



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“Dinámica de la cubierta vegetal en el Área
Natural Protegida de la Mariposa Monarca
en el periodo 1986-2003”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A :

RAÚL RICARDO ZUBIETA HERNÁNDEZ



DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA ISABEL RAMÍREZ RAMÍREZ

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del Alumno	
Apellido paterno:	Zubieta
Apellido materno:	Hernández
Nombre(s):	Raúl Ricardo
Teléfono:	54 24 27 27
Universidad:	Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad:	Facultad de Ciencias
Carrera:	Biología
No. de cuenta:	098540901
2. Datos del Tutor	
Grado:	Dra.
Nombre(s):	María Isabel
Apellido paterno:	Ramírez
Apellido materno:	Ramírez
3. Datos del Sinodal 1	
Grado:	Dra.
Nombre(s):	Teresa de Jesús
Apellido paterno:	Reyna
Apellido materno:	Trujillo
4. Datos del Sinodal 2	
Grado:	Dr.
Nombre(s):	José
Apellido paterno:	López
Apellido materno:	García
5. Datos del Sinodal 3	
Grado:	Dra.
Nombre(s):	Lilia de Lourdes
Apellido paterno:	Manzo
Apellido materno:	Delgado
6. Datos del Sinodal 4	
Grado:	Dr.
Nombre(s):	Leopoldo
Apellido paterno:	Galicia
Apellido materno:	Sarmiento
7. Datos del trabajo escrito	
Título:	Dinámica de la cubierta vegetal en el Área Natural Protegida de la Mariposa Monarca en el periodo 1986-2003
Número de páginas:	103 p.
Año:	2007

Dedicatorias

Tanta gente me ha brindado su apoyo y cariño que corresponde a ellos el mérito de poder concluir con esta fase de mi preparación.

Dedico este trabajo especialmente a mis padres, porque la verdadera educación siempre me la dieron ustedes. A ti mamá que siempre nos has brindado todo el amor, que has sido madre y maestra, nos has entregado tu corazón y tu vida completa. Porque a pesar de los momentos difíciles no te has doblegado y tu fortaleza ha sido fundamental para que podamos seguir adelante. A ti papá, porque literalmente te jugaste y te partiste la vida para poder darle a tu familia lo mejor, y para mí lo lograste, porque me diste más de lo que merecía. Porque siempre te esforzaste en darnos todo tu cariño, la formación como personas y la educación. Por todo lo que me has enseñado y por todo lo que te falta por enseñarme. A ambos que se han sacrificado por nosotros no puedo más que agradecerles y amarles infinitamente.

A Sandy, mi hermanita consentida, que has sido cómplice de la niñez y que siempre soportaste las travesuras en tu contra. Porque sin ti sería imposible salir bien librados de los problemas que atravesamos como familia. Y porque nunca has dejado de ser la hermana cariñosa, enojona, pero cariñosa y que yo no cambiaría por nadie.

También con mucho amor a mi segunda madre: mi tía Amelia, porque me recibiste como si fuera tu propio hijo y desde siempre has estado conmigo, incluso desde antes de nacer. Porque me has dado tanto cariño y porque has sido mi confidente a la vez que me has brindado toda tu confianza.

Silvia, para ti por lo tanto que esperaste y me alentaste a concluir con la tesis. Pero sobre todo porque me has ofrecido tu amistad, todo tu apoyo en cada momento y siempre he podido contar contigo, me has tenido enorme paciencia y mucho más aún, me has dado mucho amor y comprensión: Te amo.

A mi tía Jose, que me has brindado también muchísimo cariño y tanto apoyo todo el tiempo y más aún durante el desarrollo de la licenciatura. Igualmente a mis tías Lore y Esperanza, al tío Guti y a quienes siento como mis hermanos, mayores y menores: Ángel, Rody, Paco, Espe y Álex, que me han dado muchísimo afecto.

Don Luis Camarena: usted merece también especial mención, por su infinita nobleza, porque ha representado para mí y para mi familia una amistad invaluable. Usted es desde hace ya mucho tiempo uno de nosotros.

