landsat4 de febrero de 2001 y validada con el análisis aerofotográfico 1999-2003, donde quedaban incluidos los cambios entre 1999-2001.

La evaluación de 1999-2001 reportó la alteración de 1 577.68 ha, atribuibles al descontrol que aún se tenía de la nueva zonificación y como respuesta a la inconformidad de un reducido grupo que argumentaba que no fue consultado sobre la nueva ampliación. Las pugnas entre grupos de ejidatarios y comuneros originó la tala en diversos sitios de la reserva. Resultaron afectadas más de la mitad de lo que era la REBMM, siendo la zona que reconocían como ANP; las hectáreas afectadas fueron 872, de las cuales 403 fueron deforestadas y el restante 469 sufrió degradación forestal.

Los cambios en este periodo bienal se deben en primer lugar a un manejo forestal en la zona de amortiguamiento, ya que hay un disminución de la densidad de la cubierta forestal avalado por permisos de aprovechamiento, se le podría catalogar como degradación forestal (cambio de cobertura cerradas a semicerradas y semiabiertas, y de coberturas semicerradas a semiabiertas), pero bajo este esquema solo se pueden justificar 841 ha, las restantes 747 quedaron catalogadas como tala clandestina, porque las coberturas pasaron a superficies abiertas o deforestadas.

Los cambios de cobertura en la ahora RBMM fueron de 1 146 ha de coberturas cerradas y semicerradas y de 432 de coberturas semiabiertas y abiertas que en general pasaron a deforestado en un 72%, por lo que la degradación forestal fue de 448 ha y la deforestación de 503 ha. Los cambios ocurridos en el ejido Emiliano Zapata, ubicado en la zona de amortiguamiento, han afectado la cubierta forestal, pero como aprovechamientos autorizados dentro de un manejo forestal (Figura 51).

Los cambios en zona núcleo fueron de 410 ha y en zona de amortiguamiento de 1 168 ha, las primeras como respuesta a lo que se ha denominado efecto "si no es para nosotros, no es para nadie". La deforestación en la zona núcleo abarcó una superficie de 213 ha y en amortiguamiento 290 ha; por otro lado, la degradación forestal alcanzó una superficie de 197 ha en zona núcleo y 878 en zona de amortiguamiento, en el caso de esta última parte se le puede considerar como aprovechamientos autorizados, debido a que en 1999 se dio la autorización por diez años (Tabla 4).

Muchos de los cambios se iniciaron en zona de amortiguamiento, pero muy cerca de zona núcleo, con lo que las autorizaciones otorgadas a los predios con terrenos en ambas zonas eran propensas a que se invadiera la zona núcleo

Figura 51. Arriba una porción del ejido Emiliano Zapata en 1999 y abajo la misma zona en 2001.

Tabla 4. Cambios en el periodo 1999-2001

Cambio de cobertura (ha)		Núcleo	Amortiguamiento	RBMM
Degradación Forestal	Cerrada a Semicerrada	66	445	512
	Cerrada a Semiabierta	25	91	116
	Cerrada a Abierta	4	30	34
	Semicerrada a Semiabierta	34	179	213
	Semicerrada a Abierta	15	64	78
	Semiabierta a Abierta	53	69	123
Deforestación	Cerrada a Deforestado	56	26	82
	Semicerrada a Deforestado	17	94	112
	Semiabierta a Deforestado	28	105	133
	Abierta a Deforestado	112	65	176
Total		410	1 168	1 578

–lo que sucedió en muchos de los casos–, en otros se invadían los predios contiguos. Un caso muy particular fue el de la comunidad indígena de Crescencio Morales, que inició la tala en zona de amortiguamiento (Figura 52) para terminar años más tarde alterado en un 25% de su superficie, pero cabe aclarar que es un predio de 6175 ha.

El Cerro Altamirano no sufrió ninguna afectación en este periodo evaluado, pese a que se sabe que algunos ejidatarios llevan madera y leña a sus casas, pero esto no ha sido tan grave como para que sea observado en las fotografías y se cambie la categoría de la cobertura forestal.

En zona núcleo se afectaron 367 ha con superficies superiores a 1 ha, principalmente en predios de las comunidades indígenas y en predios que se encontraban en conflictos agrarios, como es el caso de Litigio 1, en donde se pelean la propiedad las comunidades indígenas de Crescencio Morales, Santa María y sus Barrios, Nicolás Romero y San Pablo Malacatepec, lo que motivó la tala del 30% de este predio en conflicto. También hay otro terreno en litigio entre el ejido El Rosario y la Pequeña Propiedad Rancho Verde, donde se talaron 7 ha. Las comunidades indígenas sufrieron una afectación en 328 ha y 58 por los ejidos, por lo que pareciera que las comunidades indígenas se vieron más agredidas por el nuevo decreto respondiendo con la tala (Tabla 5).

En zona de amortiguamiento contaban con permisos de aprovechamiento por diez años, de 1999 al 2008, otorgado justo antes de emitirse el decreto de ampliación de la RBMM.

Figura 52. A la izquierda parte de la comunidad indígena de Crescencio Morales en 1999 y a la derecha en el 2001.

Tabla 5. Predios de zona núcleo con cambios de cobertura forestal entre 1999 y 2001

Clave	Predios en zona núcleo 1999-2001	ha
521	Litigio1	65
309	Ejido La Mesa	54
407	Comunidad indígena San Cristóbal	54
519	Comunidad indígena Nicolás Romero	52
403	Comunidad indígena Donaciano Ojeda	49
402	Comunidad indígena Francisco Serrato	41
405	Comunidad indígena Curungueo	17
504	Comunidad indígena Crescencio Morales	13
Cinco predios con cambios entre 2 y 7 ha		21
Otros predios con superficie afectada < 1ha		44
Total		410

El 79.5% de los cambios se concentra en seis predios, con superficies afectadas de más de 70 ha (Tabla 6). Los cambios más graves son del orden de 290 ha que pasaron a formar parte de los terrenos deforestados, el resto se le considera como degradación forestal con 878 ha y podrían ser considerados como aprovechamiento forestal autorizado, pero hay 69 ha que sufrieron una alteración de coberturas cerradas o semicerradas a cobertura abierta y que no pueden considerarse como manejo forestal.

De los cambios registrados en este periodo 283 ha se ubican en el Estado de México y el resto, 1 295, en el de Michoacán, por lo que son muy contrastante los cambios a nivel estatal, por ello las políticas de ambos estados son muy diferentes (Figura 53).

Análisis de cambios 2001 - 2003

Con base en el análisis anterior se vio la necesidad de realizar una evaluación de 2001-2002, para lo cual se intentó realizar el levantamiento aéreo en el 2002, para la toma de fotografías, pero por múltiples motivos no fue posible completar el vuelo y el levantamiento quedó inconcluso, no permitiendo llevar a cabo el análisis comparativo.

Tabla 6. Predios con cambios de cobertura forestal en el periodo 1999-2001 en zona de amortiguamiento

Clave	Zona amortiguamiento 1999-2001	ha
504	Comunidad indígena Crescencio Morales	383
410	Ejido Francisco Serrato	150
408	Ejido Emiliano Zapata	141
409	Ejido El Asoleadero	110
315	Ejido El Rosario	73
608	Ejido Concepción del Monte	72
401	Ejido El Paso	38
306	Ejido Las Rosas	32
520	Comunidad indígena San Juan Zitácuaro	28
519	Comunidad indígena Nicolás Romero	23
3	Propiedad Privada	19
407	Comunidad indígena San Cristóbal	17
732	Las Dalias	15
10	Ejido Ocampo	14
606	Catingo I y II	12
403	Comunidad indígena Donaciano Ojeda	10
Otros predios con superficie < 10 ha		31
Total		1 168

Para 2003, el levantamiento se realizó con éxito y además fue considerado como línea base para estos estudios, elaborando además un mosaico ortocorregido, con un error medio cuadrático de 7 m, cubriendo el 89% de la RBMM.

Los cambios de la cubierta vegetal de la RBMM fueron de 1 451 ha, de los cuales 302 se dieron en zona núcleo y 1 149 en zona de amortiguamiento, disminuyendo la degradación forestal y aumentando la deforestación (Tabla 7). En la zona de amortiguamiento la deforestación se duplicó de 290 ha en 1999-2001 a 560 ha en 2001-2003, lo que daba una alerta en la zona, con las implicaciones que esto tenía a nivel internacional.

En este periodo hubo una leve disminución de la superficie con cambios, pero fue marcada la disminución en zona núcleo, respecto al total, en un 25%, pasando de 410 a 302 ha en este periodo. También es notable el aumento de la

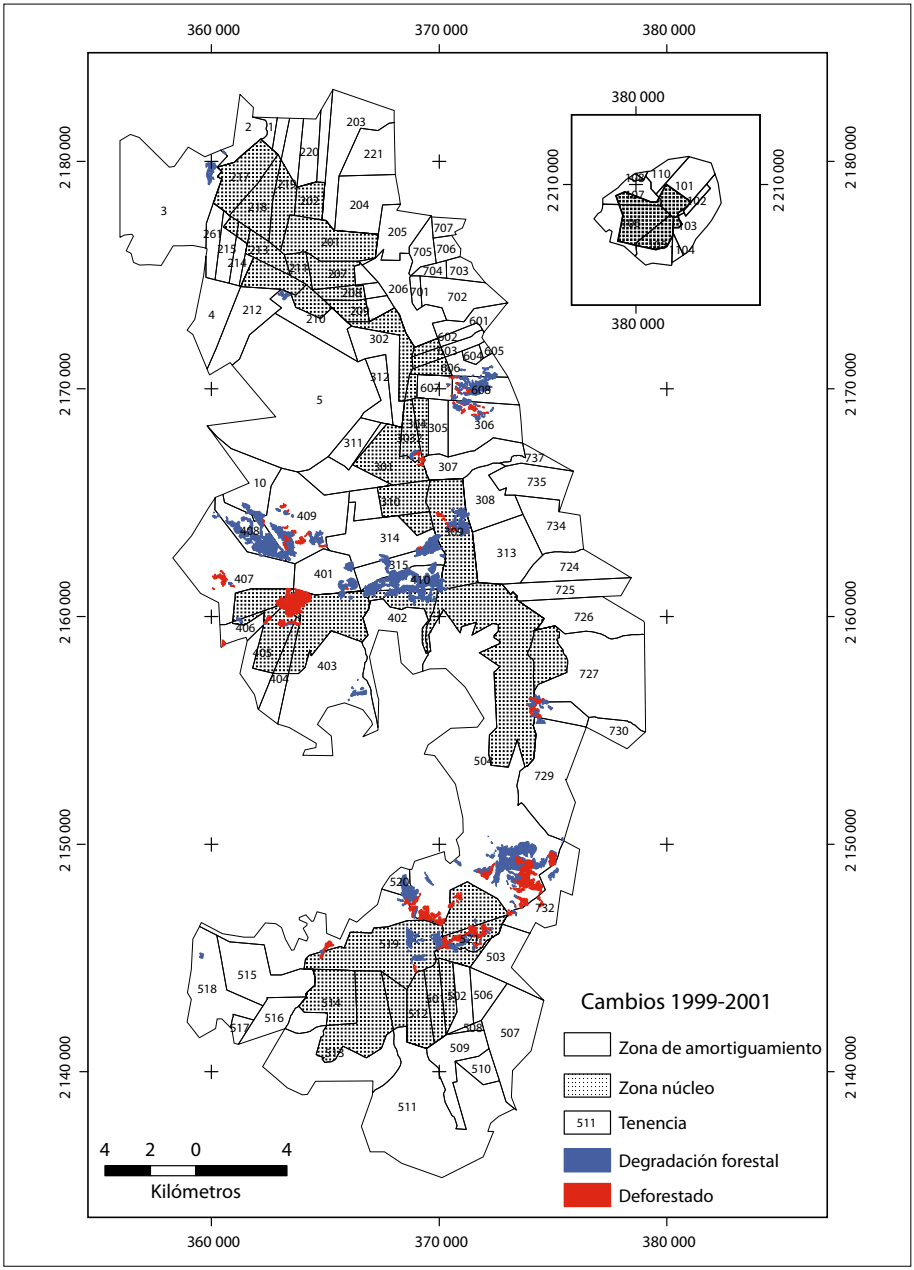


Figura 53. Cambios en la cobertura forestal entre 1999 y 2001.

Tabla 7. Cambios en el periodo 2001-2003

Cambio de cobertura (ha)		Núcleo	Amortiguamiento	RBMM
Degradación Forestal	Cerrada a Semicerrada	36	67	103
	Cerrada a Semiabierta	28	33	61
	Cerrada a Abierta	2	19	21
	Semicerrada a Semiabierta	21	191	212
	Semicerrada a Abierta	29	147	176
	Semiabierta a Abierta	22	132	154
Deforestación	Cerrada a Deforestado	23	34	57
	Semicerrada a Deforestado	18	210	228
	Semiabierta a Deforestado	67	141	208
	Abierta a Deforestado	56	175	231
Total		302	1 149	1 451

deforestación de un 32 a un 50%, abarcando grandes extensiones (Figura 54). Muchos de los cambios se dieron nuevamente en los mismos sitios.

Las zonas más conservadas (coberturas cerradas y semicerradas) fueron las más afectadas con 858 ha, de las cuales 573 sufrieron degradación forestal y 285 deforestación. De estas zonas conservadas, 157 ha se dieron en zona núcleo y 701 en amortiguamiento, por un manejo forestal a excepción de las áreas deforestadas.

En la zona núcleo el 94% de los cambios se dieron en cinco predios (Tabla 8), con superficies superiores a 26 ha, de los cuales los de mayor afectación son predios reincidentes y el caso de la comunidad indígena de Crescencio

Tabla 8. Predios de zona núcleo 2001-2003

Clave	Zona núcleo 2001-2003	ha
504	Comunidad indígena Crescencio Morales	99
514	Ejido Nicolás Romero	82
402	Comunidad indígena Francisco Serrato	50
521	Litigio1	28
309	Ejido La Mesa	26
Seis predios con cambios entre 1 y 4 ha		17
Total		302

Figura 54. Arriba una parte del ejido Francisco Serrato en el 2001 y abajo en el 2003.

Morales en este momento no estaba dentro del pago por servicios ambientales. Los cuatro primeros predios tenían problemas agrarios que motivaron gran parte de los cambios.