A Isabel, que más allá de ser mi Directora de Tesis, me has otorgado tu amistad. Que me ayudaste en momentos difíciles. Que me has tenido una enorme paciencia durante todo este tiempo, me has brindado tanta confianza, por lo mucho que he aprendido de ti y que me has dado la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

Sin todos ustedes, esto habría sido imposible: Muchas Gracias.

Tere Reyna, también deseo agradecerte muy particularmente, ya que sobre todo me has brindado tu amistad y me has demostrado lo mucho que crees en mí.

Al los Doctores Lilia Manzo, José López y Leopoldo Galicia por brindarle tiempo a la revisión de esta tesis, que por medio de sus comentarios permitieron hacer de este trabajo algo mejor. Al Dr. Lincoln Brower por su apoyo en la parte final de la tesis y por alentarme a seguir adelante.

A Alondra, Brenda, Gas y Avril, que siempre alegran el alma y rejuvenecen el espíritu con sus risas y su cariño.

A quienes hicieron más agradable y divertida la carrera con su amistad, pachangas y ocurrencias: a Iván, amigo y compañero de odiseas, a Ere, Richard, Chabelita y al Benjas, entre muchos otros.

Agradecimientos

Por el apoyo otorgado en diversas etapas de este estudio agradecemos al Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF-México) con el convenio KE31. Al Dr. Javier Delgado por su apoyo a través del proyecto CONACYT-SEMARNAT-2002-c01-1430 y a la Fundación Santuario de la Mariposa Monarca (MBSF).

Al Biól. Armando Peralta del Departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía de la UNAM por facilitar las fotografías aéreas digitales. Al los Doctores Lincoln Brower y Linda S. Fink del Departamento de Biología del Sweet Briar College y Daniel Slayback de Science Systems and Applications, Inc. en la National Aeronautics and Space Administration (NASA), quienes a través del proyecto NSF-0415340 proporcionaron varias de las imágenes de satélite.

Al Instituto de Geografía de la UNAM donde se realizó este proyecto. Al personal de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, así como a los ejidatarios y comuneros por las facilidades y apoyo otorgados durante el trabajo de campo.

Pero principalmente a la Universidad Nacional Autónoma de México y su Facultad de Ciencias por darme la formación como Biólogo y procurar que nada me faltase durante este proceso.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	11
1.1.1. <i>La biodiversidad de México</i>	11
1.1.1.1. <i>Los Bosques</i>	12
1.1.2. <i>El Desarrollo Sostenible</i>	13
1.1.2.1. <i>La conservación de los recursos naturales</i>	14
1.1.2.2. <i>Áreas Naturales Protegidas</i>	15
1.1.2.3. <i>Entre Reservas Especiales y Reservas de la Biósfera</i>	17
1.1.3. <i>El deterioro de los ambientes naturales</i>	18
1.1.4. <i>Las implicaciones del cambio de las cubiertas del suelo</i>	19
1.1.5. <i>La percepción remota en el estudio de la vegetación y de su dinámica de cambio</i>	20
1.2. JUSTIFICACIÓN	22
1.3. OBJETIVOS.....	24
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	24
1.3.1.1. <i>Objetivos particulares</i>	24
2. LAS DECLARATORIAS DE PROTECCIÓN.....	25
2.1. <i>¿POR QUÉ SE PROTEGIÓ EL HÁBITAT DE LA MONARCA?</i>	25
2.2. LOS DECRETOS DE PROTECCIÓN	26
2.2.1. <i>Decreto de 1980: el ANP “de papel”</i>	26
2.2.2. <i>Decreto de 1986: la Reserva Especial de la Biósfera</i>	27
2.2.3. <i>Decreto de 2000: la Reserva de la Biósfera</i>	31
3. MÉTODO.....	35
3.1. ÁREA EN ESTUDIO	35
3.1.1. <i>Clima</i>	35
3.1.2. <i>Geología</i>	35
3.1.3. <i>Fisiografía</i>	38
3.1.4. <i>Vegetación</i>	39
3.1.5. <i>Fauna</i>	42
3.1.6. <i>Hidrología</i>	43
3.1.7. <i>Suelos</i>	44
3.2. MATERIALES Y MÉTODO.....	45
3.2.1. <i>Clasificación de las cubiertas del suelo</i>	45
3.2.2. <i>Detección del cambio en la vegetación</i>	47
3.2.3. <i>Cálculo de las Tasas de Cambio</i>	49
4. RESULTADOS.....	51
4.1. LAS CUBIERTAS DEL SUELO EN 1986, 1993, 2000 Y 2003	51
4.1.1. <i>Las cubiertas en la REBMM de 1986 a 2000</i>	57
4.1.2. <i>Las cubiertas en la RBMM de 2000 a 2003</i>	59
4.1.3. <i>Las cubiertas en el área de influencia de 1986 a 2003</i>	60
4.2. LOS PROCESOS DE CAMBIO	63
4.2.1. <i>Procesos de cambio en la REBMM</i>	63
4.2.2. <i>Procesos de cambio en la RBMM</i>	67
4.3. LAS TASAS DE CAMBIO SEGÚN LA FAO	69
5. DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES.....	70
5.1. DISCUSIÓN.....	70

5.1.1. <i>La efectividad de las ANP: los contextos global y local</i>	70
5.1.2. <i>Los factores que influyen en la efectividad de las ANP</i>	72
5.1.3. <i>Mayor disminución de bosques densos en la REBMM y la RBMM que en el área de influencia</i>	74
5.1.4. <i>Perturbación: proceso de cambio característico de la reserva</i>	75
5.1.4.1. <i>La tasa de deforestación según el método de la FAO</i>	77
5.1.5. <i>Los efectos de la perturbación del bosque sobre la Monarca</i>	78
5.1.6. <i>Perspectivas</i>	79
5.2. CONSIDERACIONES FINALES	81
6. ANEXOS	84
LITERATURA CITADA	94
OTRAS REFERENCIAS.....	103

1. INTRODUCCIÓN

México cuenta con una gran diversidad biológica que lo ubica como tercer lugar en el mundo, dado que tiene representadas prácticamente todas las comunidades vegetales existentes en el mundo (Carabias et al., 1994). Sin embargo, por el deterioro de sus ecosistemas, representa también una de las 15 áreas denominadas *hot spots* o bajo amenaza crítica. Estas áreas críticas, que en conjunto ocupan 1% de la superficie del planeta, albergan entre 30 y 40% de la biodiversidad terrestre. En estas áreas se desarrollan graves procesos de deterioro que afectan de manera directa a los ecosistemas y a las especies que las conforman (Peña y Neyra, 1998).

Cifras conservadoras de la deforestación en México la estiman entre 320,000 y 800,000 ha anuales (Estrada y Coates-Estrada, 1995). Por el contrario, Velázquez et al. (2001) consideran que ésta puede llegar hasta los 1.5 millones de hectáreas por año (una tasa de 2% anual). Esta acelerada pérdida de bosques conlleva grandes problemas ambientales, entre los que se destacan inundaciones, deslizamientos de laderas, pérdida de biodiversidad, y por ende de productividad, entre otros fenómenos (Velázquez et al., 2001).

A pesar del gran potencial que representa para nuestro país su superficie forestal, el sector siempre ha tenido un aporte muy bajo en la economía nacional, que no rebasa el 1%. Resulta paradójico que tenga que importar entre 30 y 40% de productos forestales para satisfacer la demanda nacional y que, además, los bosques estén disminuyendo en su superficie (Carabias, et al. 1994).

Parte del problema se debe a falta de fomento, baja rentabilidad e ineficiencia de la actividad forestal que hace más atractivo para el productor la transformación del uso de suelo de forestal a agropecuario. Por ello los bosques disminuyen sin incrementar la producción (Carabias, et al. 1994).

En México, los bosques templados corresponden al 17% de la vegetación, con alrededor de 30 millones de hectáreas (Velázquez et al., 2001). Estos albergan una riqueza de vertebrados de alrededor de 300 especies, de las cuales entre 18 y 38 son endémicas (SEMARNAP, 1997).