Nuevamente la comunidad indígena Crescencio Morales, el ejido Nicolás Romero y la comunidad indígena Francisco Serrato, fueron los predios más afectados por la tala clandestina, sin que hasta ese momento se hiciera algo por proteger los bosques, estando en un estado de incapacidad, con denuncias que no surtían efecto y un mal precedente a nivel internacional.

La destrucción de los bosques en la reserva ha propiciado la remoción del suelo superficial y posteriormente la aceleración de los procesos erosivos, que en estos ambientes son muy severos considerando la juventud del relieve y la presencia de materiales piroclásticos sobre las estructuras rocosas, originando una alta susceptibilidad de estos suelos a la erosión y la pérdida de los servicios ambientales que estos ecosistemas prestan. La disminución de la recarga de acuíferos sería la afectación más notable, como es el caso de la comunidad indígena de Francisco Serrato.

En la zona de amortiguamiento los cambios fueron de 1 149 ha, de las cuales 939 se localizan en seis predios con superficies superiores a 50 ha (Tabla 9). Nuevamente la comunidad indígena de Crescencio Morales es la que recibe la mayor afectación por problemas agrarios. Los ejidos de Francisco Serrato y Emiliano Zapata quedaron alterados en un 92 y 67% de su superficie, respectivamente (Figura 21).

En este periodo de análisis se aprecia que la tala clandestina ha sido la causa de la degradación forestal y la deforestación, enmascarada por los aprovechamientos autorizados, sobre todo esta última que es la causante de la aceleración de los procesos erosivos, reducción de la capacidad de retención de humedad, debido a que el agua no se infiltra, dando origen a los torrentes. Los materiales piroclásticos son una esponja con la capacidad de retener hasta un 400% su peso en agua y si consideramos que toda la zona tiene influencia de estos materiales, es de suponerse porque son las cabeceras hídricas de dos importantes cuencas hidrológicas, la de Lerma al oeste y la del Balsas al este de la RBMM.

Los cambios ocurridos desde un poco antes del decreto de ampliación de la RBMM, cuando ya se conocían las intensiones de modificación del decreto y hasta marzo de 2003, se presentó la mayor afectación en esta región, con un total de 2 411 ha que sufrió algún tipo de modificación.

Los cambios en el periodo 1999-2001 fueron de 1 578 ha y para el periodo 2001-2003 fue de 1 451, dando un total de 3 029 ha, pero de éstas 618 ha, sufrieron cambios en ambos periodos, dando una superficie real de 2 411 ha.

Tabla 9. Predios con cambios en zona de amortiguamiento

Clave	Zona amortiguamiento 2001-2003	ha
504	Comunidad Indígena Crescencio Morales	280
408	Ejido Emiliano Zapata	225
410	Ejido Francisco Serrato	195
409	Ejido El Asoleadero	122
315	Ejido El Rosario	63
732	Pequeña propiedad Las Dalias	53
407	Comunidad Indígena San Cristóbal	37
520	Comunidad indígena San Juan Zitácuaro	23
10	Ejido Ocampo	22
3	Propiedad Privada	21
519	Comunidad indígena Nicolás Romero	21
608	Ejido Concepción del Monte	20
403	Comunidad indígena Donaciano Ojeda	14
306	Ejido Las Rosas	13
Otros predios con superficie < 10 ha		38
Total		1 149

Las afectaciones a zona núcleo fue de 617 ha, de éstas, 219 eran zonas conservadas con densidad de cobertura arbórea cerrada y semicerrada. En estas zonas alteradas en el periodo 1999-2003 un total de 56 ha tuvieron afectación en más de una ocasión, por lo que dichas zonas fueron llevadas a una condición de zonas alteradas.

Análisis de cambios 2003-2005

El análisis comparativo en este periodo mostró una superficie de cambio de 731 ha en la RBMM, de las cuales 466 se dieron en zona núcleo y se puede decir que ha sido la mayor afectación en esta zona hasta este momento, que tiene un estricto estatus para la conservación, ya que es la zona donde las mariposas hibernan y se reproducen. Más aún, ostenta un programa de Pago por Servicios Ambientales, que pareciera no está funcionando (Figura 55).

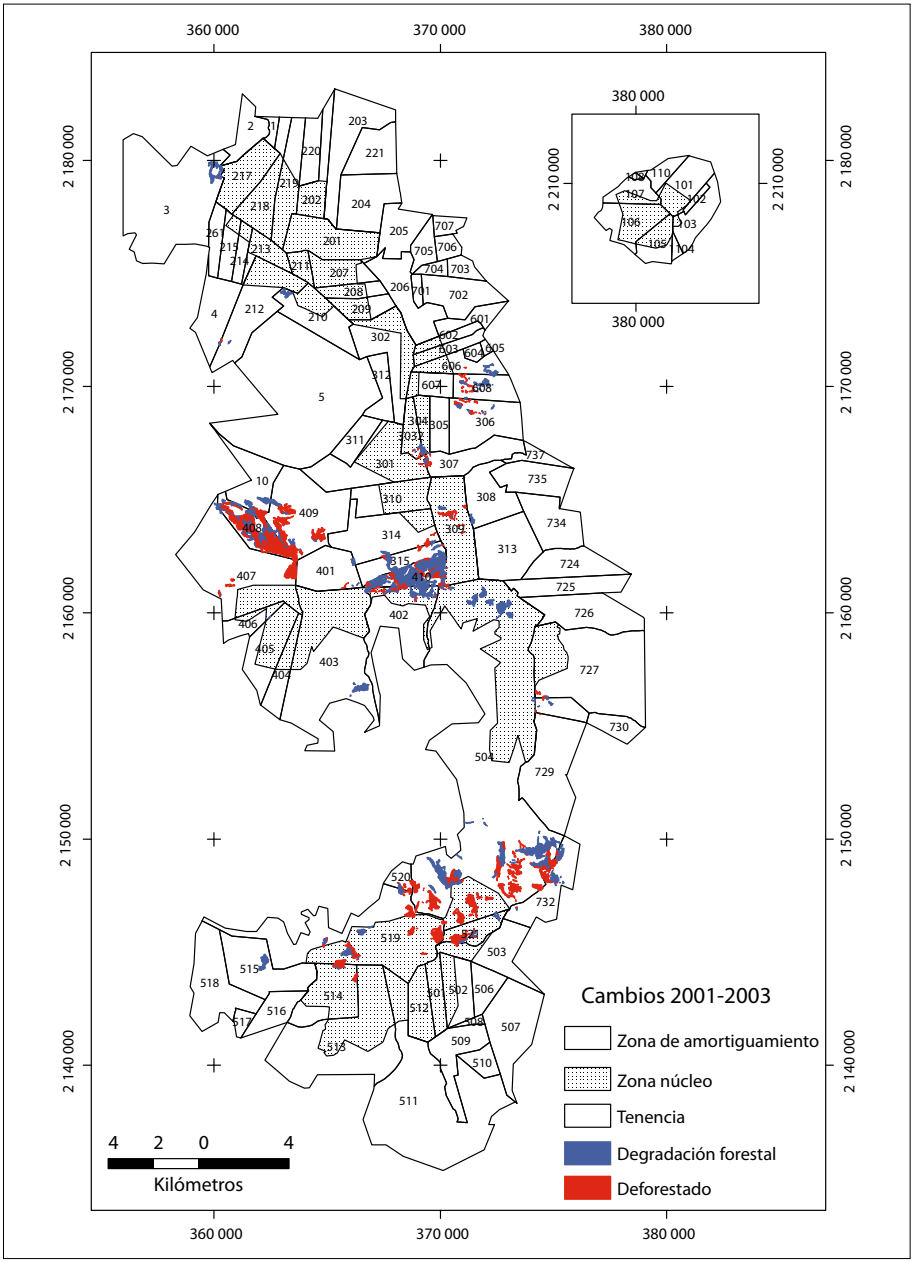


Figura 55. Cambios en la cobertura forestal en el periodo 2001-2003.

En la zona de amortiguamiento la alteración fue menor, con una superficie de 264 ha, de las cuales solo 36 pueden ser consideradas dentro de los aprovechamientos autorizados, las restantes 228 ha son una clara muestra de tala clandestina ya que las coberturas cerradas y semicerradas pasaron a coberturas abiertas y superficies deforestadas en su mayoría (Tabla 10).

Las causas fueron varias, entre ellas la intrusión de bandas organizadas en complicidad con algunos pobladores y aprovechando los conflictos agrarios que había entre las comunidades indígenas y los ejidos del mismo nombre, como son Nicolás Romero, Crescencio Morales y Francisco Serrato, así como el ejido La Mesa y la Propiedad Federal. A todos estos predios se les atribuye el 94% de la tala en zona núcleo entre 2003-2005 (Tabla 11). En el caso de la propiedad Federal, al ser del gobierno y sin vigilancia fue presa fácil de los talamontes (Figura 56). Esto habla de que no solo es necesaria la compra de terrenos por parte del gobierno, sino además que tengan representatividad de las autoridades y programas de vigilancia. Se puede decir que las comunidades indígenas son las que más han afectado sus terrenos.

Estas comunidades han jugado un papel importante en el sentido de que han modificado el estado de conservación de la reserva y se hacía necesaria una concertación para lograr que este proyecto sea socialmente aceptado.

Tabla 10. Cambios de cobertura para el periodo 2003-2005

Cambio de cobertura (ha)		Núcleo	Amortiguamiento	RBMM 2003-2005
Degradación Forestal	Cerrada a Semicerrada	62	3	65
	Cerrada a Semiabierta	69	12	81
	Cerrada a Abierta	32	22	54
	Semicerrada a Semiabierta	39	21	60
	Semicerrada a Abierta	23	14	37
	Semiabierta a Abierta	23	9	32
Deforestación	Cerrada a Deforestado	43	34	77
	Semicerrada a Deforestado	19	43	62
	Semiabierta a Deforestado	62	72	132
	Abierta a Deforestado	94	34	129
Total		466	264	731

Tabla 11. Cambios en zona núcleo por predio

Clave	Zona Núcleo 2003-2005	ha
519	Comunidad indígena Nicolás Romero	138
504	Comunidad indígena Crescencio Morales	122
201	Propiedad Federal	75
402	Comunidad indígena Francisco Serrato	59
309	Ejido La Mesa	46
Seis predios con cambios entre 1 y 9 ha		26
Total		466

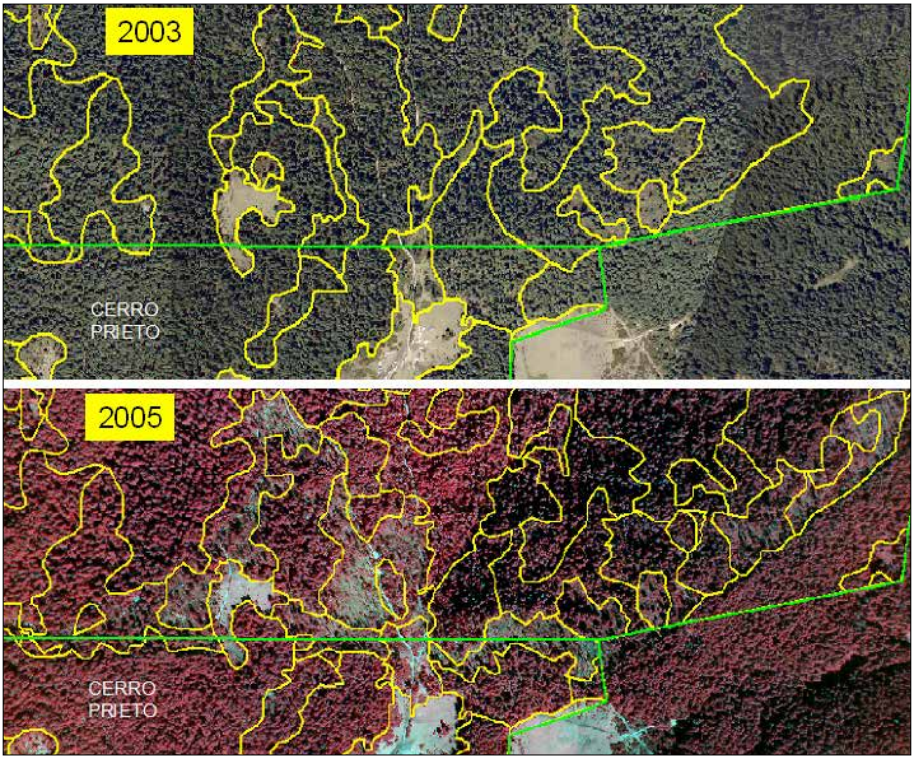


Figura 56. Par fotográfico con cambios en zona Federal, entre una fotografía en color en el 2003 y una infrarroja del 2005.

Por otro lado, en la zona de amortiguamiento se dio en las mismos predios que en zona núcleo, pero se incluye además a los ejidos Francisco Serrato y La Mesa, así como una pequeña propiedad en Senguio, siendo responsables de la alteración del 90% de los cambios, de los cuales solo se pueden justificar 207 ha que podrían ser aprovechamientos autorizados (Tabla 12).

Aquí se aprecia que continúa la alteración por tala clandestina en toda la reserva, siendo pocos los predios que tienen la mayor afectación y que no se han tomado medidas para su reducción y mucho menos programas de restauración.

Un caso especial fue el inicio de la tala en la comunidad indígena de Crescencio Morales, donde en este periodo se inicia a gran escala en bosques cerrados y muy cerca de una colonia de mariposas Monarca de Lomas de Aparicio (Figura 57).

Esta zona se caracteriza por presentar depósitos de pumitas (material piroclástico), muy susceptible a la degradación, cuando es desmontado, debido a su poca cohesión y a su alta capacidad de retención de humedad, con la consiguiente pérdida de suelos que se provocaría por procesos erosivos y la formación de barrancos, como se puede observar a la largo de la carretera de cuota Toluca-Zitácuaro (Figura 58).

Tabla 12. Cambios en zona de amortiguamiento RBMM 2003-2005

Clave	Zona de Amortiguamiento 2003-2005	ha
504	Comunidad indígena Crescencio Morales	148
410	Ejido Francisco Serrato	145
519	Comunidad indígena Nicolás Romero	139
201	Propiedad Federal	75
402	Comunidad Indígena Francisco Serrato	59
309	Ejido La Mesa	46
3	Propiedad Privada	42
315	Ejido El Rosario	22
727	Ejido El Depósito	15
Otros predios con cambios menores a 10 ha		39
Total		731

Figura 57. A la izquierda una porción de zona núcleo de la comunidad indígena de Crescencio Morales en el 2003 y a la derecha en el 2005.

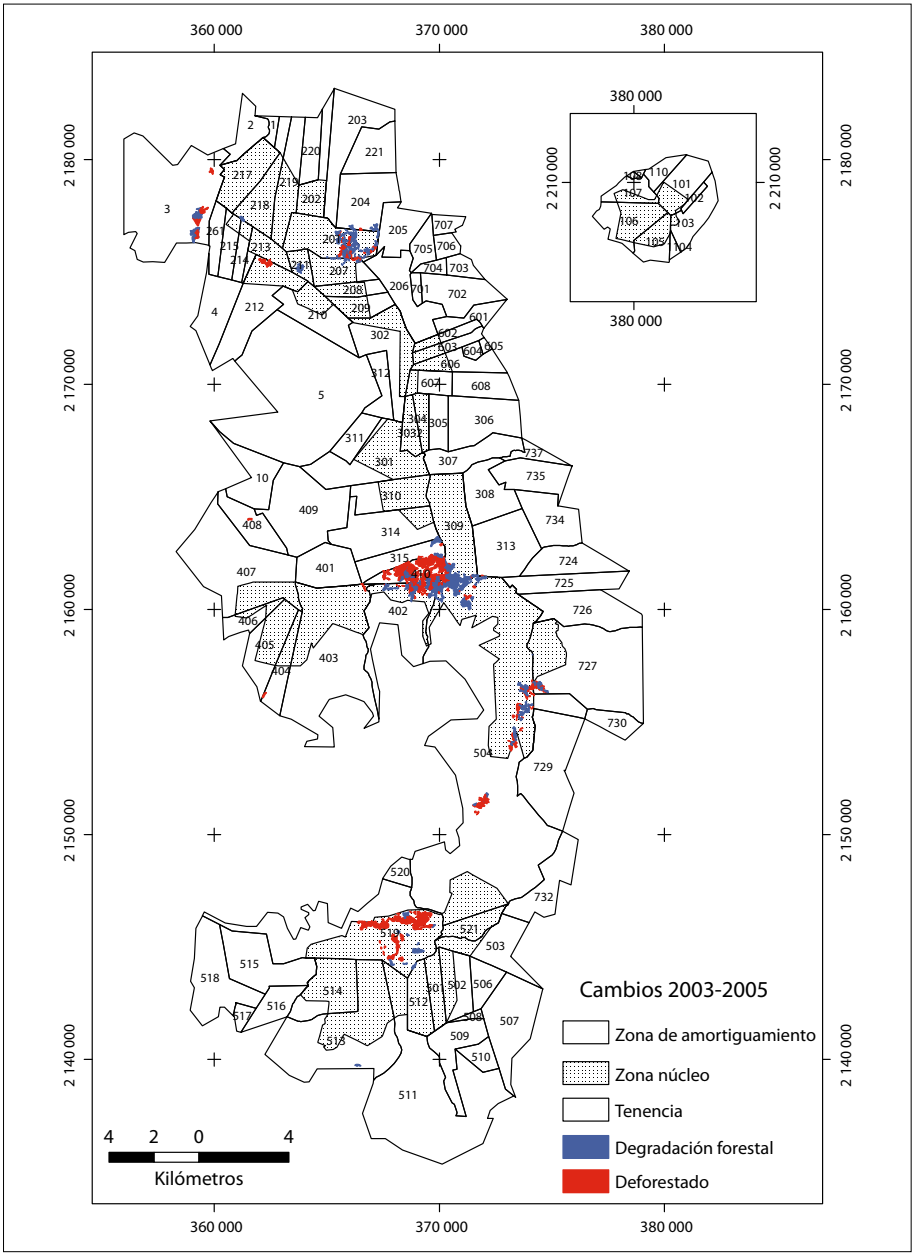


Figura 58. Cambios en la cobertura forestal en el periodo 2003-2005.

Análisis de cambios 2005-2007

Los cambios obtenidos en este periodo bienal fueron de 1 018 ha, distribuidas en 732 ha en zona núcleo y 286 en zona de amortiguamiento, siendo nuevamente la mayor afectación por tala clandestina en la zona núcleo y la más severa desde la ampliación de la reserva (Figura 59).

La degradación forestal fue de 353 ha y la deforestación de 379 ha en zona núcleo, pero cabe aclarar que fueron alterados casi los mismos sitios que en el periodo pasado, o sea una degradación forestal que llevó a la deforestación muchos terrenos forestales. En la zona de amortiguamiento se degradaron 131 ha y 155 fueron deforestadas, por lo que solo 83 pueden ser consideradas dentro del manejo forestal y el resto (203 ha) son consecuencia de la "tala hormiga" y tala clandestina en forma masiva (Tabla 13).

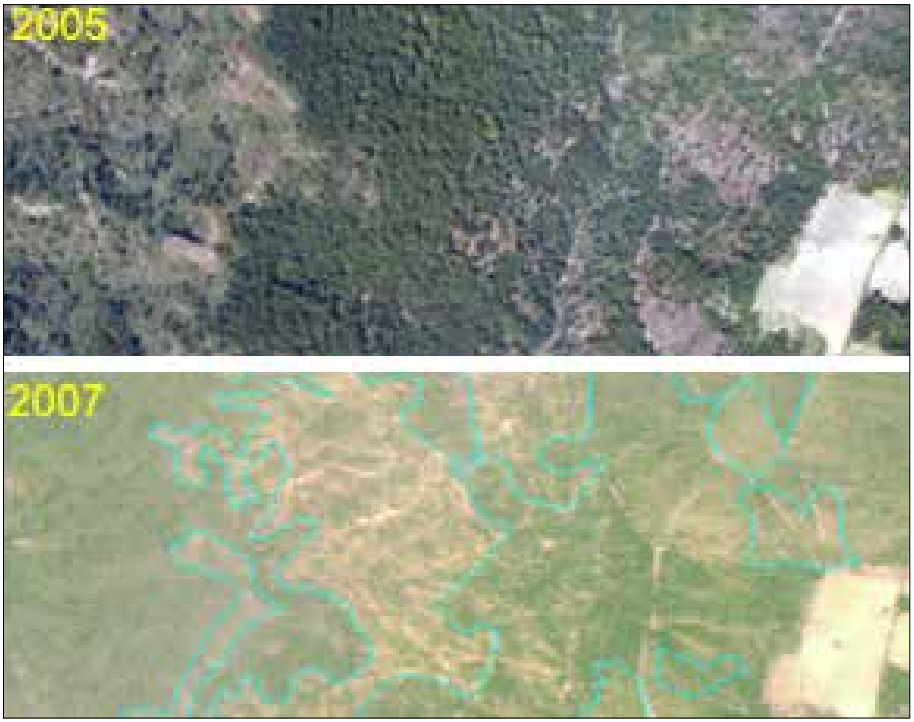


Figura 59. Comparación de una fotografía digital y una imagen SPOT5 en la comunidad indígena de Crescencio Morales entre 2005 y 2007.

Tabla 13. Cambios de cobertura forestal 2005-2007 en la RBMM

Cambio de cobertura (ha)		Núcleo	Amortiguamiento	RBMM 2005-2007
Degradación Forestal	Cerrada a Semicerrada	32	56	88
	Cerrada a Semiabierta	71	10	81
	Cerrada a Abierta	107	20	127
	Semicerrada a Semiabierta	45	17	62
	Semicerrada a Abierta	53	11	64
	Semiabierta a Abierta	45	17	62
Deforestación	Cerrada a Deforestado	153	47	200
	Semicerrada a Deforestado	57	27	84
	Semiabierta a Deforestado	93	23	116
	Abierta a Deforestado	76	58	134
Total		732	286	1 018

Los predios que fueron responsables de la tala clandestina son las comunidades indígenas de Crescencio Morales (Figura 60) y Nicolás Romero con 670 ha afectadas, que equivalen al 91.4 % del total alterado en ese periodo en zona núcleo, en consecuencia y por la cercanía el ejido el Depósito recibió la tala de 19 ha que estaban en colindancia con las zonas de tala clandestina (Tabla 14).

La alteración de este periodo bienal fue el más intenso y centralizado en dos predios, dio como resultado la desaparición de la colonia de mariposas Monarca del santuario Lomas de Aparicio en la comunidad indígena de Crescencio Morales. Es el segundo evento que hace desaparecer a una colonia de mariposas, el primero fue en Chivati-Huacal en 1986.

Para este periodo aumentó la cantidad de superficie alterada pero se redujo el número de predios involucrados, lo que lo hace más dramático debido a la mayor afectación registrada en la RBMM y la consiguiente impunidad de las autoridades en frenar estas actividades que repercuten a escala internacional y hacen ver que el PSA no está funcionando al no propiciar los mecanismos para resolver los conflictos entre comunidades y ejidos. Así como la inclusión de todos los predios de zona núcleo en este programa.

La zona de amortiguamiento tuvo cambios en 286 ha, de los cuales el 87% se dieron en seis propiedades con más de 10 ha, sobresaliendo los ejidos El Depósito y El Paso y la comunidad indígena de Crescencio Morales, quienes tuvieron

Figura 60. Arriba zona núcleo de la comunidad indígena de Crescencio Morales el 2005 y abajo en el 2007.

en este periodo una superficie de cambio de 199 ha, siendo los responsables de estos cambios (Tabla 15).

En el caso del ejido El Paso se trata de un aprovechamiento autorizado y se aprecia que de una cobertura cerrada se transformó a una cobertura semiabierta,

Tabla 14. Cambios en el periodo 2005-2007 en zona núcleo

Clave	Zona Núcleo 2005-2007	ha
504	Comunidad indígena Crescencio Morales	568
519	Comunidad indígena Nicolás Romero	102
727	Ejido El Depósito	19
309	Ejido La Mesa	11
10 predios con cambios entre 1 y 9 ha		32
Total		732

Tabla 15. Cambios en zona de amortiguamiento entre 2005-2007

Clave	Predios con cambios 2005-2007	ha
727	Ejido El Depósito	85
504	Comunidad indígena Crescencio Morales	68
401	Ejido El Paso	46
730	Ejido Villa de Allende	20
3	Propiedad Privada	18
410	Ejido Francisco Serrato	11
Otros predios < 10 ha		38
Total		286

siendo una práctica benéfica para el bosque, siempre y cuando se combina con reforestaciones periódicas (Figura 61).

Algunos de estos predios tenían permisos de aprovechamiento pero es difícil saber cuáles, pero si se sabe que la mayor parte de esta zona fue modificada por tala clandestina al estar en colindancia con terrenos con problemas agrarios (Figura 62).

Los cambios de cobertura en el periodo de 2003-2007 revelan que 1 683 ha fueron alteradas, con cambios de 1 141 ha en zona núcleo y 541 en la zona de amortiguamiento, pero en el primer periodo de 2003-2005 el cambo fue de 730 ha y el segundo periodo de 2005-2007 de 1 018 ha que da un total de 1 748 ha, de las cuales 65 sufrieron cambios reincidentes, por lo que en la mayoría de la superficie de cambio se abrieron zonas nuevas afectando bosques en buen estado de conservación principalmente en la zona núcleo.

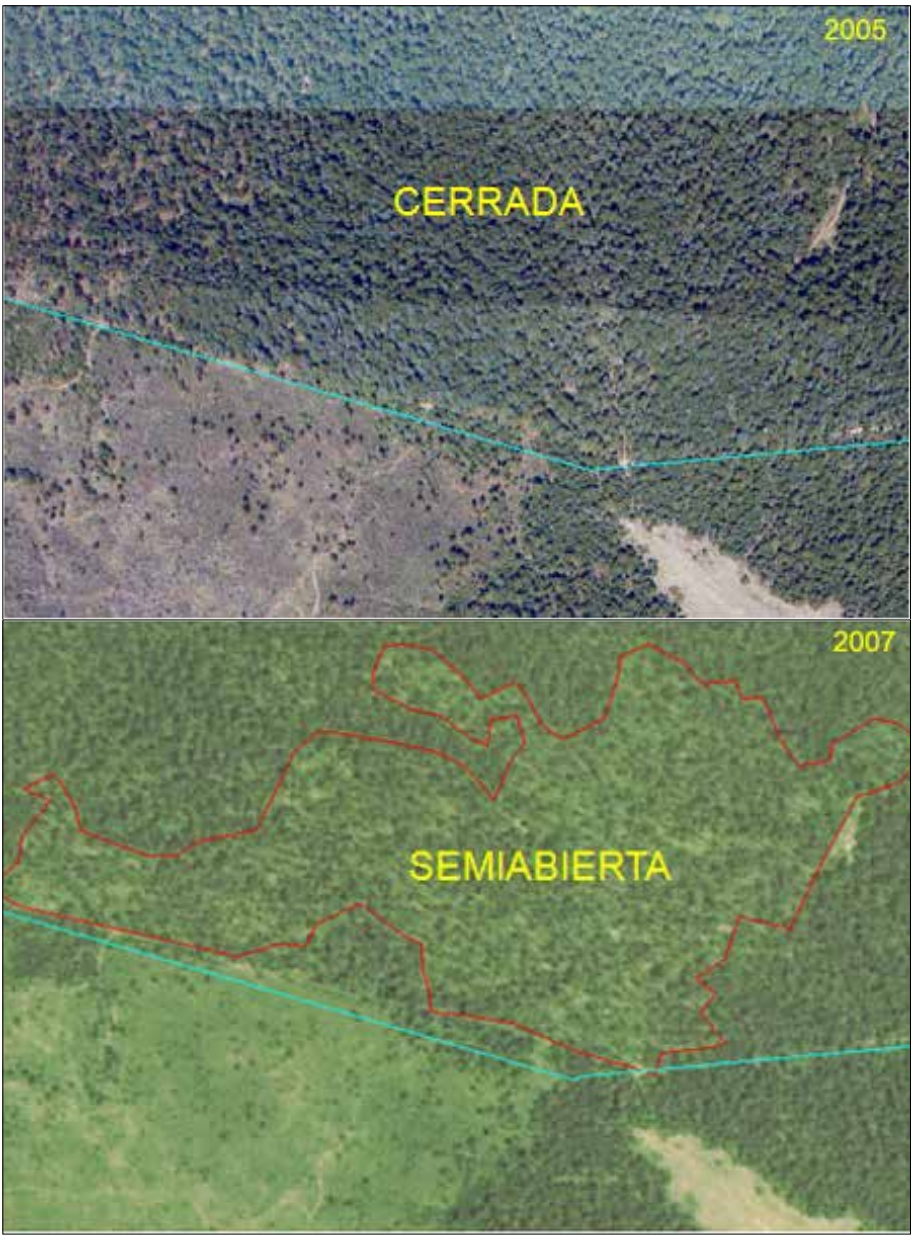


Figura 61. Comparación de una fotografía digital y una imagen SPOT5 en el ejido El Paso de un aprovechamiento autorizado.