En estos ecosistemas, específicamente en los bosques de oyamel del Eje Neovolcánico Transversal entre altitudes de 2,600 a 3,600 m, es donde la mariposa Monarca (*Danaus plexippus* L.), de hábitos migratorios, tiene sus sitios de hibernación. A éstos llega después de recorrer más de 4,000 km desde Canadá y Estados Unidos, en poblaciones de 100-500 millones de individuos (Alonso y Arellano, 1989; Calvert et al., 1989). En esta región, está registrada, según la CONANP (2001), una riqueza biológica comprendida por 493 especies de plantas vasculares, 49 especies de hongos, 132 especies de aves y 56 de mamíferos. Para 1997 estaban registradas 12 especies de anfibios y 17 de reptiles (SEMARNAP, 1997b).

Además, existen aquí 13 especies bajo protección especial, 11 amenazadas, 14 especies consideradas raras, 3 en peligro de extinción y 13 especies endémicas (CONANP, 2001).

No fue sino hasta después de 1975 cuando se establecieron las rutas migratorias de la mariposa Monarca y se localizaron en México sus sitios de hibernación en los estados de México y Michoacán (Urquhart, 1976). Después de esto, tres decretos presidenciales (1980, 1986 y 2000) han sido emitidos para protegerla (Ramírez et al., 2003). Estos han conllevado cambios en la delimitación y cobertura del área natural protegida, hasta reconocérsele como Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM).

Los habitantes locales, en su mayoría ejidatarios y comuneros, que por generaciones han presenciado el arribo cíclico de las mariposas como algo normal, después de la difusión nacional e internacional de estos sitios y su declaración como Reserva, han quedado con la responsabilidad de cuidar un fenómeno que, a pesar de presentarse en sus tierras, es patrimonio de la humanidad (De la Maza, 1995). Así, en estos sitios de hibernación, comenzaron a incrementarse diversos problemas, tales como conflictos en el uso del suelo, tenencia de la tierra, elevadas tasas de deforestación y degradación (Hoth, 1995), creciente acceso turístico y actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Mientras algunos propietarios han tratado de preservar el área (De la Maza, 1995), otros grupos no se han sensibilizado. Por ejemplo, en 1992, una parte importante del área protegida de Chivatí-Huacal fue quemada y talada (Hoth, 1995).

La agricultura en la zona, basada en el cultivo de maíz, frijol, habas y en ocasiones avena, es muy poco productiva y básicamente de autoconsumo, por lo que sus habitantes obtienen muy bajos ingresos económicos de ésta. Por ello, muchos campesinos han optado por la explotación forestal y promover el cambio en el uso del suelo (De la Maza, 1995).

A nivel regional, el turismo no representa un impacto de importancia económica con excepción de la temporada de apertura de los santuarios de la mariposa Monarca. El resto del año no existe afluencia considerable de visitantes. Así, la mayoría de los campesinos que en la temporada turística se desempeñan como guías y prestadores de servicios, la otra parte del año no cuentan con ingresos seguros. Por ello, su fuente de ingresos proviene entonces de la explotación forestal, de la agricultura, de programas de empleo temporal o desempeñando algún oficio, como la albañilería y la carpintería dentro o fuera de su localidad.

Para Hoth (1995), en la región existe una marcada desigualdad social. El desconocimiento de ésta ha llevado a favorecer a grupos privilegiados dentro de los esfuerzos y apoyos para la conservación. Incluso los beneficios del turismo se han quedado en algunas cuantas comunidades.

La RBMM alberga una gran diversidad de recursos naturales, muchos de ellos con potencial de aprovechamiento sustentable. Esto permite explorar nuevas alternativas que sean diversas y viables para la conservación del bosque, a la vez que sean congruentes con la satisfacción de las necesidades de la comunidad.