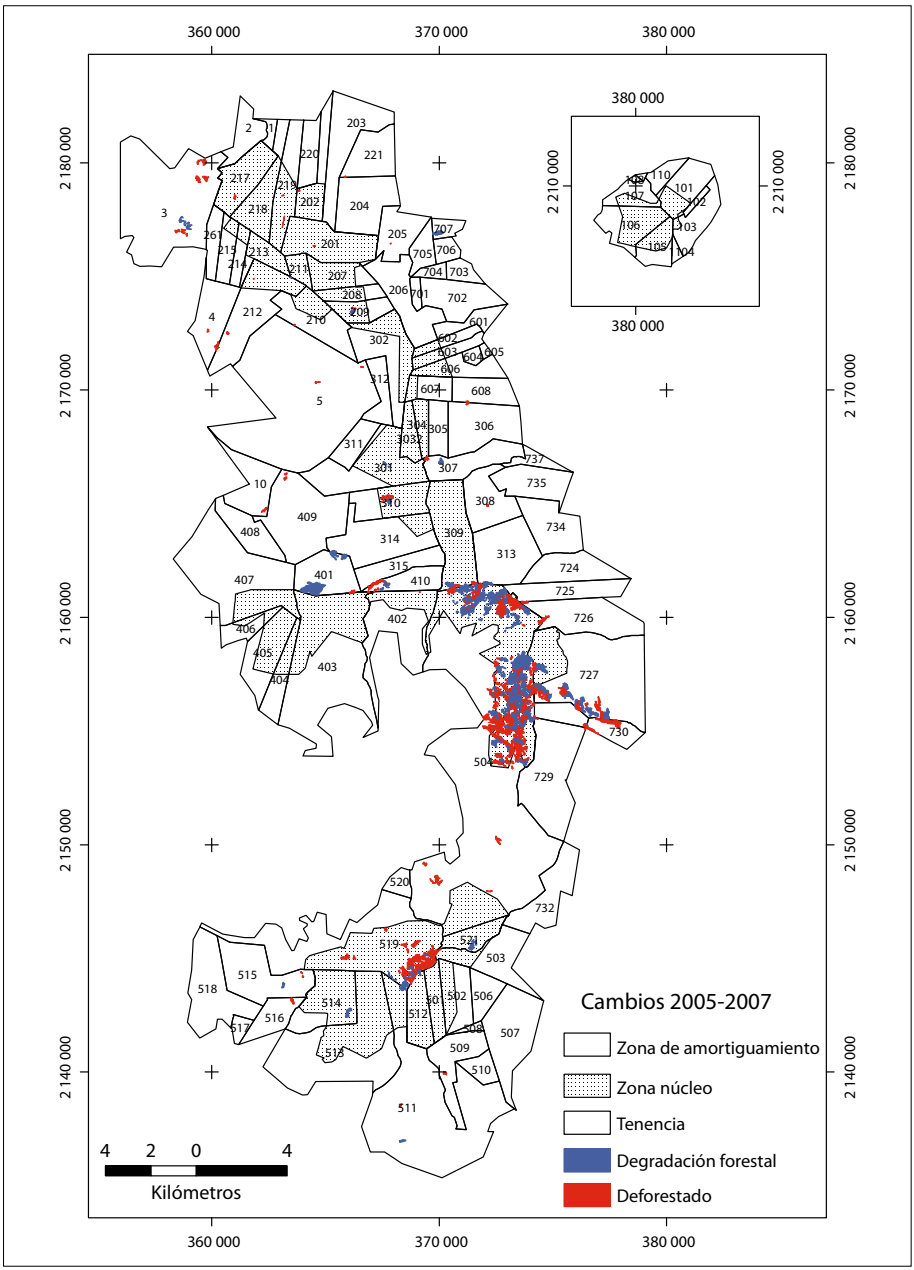


Figura 62. Cambios en la cobertura forestal en el periodo 2005-2007.

En este periodo se redujo la superficie de cambios de 2 411 ha en 1999-2003 a 1 684 en el periodo 2003-2007, siendo los municipios más afectados los del estado de Michoacán con 1 467 ha, a diferencia con el Estado de México que tuvo una superficie de cambio de 217 ha.

El municipio de Zitácuaro es el responsable de 1 203 ha distribuidas en las comunidades indígenas Crescencio Morales, Nicolás Romero, Francisco Serrato y Donaciano Ojeda con una superficie alterada de 2 082 ha y en el ejido Francisco Serrato con 345, lo que representa el 96% del total alterado en el municipio.

Análisis de cambios 2007-2009

Los cambios de cobertura ocurridos en este periodo fueron de 405 ha de las cuales 237 sucedieron en zona núcleo y 167 en amortiguamiento, por lo que continúa siendo la zona núcleo la de mayor afectación en el ANP. Algunos de los cambios en zona de amortiguamiento son por aprovechamientos forestales autorizados y se evidencian porque pasan de coberturas cerradas a semicerradas, pero muchos más son claramente tala clandestina porque pasan de coberturas cerradas a coberturas abiertas.

La degradación forestal fue de 112 ha y la deforestación de 125 ha en zona núcleo, pero cabe aclarar que fueron alterados casi los mismos sitios que en el periodo pasado, o sea una degradación forestal que llevó a la deforestación muchos terrenos forestales (Figura 63).

Aunque se redujo la tala en este periodo respecto a la tasa que se tenían en los periodos anteriores y que iba en constante aumento, se aprecia una disminución considerable y ahora en la zona de amortiguamiento se degradaron 119 ha y 48 fueron deforestadas, por lo que solo 90 ha pueden ser consideradas dentro del manejo forestal y el resto, 77 ha, son consecuencia de la llamada "tala hormiga" y tala clandestina en forma masiva (Tabla 16).

Los cambios de cobertura se dieron principalmente en la comunidad indígena de Crescencio Morales con una afectación de 193 ha, que representa el 82% de los cambios, dejando áreas deforestadas y la desaparición total de la colonia de mariposas Monarca en el Santuario Lomas de Aparicio, que constantemente había sufrido los impactos de la tala.

Tres predios son los responsables de la tala en este periodo con el 98% de los cambios (Tabla 17), por tanto a las comunidades indígenas no se les pagó por servicios de conservación y por otro lado el ejido La Mesa no estaba dentro del programa de pago por servicios ambientales.

Figura 63. Comparación de una imagen SPOT5 y una fotografía digital en la comunidad indígena de Crescencio Morales entre 2007 y 2009.

Tabla 16. Cambios de cobertura en la RBMM 2007-2009

Cambio de cobertura (ha)		Núcleo	Amortiguamiento	RBMM 2007-2009
Degradación Forestal	Cerrada a Semicerrada	18	44	62
	Cerrada a Semiabierta	25	19	44
	Cerrada a Abierta	22	25	47
	Semicerrada a Semiabierta	15	17	32
	Semicerrada a Abierta	11	4	15
	Semiabierta a Abierta	21	10	31
Deforestación	Cerrada a Deforestado	32	7	39
	Semicerrada a Deforestado	17	16	33
	Semiabierta a Deforestado	40	16	56
	Abierta a Deforestado	36	9	45
Total		237	167	404

Tabla 17. Cambios en la zona núcleo 2007-2009

Clave	Cambios en zona Núcleo 07-09	ha
504	Comunidad indígena Crescencio Morales	193
309	Ejido La Mesa	21
519	Comunidad indígena Nicolás Romero	18
Otros predios < 3 ha		5
Total		237

En la zona de amortiguamiento los cambios fueron del orden de 167 ha distribuidas principalmente en seis predios con superficies entre 10 y 36 ha (Tabla 18). Muchos de ellos por verificación de campo se constataron que se trataba de manejo forestal dentro de los aprovechamientos autorizados, como es el caso del ejido El Paso en zona de amortiguamiento (Figura 64).

En cambio en zona de amortiguamiento se redujo considerablemente la tala y en muchos de los predios los cambios fueron debidos al manejo forestal dentro de las autorizaciones oficiales. En este periodo se aprecia una disminución considerable respecto al periodo anterior, de 1 018 ha de cambio a 404, reduciéndose en un 60.3% la alteración en toda la reserva. En lo que respecta a la zona núcleo

Tabla 18. Cambios en zona de amortiguamiento entre 2007-2009

Clave	Cambios en zona de amortiguamiento	ha
313	Ejido San Joaquín Lamillas	36
401	Ejido El Paso	34
511	Comunidad indígena San Juan Xoconusco	22
10	Ejido Ocampo	16
315	Ejido El Rosario	14
504	Comunidad indígena Crescencio Morales	10
Otros predios < 10 ha		35
Total		167

se redujo en un 67.6% y en amortiguamiento en un 41.6%, lo que parecería que surte efecto los programas que se llevan a cabo en la reserva y los incentivos económicos para la conservación (Figura 65).

Análisis de cambios 2009-2011

En este último periodo de análisis es notorio el decremento de los cambios de cobertura forestal, los cuales se concentraron principalmente en la porción norte de la RBMM. Febrero de 2010 fue un año atípico con lluvias invernales que provocaron una serie de flujos de lodo y deslizamientos de tierra en el centro del país, en los estados de México y Michoacán; algunos de ellos afectaron a los pueblos de Angangueo y Ocampo, ubicados en el estado de Michoacán a 2 600 m de altitud. Son los principales centros de recepción turística (Santuario El Rosario) durante el periodo de hibernación (noviembre a marzo) de la mariposa Monarca. En esta zona se produjeron deslizamientos en forma de flujos durante la primera semana de febrero de 2010, que después de cinco días de lluvias con fuertes vientos y un día después de que se presentara una precipitación de granizo, provocadas por el frente frío número 29. El pueblo de Angangueo recibió varios flujos provenientes de los diferentes afluentes del río principal, arrastrando troncos, piedras y lodo, en su trayecto sufrió represamientos en varios sitios, que al liberarse tomó más fuerza y carga, esto afectó a una buena parte del pueblo, dejando unos 30 muertos y otro tanto de desaparecidos.

En la RBMM los cambios fueron de 340 ha, de las cuales 117 se dieron en zona núcleo y 223 en zona de amortiguamiento (Tabla 16), pero de todos estos

Figura 64. Aprovechamiento forestal imagen SPOT5 de 2007 y fotografía aérea digital de 2009 en el ejido El Paso.

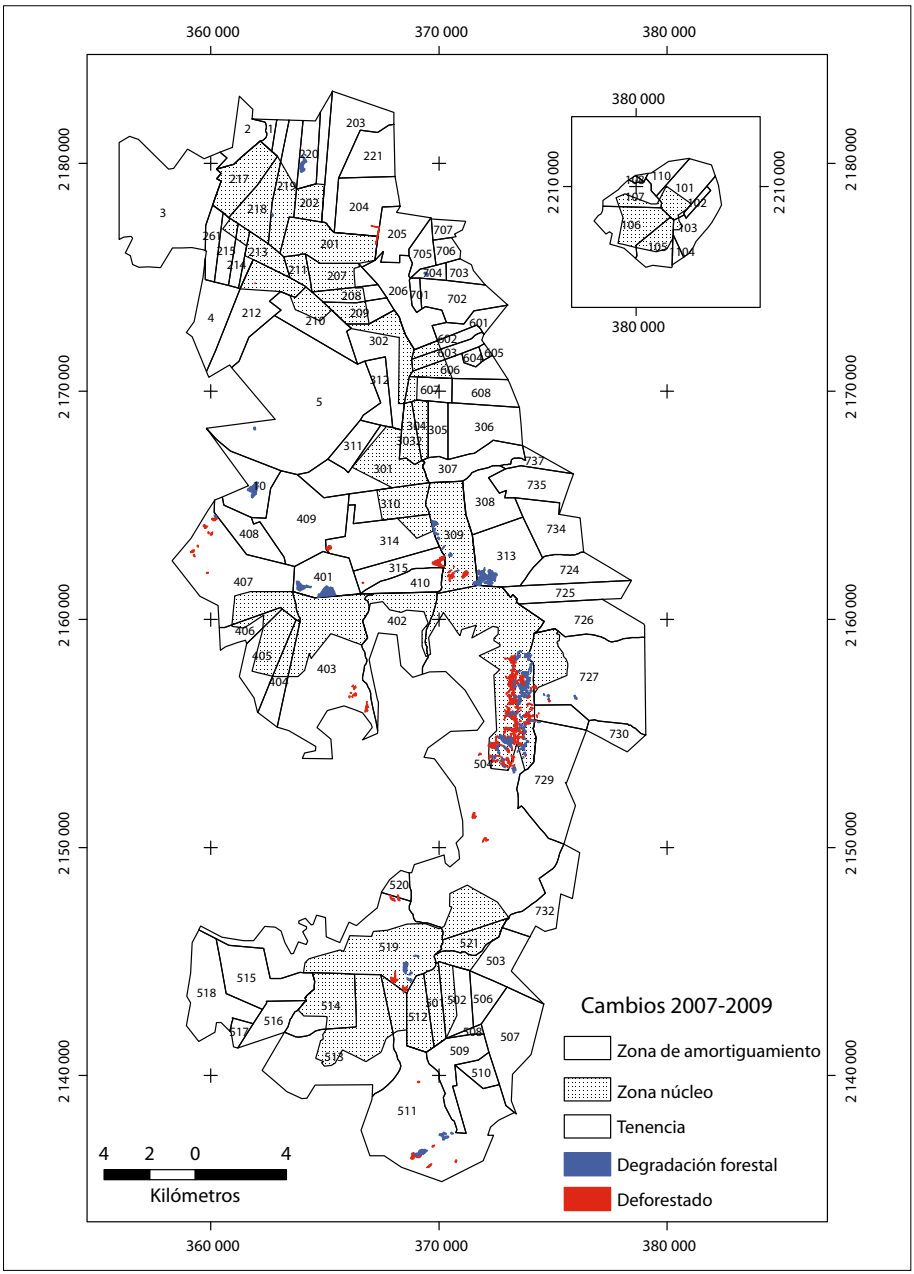


Figura 65. Cambios en la cobertura forestal en el periodo 2007-2009.

cambios, el 50% fue causado por los fuertes vientos que derribaron árboles en una superficie de 171 ha, el 27% por flujos de lodo confinados a causes de las corrientes fluviales, un 20% debido a la tala y 12 ha (1.9%) por incendios. Los cambios debidos al manejo forestal dentro del programa de aprovechamientos autorizados para limpieza de árboles caídos o por saneamiento forestal en la RBMM fueron de 43 ha, en 2009-2010 y de 23 en 2010-2011 y 2.68 ha por sequía en 2011 en zona núcleo.

La mayor afectación a la vegetación fue dada por los fuertes vientos registrados a principios de 2010 y que originó la caída de gran cantidad de arbolado, muchos de ellos de gran altura como es el caso del ejido Remedios (Figura 66), donde el diámetro promedio fue de 0.49 m y con altura promedio de 30 m, donde se derribaron unos 350 árboles, de los cuales algunos llegaban a medir hasta 44 m de largo.

Figura 66. Caída de árboles por los fuertes vientos en el ejido Los Remedios. Arriba a la izquierda de 2009 y a la derecha de 2010, Abajo ampliación del área afectada.

La afectación se dio principalmente en las coberturas cerradas y semicerradas, que en la mayoría de los casos llegó a deforestado (Tabla 19). El 74% de los cambios llevó a los bosques en las zonas afectadas a coberturas menores del 25%, lo que incluye a las coberturas abiertas y superficies deforestadas (< 10%, según la FAO).

Los flujos de tierra ocuparon el segundo lugar en afectación y estuvieron confinados a los cauces fluviales (Figura 67), se modificó su ancho, ampliando la zona sin vegetación, al sufrir una destrucción a todo lo largo del cauce, dejando algunas laderas inestables, así como los caminos que fueron afectados.

Para la evaluación 2010-2011 los cambios fueron mínimos y muchos de ellos se debieron a problemas de sequía, que se manifestó en la muerte del arbolado de las partes altas con sustrato rocoso, que impedía la retención de humedad y bajo el régimen de lluvias de este año no había suficiente recarga de acuíferos. En muchas zonas se manifestó por manchones de vegetación seca por efecto de la sequía, acompañada de árboles en estrés hídrico, con coloraciones más claras (Figura 68).

En zona núcleo cambió, 732 ha alteradas en el periodo anterior de 2007-2009 a 340 ha en este periodo, de las cuales 112 fueron por fenómenos naturales; la deforestación se redujo de 379 ha en el periodo 2007-2009 en zona núcleo a 187 ha en este periodo, pero con la diferencia de que 61 ha fueron defores-

Tabla 19. Cambios de cobertura forestal 2009-2011

Cambio de cobertura (ha)		Núcleo	Amortiguamiento	RBMM 2009-2011
Degradación Forestal	Cerrada a Semicerrada	5	2	7
	Cerrada a Semiabierta	8	29	37
	Cerrada a Abierta	6	8	14
	Semicerrada a Semiabierta	17	13	30
	Semicerrada a Abierta	12	53	65
	Semiabierta a Abierta	6	16	22
Deforestación	Cerrada a Deforestado	21	16	38
	Semicerrada a Deforestado	14	57	71
	Semiabierta a Deforestado	23	20	43
	Abierta a Deforestado	4	10	14
Total		117	223	340

Figura 67. Flujos de lodo y escombros confinados a los cauces naturales. Arriba a la izquierda foto de 2009, a la derecha foto 2010 y abajo ampliación de los flujos.

tadas por causas naturales, destacando cambios importantes entre 2009-2010 por fenómenos meteorológicos extraordinarios, lo que dio lugar a flujos de lodo confinados a cauces naturales, acompañados de fuertes vientos que causaron la caída de árboles en varios sectores de la reserva. Para el siguiente año de análisis de 2010-2011, las condiciones fueron de sequía extrema, motivando que en las partes montañosas y rocosas las masas de bosque se secaran, así como cambios en la coloración de la vegetación debidas a estrés hídrico (Figura 69).

Análisis de cambios totales 1999-2011

Los cambios dentro de la RBMM fueron de 4 460 ha, de las cuales 810 están en el Estado de México y 3 650 en Michoacán. Los municipios más afectados son

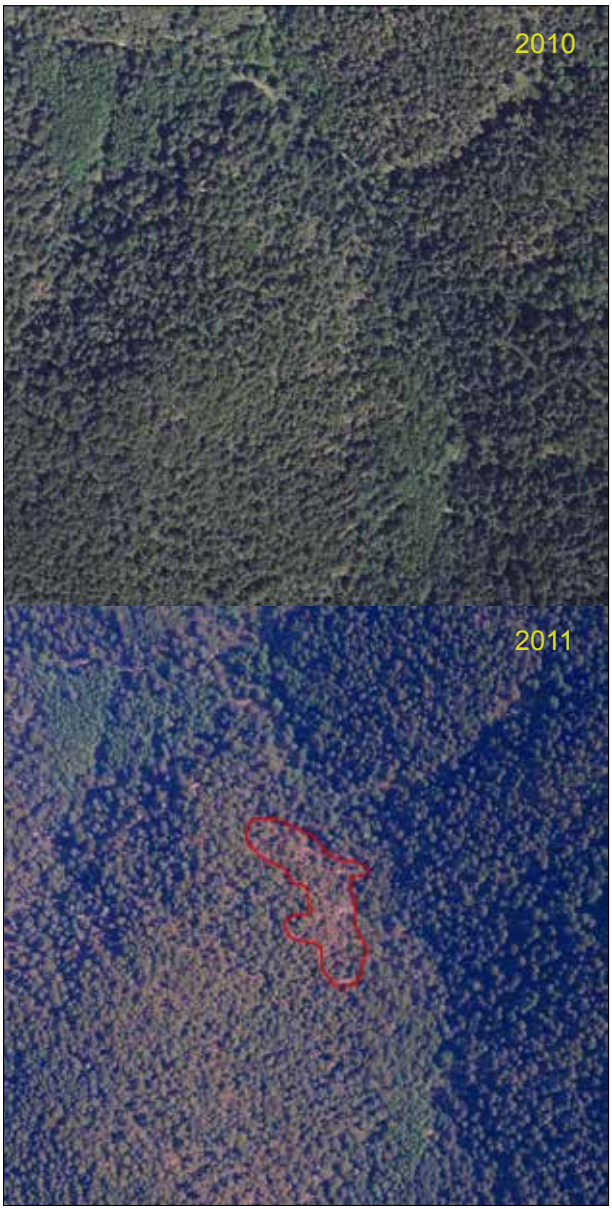


Figura 68. Efecto de la sequía en el ejido Senguio; arriba foto de 2010 y abajo foto de 2011.

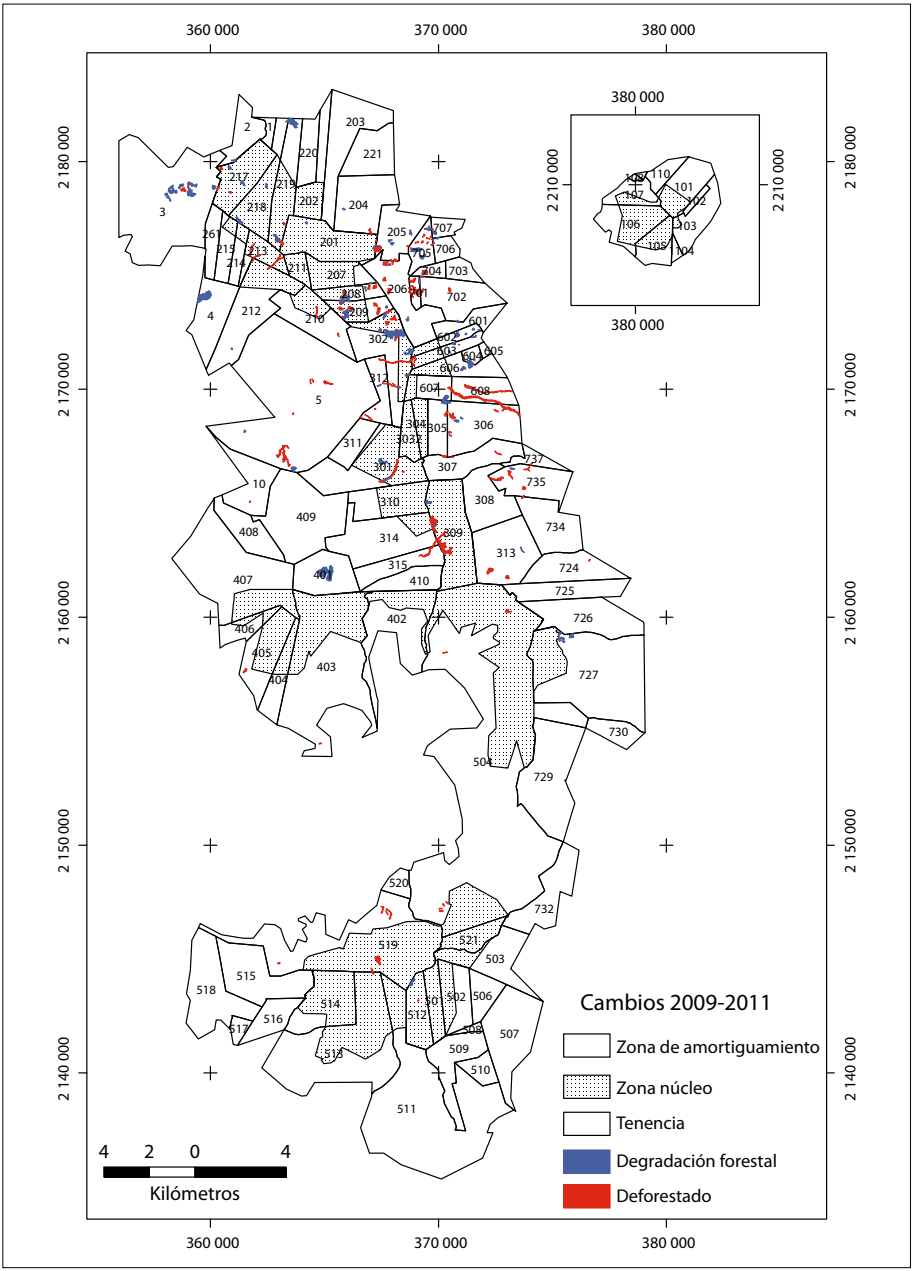


Figura 69. Cambios de cobertura 2009-2011 en la RBMM.

Zitácuaro y Ocampo en Michoacán y San José del Rincón en el Estado de México, cubriendo el 87.9% de los cambios (Tabla 20), por lo que en estos municipios se debería prestar más atención para evitar que continúen esta tala clandestina en la región.

Las comunidades indígenas tuvieron una afectación de 2 302 ha, de éstas casi su totalidad pertenecen a Michoacán (2 268 ha) y solo 33 ha al Estado de México, en comparación con los ejidos que tuvieron una alteración de sus bosques en 1 743 ha, de las cuales 1 188 pertenecen a Michoacán y 555 al Estado de México.

En este periodo de doce años se aprecia que la mayoría de los cambios se dio en zona núcleo con 2 535 ha y de éstos 1 338 ha terminaron en deforestación y 1 198 en degradación forestal, por otro lado, la deforestación en zona de amortiguamiento fue de 2 498 ha y de éstas, 1 961 fueron por degradación forestal, que podría estar justificado dentro de los aprovechamientos autorizados, pero hay 372 ha que fueron degradadas al máximo o pasaron a ampliar las zonas deforestadas y por tanto se le considera como tala clandestina, ya sea en grandes extensiones o la llamada "tala hormiga" (Tabla 21).

Los cambios evaluados en este periodo de 1999 a 2011 en zona núcleo son 1 882 ha de bosques conservados que pasaron a 1 224 ha de bosques alterados y 658 a bosques degradados. Por otro lado, de bosques semialterados con una superficie de 653 ha, pasaron 141 ha a degradación forestal y 512 se convirtieron en áreas deforestadas. En este periodo se afectaron 1 097 ha de coberturas cerradas y se deforestaron 1 338, las coberturas semiabiertas se mantuvieron estables (Figura 70).

Tabla 20. Cambios por municipio y estado en la RBMM

Estados	Municipios	ha
Estado de México 810 ha	San José del Rincón	583
	Villa de Allende	192
	Donato Guerra	35
Michoacán 3 650 ha	Zitácuaro	2 428
	Ocampo	908
	Angangueo	160
	Senguio	154
Total		4 460

Tabla 21. Cambios de cobertura 1999-2011 en la RBMM

Cambio de Cobertura (ha)		Núcleo	Amortiguamiento	RBMM 1999-2011
Degradación forestal	Cerrada-Semicerrada	224	109	333
	Cerrada-Semiabierta	206	174	380
	Cerrada-Abierta	188	206	394
	Semicerrada-Semiabierta	227	108	336
	Semicerrada-Abierta	211	84	295
	Semiabierta-Abierta	141	82	223
Deforestación	Cerrada-Deforestado	478	455	933
	Semicerrada-Deforestado	347	151	498
	Semiabierta-Deforestado	292	288	580
	Abierta-Deforestado	220	267	487
Total		2 535	1 924	4 460

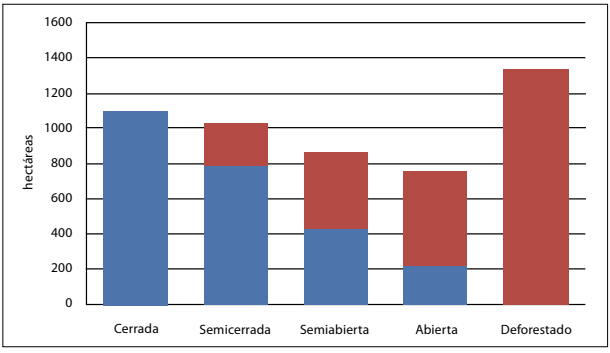


Figura 70. Cambios de cobertura forestal en zona núcleo entre 1999 y 2011.