En conjunto, los factores mencionados han derivado en consecuencias negativas para el bosque en la región de la monarca, ocasionando la degradación del ecosistema. Collantes (1997), entre 1970 y 1993 identificó una reducción de la superficie boscosa de 9% en Cerro Altamirano, la Sierra de Angangueo y la Sierra del Xoconusco. Brower et al. (2002), considerando la región que comprende los conjuntos montañosos de Chincua, Campanario y Chivatí-Huacal y parte de sus planicies, encontraron que, entre 1971 y 1999, fue perturbado el 44% de bosque conservado y que el fragmento mayor de bosque de alta calidad se redujo de 27,115 ha a 5,827 ha. Estos mismos autores reportaron una tasa anual de degradación que entre 1971 y 1984 fue de 1.70%, y se incrementó a 2.41% entre 1984 y 1999.

Ramírez et al. (2003), por su parte, identificaron una tasa anual de deforestación de 0.1% entre 1971 y 2000 en las laderas montañosas de la Sierra de Angangueo, mientras que la tasa media de perturbación en ese mismo periodo fue de 1.3%. Los reportes más recientes son los de Honey-Rosés et al. (2004) y WWF (2004) que señalan la tala de 140 ha de bosque en la zona núcleo y de 370 ha en la zona de amortiguamiento de la RBMM entre 2001 y 2003. En tanto, WWF (2006) identificó la tala de 576.4 ha en el área núcleo de la misma Reserva entre 2005 y 2006. El mismo reporte cita que entre 2003 y 2005 la pérdida anual fue de 239.5 ha. Estos tres últimos reportes dejan fuera de su análisis al Cerro Altamirano.

El presente trabajo, tuvo como objetivo, identificar el impacto que los decretos presidenciales de 1986 y 2000 han ejercido sobre la cubierta vegetal de la actual RBMM. En él se consideraron el área total ocupada por las áreas bajo protección oficial así como su área de influencia, abarcando la mayoría de la región conocida como País de la Monarca.

El periodo de observación fue el comprendido entre 1986 y 2003, mismo que se dividió en dos periodos: 1986-1993 y 2000-2003. Para la evaluación de la efectividad de las declaratorias de protección se generó la cartografía de la vegetación del área en estudio de los años 1986, 1993, 2000 y 2003, y se realizó el análisis de la dinámica de cambio de la cubierta vegetal en los periodos antes mencionados. Esto se logró aplicando la percepción remota por medio de la interpretación visual interdependiente de imágenes de satélite Landsat TM y ETM+ y el empleo simultáneo de la fotografía aérea en formatos impreso y digital como verdad de campo.

1.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1.1. La biodiversidad de México

La *diversidad biológica* o *biodiversidad* es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. Según la CONABIO (2000), así quedó establecido en el Convenio sobre Diversidad Biológica, firmado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), en Río de Janeiro, 1992.

La biodiversidad se entiende como la riqueza total en composición y número de manifestaciones de las formas de vida en la naturaleza; incluye toda la gama de variación y abundancia de genes, organismos, poblaciones, especies, comunidades, ecosistemas y los procesos ecológicos de los que son parte (SEMARNAP, 1997). Por su parte, Estrada y Coates-Estrada (1995) identifican como componentes de la biodiversidad a tres atributos considerados principales: composición, estructura y función. Pero de manera general, la biodiversidad abarca tres niveles de expresión de la variabilidad biológica: ecosistemas, especies y genes (Neyra y Durand, 1998; CONABIO, 2000). Aunque Estrada y Coates-Estrada (1995) consideran también el nivel de paisaje regional, y Leidig (1988), en Dirzo (1990), considera la diversidad a nivel de poblaciones y no de ecosistemas. De esta manera, puede definirse de forma más breve a la diversidad biológica como la variabilidad genética y taxonómica que presentan los seres vivos, así como la variedad de ecosistemas de los que forman parte en un área a un ambiente particular, o en todo el planeta (INEGI, 1998). En tal sentido, el concepto de biodiversidad resulta diferente del concepto de *diversidad de especies*, ya que el primero conlleva un significado amplio, que además de los elementos antes mencionados, implica la medición de la riqueza en espacio y tiempo, así como el componente geopolítico (Toledo, 1994). Graham (1993) señala además, que la diversidad biológica de una región es la consecuencia de aquellos factores que favorecen tanto la aparición de fenotipos nuevos como su acumulación, y que actúan durante un tiempo geológico considerable.