Los predios que sufrieron más afectación son Crescencio Morales con una alteración de 1 532 ha, de las cuales 843 ha estaban en zona núcleo y 619 en amortiguamiento. Cabe aclarar que la comunidad indígena de Crescencio Morales es el predio de mayor superficie, 6 175 ha, de las cuales el 25% de su superficie sufrió algún tipo de cambio y 81.26% (1 245 ha) pasaron a coberturas abiertas (376 ha) y deforestado (868 ha). De estos cambios registrados en este predio 679 ha se dieron en zona núcleo y pasaron a coberturas abiertas y a deforestado.

A nivel de toda la reserva se tiene que 2 044 ha de coberturas cerradas y 1 129 de coberturas semicerradas cambiaron su categoría por una más baja,

por otro lado las coberturas abiertas pasaron de 486 a 910 ha y las superficies deforestadas aumentaron en 2 500 ha (Figura 71).

De acuerdo con esta perspectiva se puede apreciar una panorámica de la reserva (Figura 72), en la parte baja la zona de mayor afectación en la comunidad

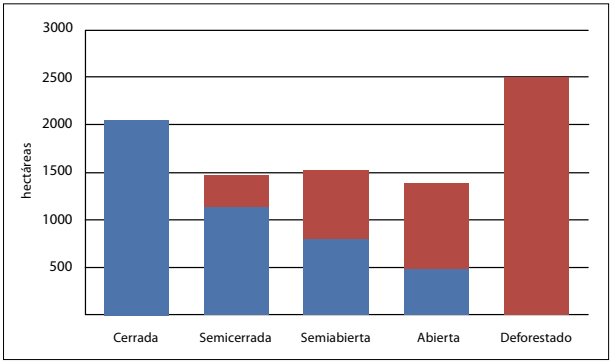


Figura 71. Cambios de cobertura forestal en la RBMM entre 1999 y 2011.

Figura 72. Fotografía oblicua de la fracción norte de la RBMM, tomada desde avión al realizar el levantamiento aéreo en 2008 (fotografía: Armando Peralta).

indígena de Crescencio Morales, totalmente deforestada y hacia el norte las zonas montañosas de Chivati-Huacal, Sierra Campanario y Sierra Chincua.

Hay 16 predios con alteración de sus bosques con más de 50 ha en zona de amortiguamiento con una superficie de 2 110 ha, de las cuales 1 785 se dieron en zona núcleo. En general en la RBMM los cambios de cobertura forestal con superficie mayores a 100 ha que cubren una superficie de 3 398 ha, de las cuales 1 468 están en zona núcleo y 1 928 en amortiguamiento. Con superficies entre 10 y 100 ha hubo 26 predios con una superficie total de 920 ha y por último con menos de 10 ha con 33 predios y 142 ha (Tabla 22).

Tabla 22. Degradación de los bosques y la deforestación en predios que no estaban en el pago por servicios ambientales o donde había conflictos agrarios

Predio	Tenencia de la tierra	RBMM (ha)	Superficie de cambio 1999-2011 (ha)		
			Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Total
Propiedad Federal	Propiedad Federal	599	78	0	78
Francisco Serrato	Comunidad indígena	836	94	0	94
	Ejido	266	0	245	245
Crescencio Morales	Comunidad indígena	4 450	260	57	317
	Ejido	1 725	583	632	1 215
Nicolás Romero	Comunidad indígena	1 894	337	47	384
	Ejido	592	16	0	16
San Cristóbal	Comunidad indígena	1 473	54	58	113
Donaciano Ojeda	Comunidad indígena	1 983	53	19	72
La Mesa	Ejido	727	157	7	164
El Rosario	Ejido	846	47	123	170
Litigio		388	104	0	104
Subtotal		15 779	1 783	1 034	2 818
Otras propiedades con cambio		40 480	141	1 501	1 642
Total		56 259	1 924	2 535	4 460

Se degradó o deforestó el 9.73% de los predios de la reserva, siendo los más afectados en su superficie: Francisco Serrato con el 92%, Emiliano Zapata con 64% y Concepción del Monte con 51%. La RBMM presenta un panorama desalentador con la magnitud de cambios negativos que se han dado en los últimos 12 años desde que se propuso su ampliación (Figura 73).

La degradación forestal y deforestación que ha sufrido la RBMM un año antes de decretarse la ampliación, pero ya con la gestión ante los ejidatarios y con cierta oposición a la afectación de los terrenos de sus predios, hubo una respuesta inmediata de rechazo y se manifiesta en la secuencia de cambios entre 1999 y 2011, lo que hace ver como un cambio fuerte para luego disminuir y representar una gran alteración en la reserva.

Predios que han sufrido las mayores cambios en la cobertura forestal en la zona núcleo de la RBMM

Propiedad Federal

Este predio tiene una superficie de 599 ha en el municipio de Angangueo, Michoacán, pertenece a la federación, pero no hay una manejo ni tampoco hay presencia de las autoridades que puedan proteger de la extracción de madera. La degradación forestal que sufrió se presentó durante 2003-2005 (febrero de 2004) con la incursión de bandas organizadas de taladores. Esta alteración se debió a que no hay una figura que proteja esta área y por tanto es presa de actividades ilícitas, lo que ha repercutido en la afectación de plagas y enfermedades, cubriendo amplias extensiones en esta zona. La afectación fue de 78 ha de bosques en su mayoría conservados, lo que representa el 13% de la superficie de este predio (Figura 74).

Ejidos Francisco Serrato y La Mesa

Esta comunidad indígena pertenece al municipio de Zitácuaro, Michoacán, posee una superficie de 836 ha, colindando con el ejido La Mesa, que se ubica en el municipio de San José del Rincón, Estado de México, ostenta una superficie de 727 ha. La degradación en estos predios se presentó entre 2003 y 2006. La superficie afectada fue de 95 ha y en el ejido la Mesa de 157 ha, ambas en zona núcleo. Con base en las denuncias de las autoridades de ambos predios se pudo establecer que la tala clandestina fue la causa de la degradación forestal. Cabe destacar que en la zona de amortiguamiento y debido al mismo efecto el ejido Francisco Serrato prácticamente fue deforestado. Con una superficie afectada de

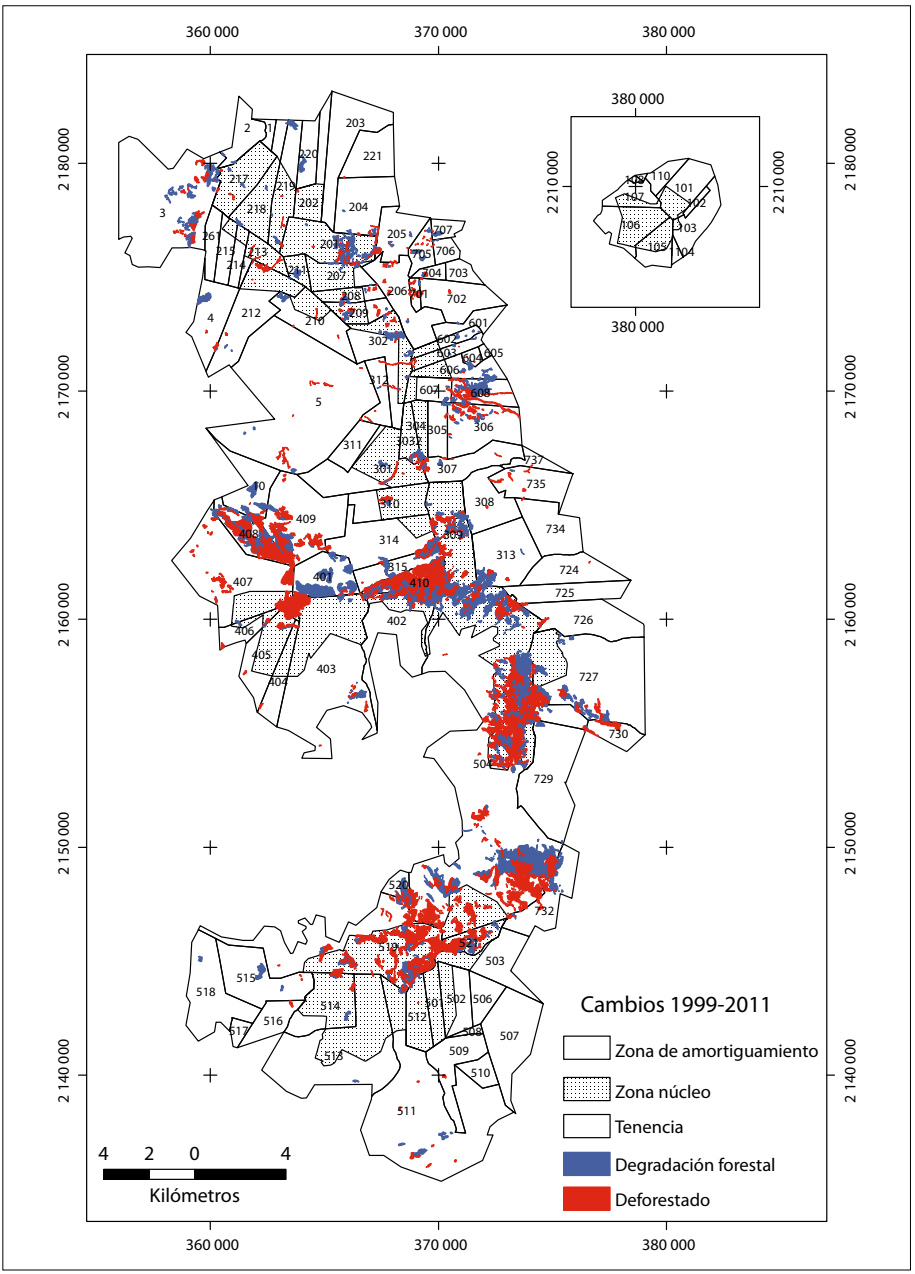


Figura 73. Cambios en la cobertura forestal en el periodo 1999-2011.

Figura 74. Cambios en la Propiedad Federal entre 2003-2005.

245 ha (92%), de las 266 ha que tiene el ejido, de las cuales 134 fueron deforestadas y 111 sufrieron degradación forestal (Figura 75).

Comunidad indígena Crescencio Morales

Esta comunidad se ubica en el municipio de Zitácuaro, Michoacán, con una superficie de 6 175 ha, siendo el predio de mayor extensión en la RBMM, con el 10.98%, en el 2009 sufrió una división social que culminó con la creación

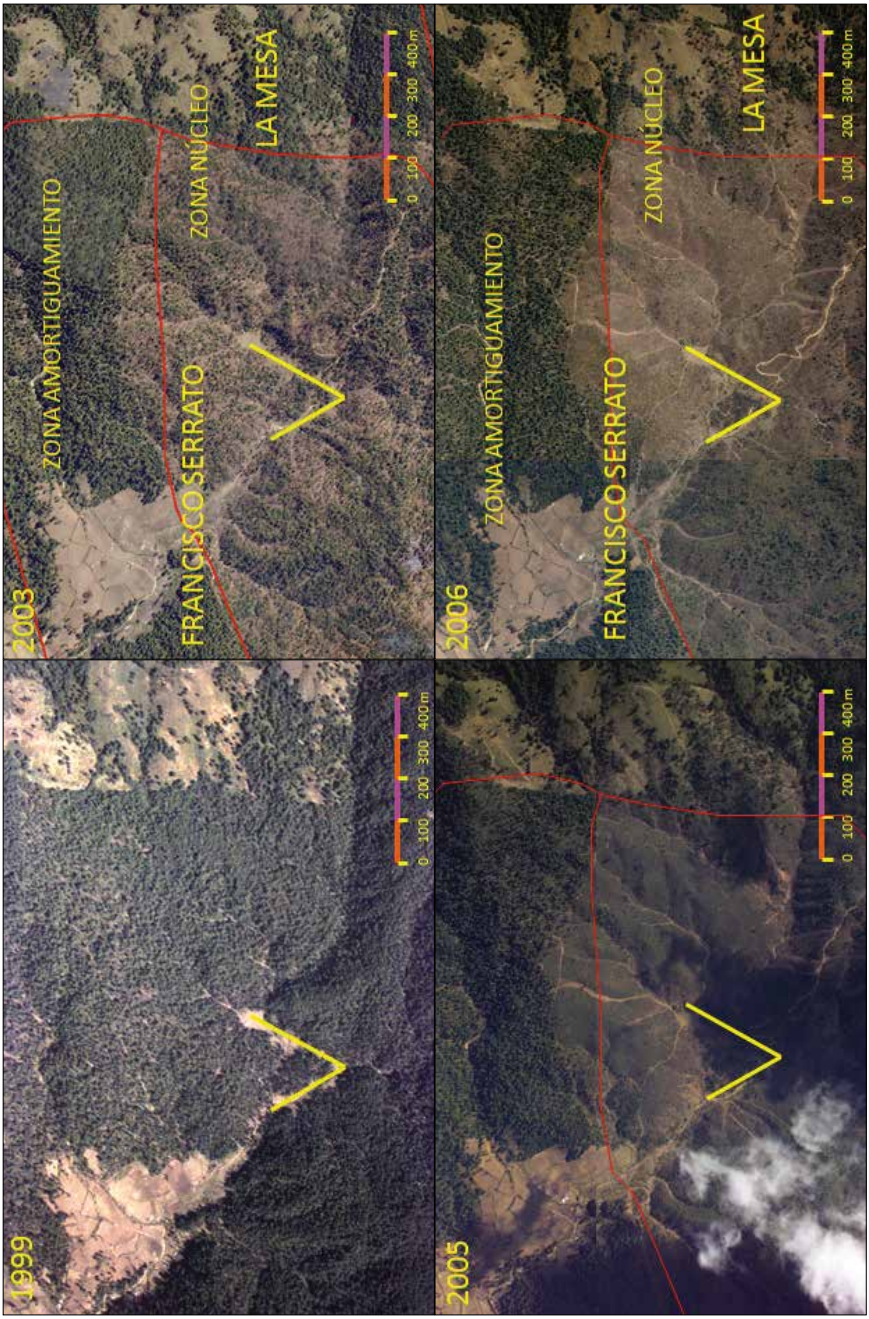


Figura 75. Cambios en el ejido Francisco Serrato.

del ejido Crescencio Morales, quedando la comunidad indígena con 4 450 ha y el ejido se funda con una superficie de 1 725 ha.

La degradación se presentó durante 2003-2005, 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008. Durante 2001-2003 la tala clandestina fue la causa de la degradación de 843 ha en zona núcleo, de las cuales 260 eran de la comunidad indígena de Crescencio Morales y 583 del ejido de Crescencio Morales. Esta pugna social por los terrenos en disputa y siendo un ejido con una población de 1 925 habitantes, lo cual dio como resultado la degradación de los bosques y deforestación, debido a que ambos grupos agrarios trataron de obtener beneficios rápidos de la propiedad en disputa, para lo cual talaron 1 532 ha, de las cuales 843 estaban en zona núcleo. Se aprecia claramente que la creación del ejido de Crescencio Morales originó la degradación y deforestación de 1 215 ha de los terrenos que ellos reclamaban, de los cuales 583 estaban en zona núcleo y 632 en zona de amortiguamiento (Figura 76).

Comunidad indígena Nicolás Romero y el ejido Nicolás Romero

Esta comunidad se ubica en el municipio de Zitácuaro, Michoacán. La degradación forestal y posterior deforestación se inició durante 2003-2005, fue muy intensa entre 2005-2007 y devastadora de 2007-2009, afectando grandes extensiones (Figura 77).

Al igual que en la comunidad y ejido de Crescencio Morales, hay un problema social en los predios de Nicolás Romero, donde no hay una definición física de los límites de las propiedades de éstos, siendo considerado como propiedad de ambos grupos agrarios, lo que estableció una pugna por el recurso forestal. La afectación en la comunidad indígena fue principalmente en zona núcleo, donde se talaron 337 ha de bosques conservados y 47 ha en zona de amortiguamiento. La afectación por tala fue mucho menor en el ejido Nicolás Romero, siendo de 16 ha.

Comunidad indígena de San Cristóbal

Esta comunidad tiene 1 473 ha dentro de la reserva e históricamente han talado sus bosques por conflictos internos, pero en 1986 talaron extensas superficies en los cerros de Chivati-Huacal, al conocer que se había decretado como REBMM, y más recientemente talaron y quemaron sus bosques, por disputas entre comuneros. Actualmente son zonas que han sido reforestadas y con recuperación natural (Figura 78). Esta comunidad alteró 113 ha de bosque que se estaban recuperando de la deforestación realizada en 1986, de éstas 54 ha son de zona núcleo y nuevamente vuelve a ser talada por conflictos internos. De esta afectación la comunidad

Figura 76. Cambios en la comunidad indígena de Crescencio Morales.

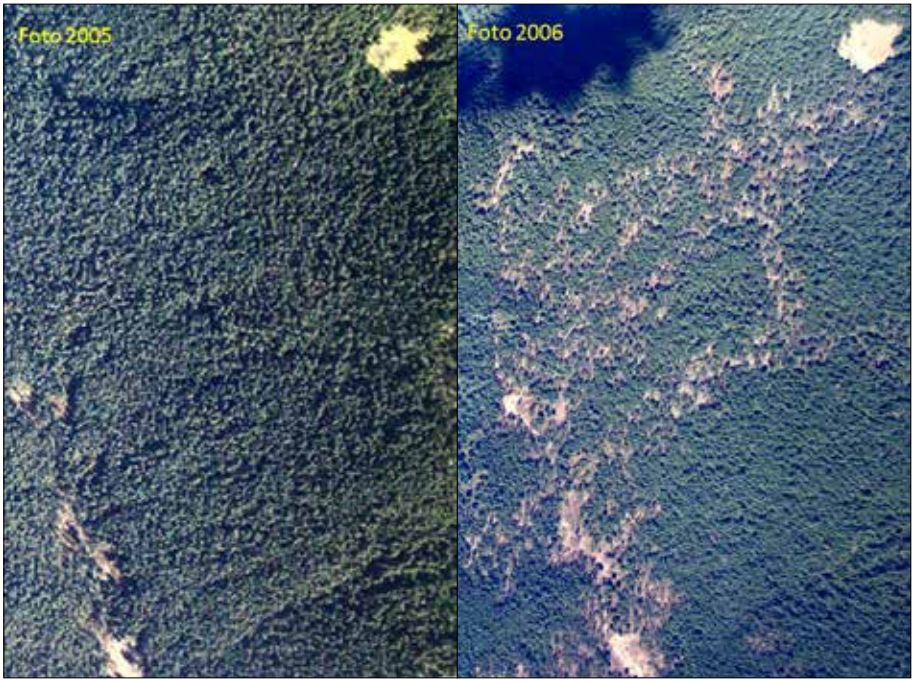


Figura 77. Cambios en la comunidad indígena de Nicolás Romero.

decidió lotificar los predios entre los comuneros buscando de esta manera que cada quien proteja una parte de bosque y con el tiempo puedan tener beneficios de este terreno, esto último en zona de amortiguamiento.

Comunidad indígena de Donaciano Ojeda

Esta comunidad también ha sufrido el impacto de la degradación forestal y deforestación, dentro de la reserva se afectaron 72 ha, siendo 53 dentro de zona núcleo, en colindancia con la comunidad de San Cristóbal. Pero actualmente se ha revertido el proceso con base en vigilancia y reforestaciones periódicas.

Ejido El Rosario

Este ejido sufrió alteración de 47 ha de zona núcleo por diversos motivos, entre ellos la tala hormiga. Esta zona se vio afectada en el 2010 por procesos erosivos que culminaron con la destrucción total de las granjas trutícolas en la Manzana San Luis, debido a la tala registrada en la cabecera de la cuenca del río La Hacienda.

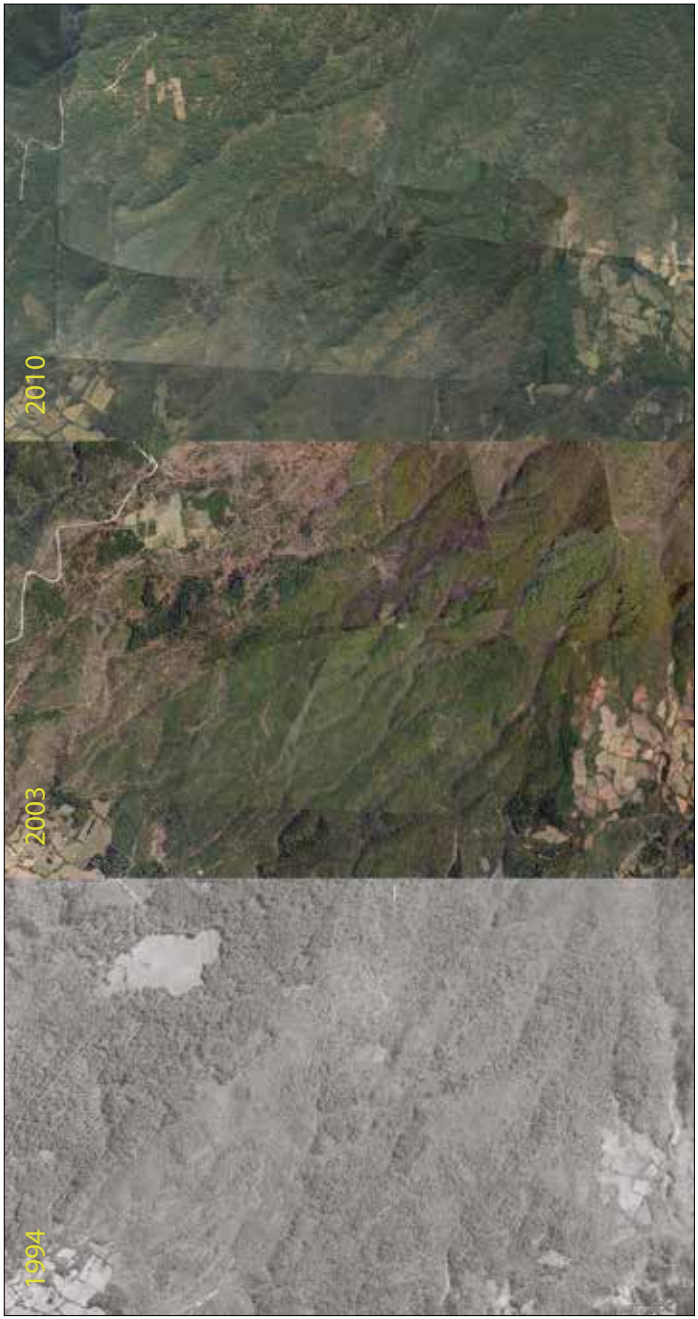


Figura 78. Zonas de cambios en la comunidad indígena de San Cristóbal.

Zonas en Litigio

Por último, en estas zonas se han talado 104 ha por no haber un acuerdo de a quién corresponden los terrenos y los involucrados han saqueado estos bosques, no habiendo un control ni una resolución del conflicto agrario.

Tendencia de la degradación forestal y deforestación en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca 1999-2011

Después de realizar los análisis de cambios durante los diferentes periodos bienales entre 1999 y 2011, se puede decir que la mayor afectación se dio entre 1999 y 2003, con cambios de 3 028 ha de bosques que fueron degradados en diferentes intensidades, algunos de ellos en zona de amortiguamiento con base en permisos de aprovechamiento autorizados, pero que aún sin conocer los volúmenes autorizados, la degradación forestal que llevó los bosques conservados a bosques alterados, no puede ser considerado como un manejo forestal, sino como tala clandestina, originada por las diferencias con el establecimiento de esta reserva y la falta de un plan de desarrollo que permitiera dar una alternativa a las comunidades que obtenían sus recursos del bosque.

La deforestación en la RBMM fue de 1 227 ha en ese mismo periodo (1999-2003), lo que evidencia el grado de afectación que sufrió la reserva recién ampliada por decreto presidencial del 2000 y se puede suponer el impacto que esto ocasionó en la población en general.

La tendencia general es a la disminución, tanto de la degradación forestal como de la deforestación, que muestran un paralelismo y valores proporcionales (Figura 79), lo que indica que tanto la tala clandestina, que se evidencia por la

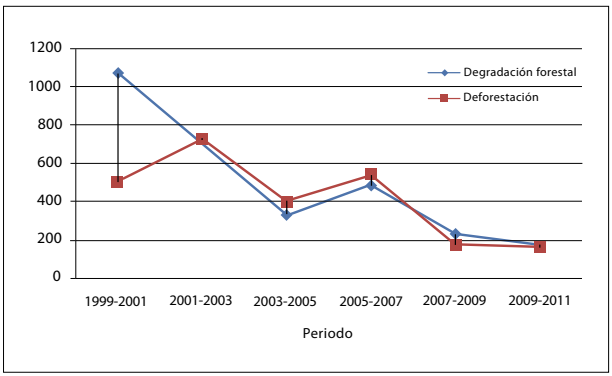


Figura 79. Degradación forestal y deforestación en la RBMM.

deforestación, como la degradación forestal que aunada a la tala hormiga, impacta los bosques. Pero es marcada la reducción de los cambios a partir de 2007 en toda la reserva y más aún, considerando que en el último periodo evaluado de 2009-2011, la tala fue muy reducida (66.27 ha), siendo los cambios en gran parte debido a las condiciones meteorológicas adversas (319.43 ha), principalmente en febrero de 2010.

En el caso particular de la zona núcleo con pago de servicios ambientales, la tala en el último periodo evaluado (2009-2011) fue de 5.38 ha, reduciéndose notablemente y para el periodo 2011 a 2012 hubo cero tala, lo que hace exitoso este programa de Pago por Servicios Ambientales en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, pero hace necesario que se ponga atención a la zona de amortiguamiento para evitar la degradación de los bosques y la deforestación, para que funcione como una zona de amortiguamiento de la zona núcleo.

Zona de Amortiguamiento

En esta zona se tuvieron autorizaciones de aprovechamiento forestal por diez años, otorgados en 1999, y que terminaron a finales de 2008, esto ocasionó que las áreas aledañas o en la ruta de acceso fueran afectadas entre el 2000 y el 2008 (Figura 80).

Después de este periodo de gran alteración vino una reducción muy fuerte de la degradación forestal de 901 ha en promedio en los dos primeros periodos de análisis a 330 ha en el periodo de 2003-2005. También la deforestación se redujo. A partir de ahí tuvo un aumento en el periodo 2005-2007, para reducirse considerablemente en el último periodo evaluado.

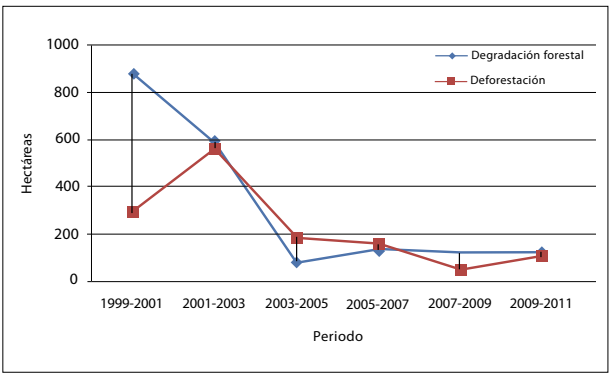


Figura 80. Tendencias de la degradación forestal y deforestación en zona de amortiguamiento.

Zona Núcleo

Al decretarse la ampliación de la reserva, el proceso estuvo acompañado de la creación del Fondo Monarca, estableciendo un fidecomiso para el pago por servicios ambientales con dos pagos anuales, uno en junio por no talar el bosque y otro en diciembre por trabajos de conservación. El primero consistía en pagarles el equivalente que iban a obtener por la venta de la madera de la superficie que tenían autorizada dentro de la zona núcleo, pero no todos los 38 predios habían firmado para ingresar a este programa o bien tenían problemas con los límites entre sus predios (Litigios), lo que trajo consigo el descontento y esto desencadenó la tala en esta zona, aunado a la intromisión de bandas organizadas en la reserva, que aprovecharon esta problemática.

La tendencia en zona núcleo es a la disminución, donde tanto la degradación forestal como la deforestación tienen un comportamiento muy similar (Figura 81), con valores muy semejantes en cada uno de los periodos, lo que hace pensar que la tala clandestina ha arrasado tanto en operación hormiga, como en forma masiva. Casi la totalidad de los cambios en zona núcleo en el periodo 2009-2011 es atribuible a las lluvias intensas ocurridas en febrero de 2010, ocasionando flujos de lodo y derivo de árboles en la porción norte de la zona núcleo, en Sierra Chincua y Sierra Campanario, siendo mínimos los cambios por tala clandestina. Para 2011 los cambios fueron por condiciones de sequía extrema, lo que provocó que algunas partes altas de las montañas, los árboles se secaran, lo cual continuó en 2012, siendo nula la tala en el periodo 2011-2012.

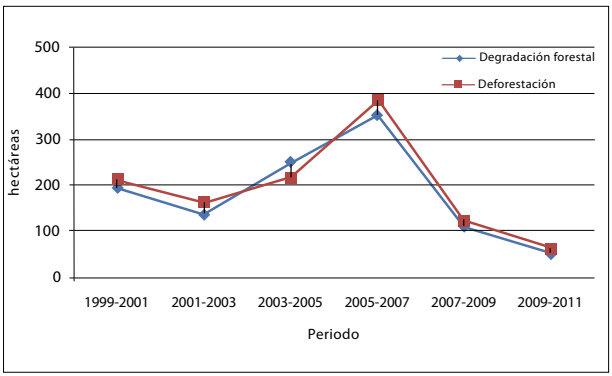


Figura 81. Tendencias de la degradación forestal y deforestación en zona núcleo.

Procesos de recuperación forestal

En la región no solo ha habido procesos de degradación forestal sino también procesos de recuperación forestal, ya sea por revegetación o por reforestación, pero esto solo se puede apreciar en un periodo largo de más de diez años, que pudiera evidenciar tanto cambios graduales positivos como negativos (Figura 82).

En diferentes análisis se pudo detectar que hay una superficie importante de cambios graduales, lo que establece que hay tala hormiga que no es posible evidenciar en los análisis anuales o bienales, pero con análisis comparativos entre dos fechas de más de diez años de diferencia se detectaron este tipo de pérdidas, pero también fue posible detectar cambios de recuperación forestal en extensas áreas, que superan en mucho las pérdidas graduales y que denotan las labores de reforestación constante y de las prácticas de vigilancia en la zona y de que los pobladores de los predios insertos en la reserva están tomando conciencia y más aún, que los programas de apoyo a estas comunidades están surtiendo efecto, como son el pago por servicios ambientales, los programas de actividades productivas, la instalación de viveros, las prácticas de reforestación que se han realizado en la reserva con apoyo de la población local y también importante la labor de las asociaciones civiles, organismos gubernamentales y las universidades que han apoyado a esta reserva.

Las prácticas de recuperación forestal han sido intensas con bosques que sobrepasan los 8 m de altura y con diámetros promedio de 12 cm, como es el caso del ejido Hervidero y Plancha (Figura 83).

También es el caso de la comunidad indígena de San Cristóbal, en donde se aprecia una recuperación forestal importante, constatada por trabajo de campo, donde se realizaron muestreos para conocer la calidad de bosque (Figura 84).

En esta misma comunidad y en colindancia con la de Donaciano Ojeda se dio una tala masiva en 1986 por la inconformidad ante el decreto de ese año y actualmente sus bosques están en franca recuperación, debido a reforestaciones posteriores a la ampliación de la RBMM. Se han dado acciones de lotificación, no compartidas por las instituciones de gobierno, para el cuidado del bosque, pero que actualmente ha dado buenos resultados.

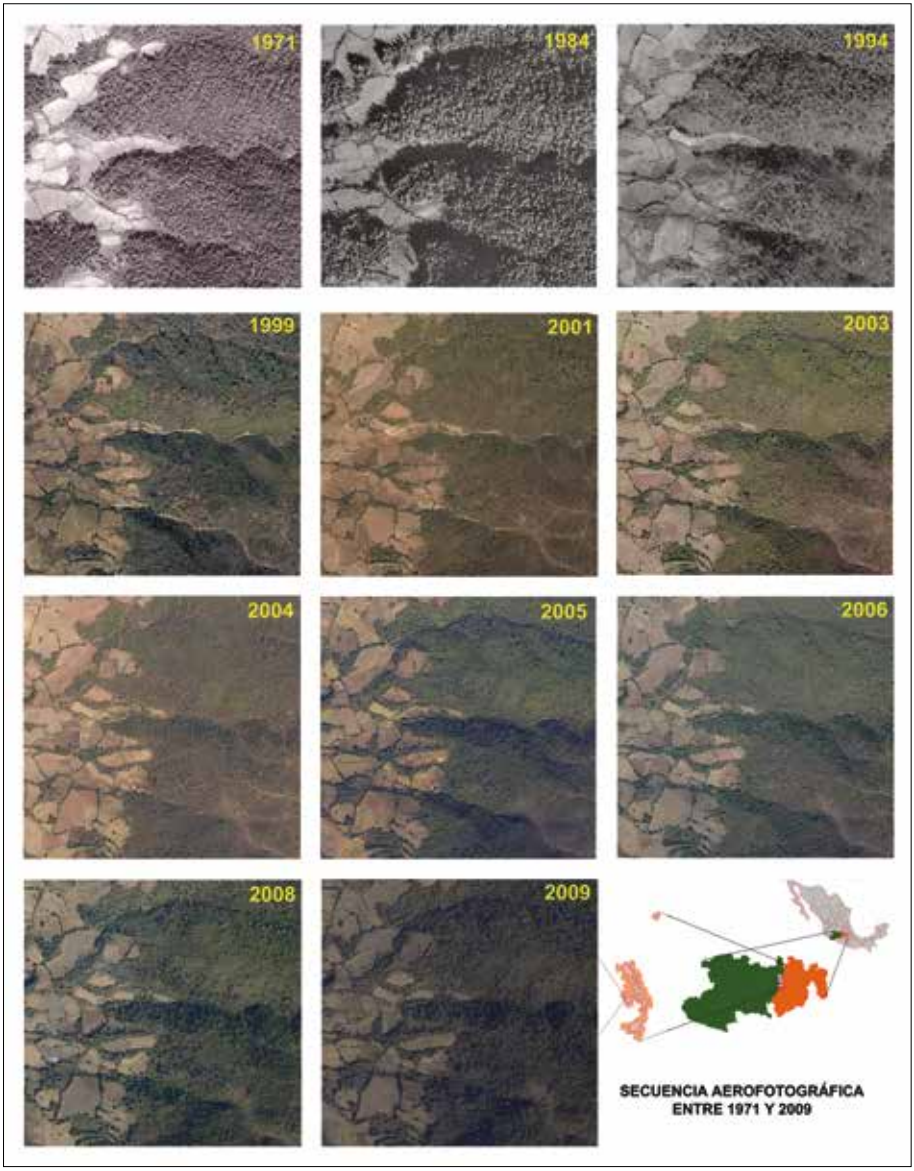


Figura 82. Dinámica de la cobertura forestal en una secuencia aerofotográfica de la comunidad indígena de San Cristóbal.

Figura 83. Zona de recuperación forestal en el ejido Hervidero y Plancha, entre 1999 y 2011, debido a programas de reforestación en zona núcleo.

Figura 84. Recuperación forestal en la comunidad indígena de San Cristóbal.

Bibliografía consultada

Brower, L. P., G. Castilleja, A. Peralta, J. López, T. L. Bojórquez, S. Díaz, D. Melgarejo and M. Missrie (2002), "Quantitative changes in forest quality in a principal overwintering area of the monarch butterfly in Mexico: 1971-1999", *Conservation Biology*, vol. 16, no. 2, pp. 346-359.

Comité de Vigilancia (2006), *Informe técnico de la verificación realizada en el predio "Ejido el Rosario", municipio de Ocampo, Michoacán*, 8 p.

Comité de Vigilancia (2006), *Informe técnico de la verificación realizada en el predio "Ejido el Asoleadero", municipio de Ocampo, Michoacán*, agosto, 7 p.

Comité de Vigilancia (2006), *Informe técnico de la verificación realizada en el predio "Comunidad de San Pablo Malacatepec", municipio de Villa de Allende, Estado de México*, 6 p.

DOF (1980), "Decreto que declara zonas de reserva y refugio silvestre, lugares donde la mariposa inverna y se reproduce, *Diario Oficial de la Federación*, Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, México.

DOF (1986), "Decreto de la Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca", *Diario Oficial de la Federación*, Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, disposición 30 de septiembre de 1986, decreto jueves 9 de octubre, México.

DOF (2000), Decreto de la Reserva de la Biosfera «Mariposa Monarca» (RBMM), *Diario Oficial de la Federación*, Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, decreto del 10 de noviembre de 2000.

DOF (2009), "Decreto por el que se amplía y modifica exclusivamente la superficie de la zona núcleo denominada Chincua-Campanario-Chivati, del área natural protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera", *Diario Oficial de la Federación*, noviembre, México.

García Serrano, E., R. Ulloa Herrera, J. A. de la Cruz Hernández y O. Vázquez Espinosa (2007), *Monitoreo Social 2007 de los predios que participan en el Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca*, Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (WWF y FMCN), agosto, México.

Honey Roses, J., J. López García, E. Rendón Salinas, A. Peralta and C. Galindo Leal (2009), "To pay or not to pay? Monitoring performance and enforcing conditionality when paying for forest conservation in Mexico", *Environmental Conservation*, vol. 36, no. 2, pp. 120-128.

López García, J. (2005), *Reporte técnico del mapa de coberturas forestales 2003-2005*, Informe Técnico para el Fondo Monarca, 6 p.

López García, J. (2006), *Cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2005-2006)*, Informe Técnico para el Fondo Monarca, mayo, 12 p.

López García, J. (2007), *Análisis de cambio de la cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2006-2007)*, Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (WWF y FMCN), agosto, México, 36 p.

López García, J. (2008), *Análisis de cambio de la cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 2007-2008,* Informe Técnico, mayo, 17 p.

López García, J. (2009), *Cambio de la cobertura forestal en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 2008-2009*, Informe Técnico para WWF, 10 p.

López García, J. (2009), Capítulo 7. "Análisis de cambio en la cobertura forestal en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca: 2003-2006", en Aguirre, R. (coord.), *Conceptos de Geomática y estudios de caso en México*, Geografía para el siglo XXI, Serie libros de Investigación, núm. 5, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 195-209.

López García, J. (2010), *Cambio de la cobertura forestal en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, 2009-2010*, Informe Técnico para WWF, 15 p.

López García, J. (2011), *Cambio de cobertura forestal 2010-2011 en zona núcleo de la RBMM*, WWF, mayo, 8 p.

López García, J. (2011), "Deforestation and forest degradation in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico, 2003-2009", *Journal of Maps*, vol. 2011, pp. 626-633.

López García, J. (2012), "Análisis de cambios con fotografías aéreas digitales e imágenes de satélite spot5 en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca", en Quintero, J. A. (coord.), *Temas Selectos de Geomática: Métodos y Aplicaciones*, Geografía para el siglo XXI, Serie libros de Investigación, núm. 10, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Melo Gallegos, C. y J. López García (1989), "Contribución geográfica al Programa Integral de Desarrollo Mariposa Monarca", *Boletín*, núm. 19, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 9-26.

Merino Pérez, l. y M. Hernández Apolinar (2004), "Destrucción de instituciones comunitarias y deterioro de los bosques en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, en Michoacán, México", *Revista Mexicana de Sociología*, año 66, núm. 2, México.

Reyes, J. A. e I. Contreras Franco (2005), *Uso de los recursos entregados por el Fondo Monarca y su impacto en labores de vigilancia forestal y beneficio colectivo*, WWF y FMCN, diciembre, México, 30 p.

Salazar Martínez, B. (1995), *Diagnóstico de la situación actual de la reserva especial de la Biósfera Mariposa Monarca en los Estados de México y Michoacán*, tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México.

Salcedo Barragán, M. P. (2010), *Evaluación de cambios de cobertura forestal bianual con fotografías aéreas digitales en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*, tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.

Sánchez M., F., D. Padilla S., F. Montes de Oca, E. Rojas y J. Domínguez (1996), *Tipología de ilícitos ambientales en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca*, Serie Protección de Áreas Naturales Protegidas, Cuadernos de investigación, núm.1, Legislación y Áreas Naturales, PROFEPA.

WWF (2004), *La tala ilegal y su impacto en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*, mayo, Programa Mariposa Monarca, 36 p.

WWF (2006), *Pérdida y deterioro de los bosques en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 2005-2006*, octubre, Telcel, 8 p.

Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca: aportes para su conocimiento y conservación, editado por el Instituto de Geografía, se terminó de imprimir el 12 de septiembre de 2013, en los talleres de Lito Roda S.A. de C.V., Escondida, no. 2, Volcanes, Del. Tlalpan, 14640.
El tiraje consta de 500 ejemplares impresos en offset sobre papel cultural de 90 gramos para interiores y couché de 250 gramos para los forros. Para la formación de galeras se usó la fuente tipográfica Adobe Garamond Pro, en 9.5/10, 10/12, 11.2/12.7 y 16/19 puntos.
Edición realizada a cargo de la Sección Editorial del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.
Revisión y corrección de estilo: Martha Pavón.
Diseño y formación de galeras: Laura Diana López Ascencio.
Foto de portada: José López García.

Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca: aportes para su conocimiento y conservación

José López García

El material tiene un recuento histórico de esta Área Natural Protegida, las transformaciones que la han impactado, y se hace evidente la importancia de los estudios interdisciplinarios en este tipo de problemas ambientales. Dicho material podría ser una guía para la orientación o continuidad de estudios futuros, ya sea para hacer investigación ecológica o social, y como material de consulta para estudios de educación ambiental.

Este trabajo pretende plasmar la experiencia acumulada durante casi tres décadas, en el estudio ecogeográfico en una de las más importantes reservas de México, la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca y con ello contribuir a través de un recuento histórico sobre los cambios que han transformado el paisaje de esta zona, lo que permite comprender la importancia de los estudios interdisciplinarios en este tipo de problemas ambientales y ser una herramienta que oriente estudios posteriores.

ISBN 978-607-02-4553-4