En México, el territorio nacional alcanza una superficie total de 1,953,162 km² (INEGI, 1998), colocándolo como el quinto país más extenso de América y el decimotercero en el mundo (Sánchez, 1992). A lo largo de este territorio, se encuentra distribuida una basta diversidad biológica que, según Carabias et al. (1994) y SEMARNAP (1997), está representada con el 10 a 15% de las especies terrestres. Esto lleva a México a ocupar el primer lugar en número de especies de reptiles (717), el segundo de mamíferos (449), el cuarto de anfibios (282), el decimoprimeros de aves (1,150), y cuarto lugar de angiospermas (25,000), con un 32% de fauna endémica. Aunado a ello, es también un importante centro de origen y diversificación

de flora y de plantas cultivadas (Sarukhán et al. 1996). Se encuentran identificadas en México cinco eco-regiones, la tropical cálida subhúmeda, la templada húmeda, la templada subhúmeda y la árida y semiárida (Carabias et al., 1994), aunque Sarukhán et al. (1996) identifican también a la alpina. La biodiversidad del país se debe, además de su gran superficie, a factores como su ubicación geográfica, a su variada topografía y clima, a la migración de linajes bióticos a lo largo del tiempo geológico (Carabias et al., 1994; Challenger, 1998) y a los movimientos de la corteza continental (Challenger, 1998). Todo lo anterior hace que el país este dividido en dos grandes regiones con características muy contrastantes: la región Neártica (templada) y la Neotropical (cálida). Ambas presentan ambientes secos y húmedos (Bassols, 1985; SEMARNAP, 1997; Challenger, 1998; Neyra y Durand, 1998). En la región templada, los ambientes secos corresponden a zonas áridas y los húmedos a bosques, mientras que en la región tropical, los primeros están representados por selvas secas y matorrales espinosos, y los segundos por selvas altas y medianas perennifolias (SEMARNAP, 1997). Debido a esto, México constituye una zona biogeográficamente compuesta, donde el contacto entre biotas ha dado como resultado una rica mezcla de fauna y flora con diferentes historias biogeográficas (Neyra y Durand, 1998). Así, el territorio mexicano cuenta con bosques tropicales perennifolios, subcaducifolios, caducifolios y espinos; con sabanas, palmares, manglares y zonas de vegetación costera, matorrales desérticos, pastizales, dunas, bosques de coníferas y encinos, matorrales mediterráneos, páramos alpinos y vegetación halófila, arrecifes, zonas pelágicas de gran profundidad, áreas de vegetación marina (SEMARNAP, 1997).

1.1.1.1. Los Bosques

Las cadenas montañosas de México son áreas de alta diversidad biológica y de hábitats (Toledo, 1988; Jardel, 1990), donde su complejidad ecológica se debe entre otros factores, al relieve, la altitud, su historia edáfica y su variado mosaico edáfico (Jardel, 1990). De esta manera, las mayores extensiones forestales se encuentran sobre estos sistemas (Giménez et al. 2003). Ayllon et al. (1993) calculan que con relación a la distribución de las áreas arboladas, en el Eje Neovolcánico Transversal se encuentra aproximadamente el 26% de los bosques mixtos y de coníferas. Por ello, su importancia ecológica es alta, al representar el hábitat de una gran diversidad de flora y fauna, así como centros de abastecimiento de las cuencas hidrográficas (Jardel, 1990; Giménez et al., 2003).

De acuerdo con Toledo (1994), en los bosques templados se encuentra la mayor riqueza de especies de flora. En estos bosques, los de coníferas se encuentran ampliamente representados. En México se encuentran presentes el 45% de las especies de pinos conocidos en el mundo (INEGI, 1998). Según Styles (1993), el eje Neovolcánico es considerado como un área de gran relevancia en la historia evolutiva del género *Pinus* y forma parte de una de las

seis principales áreas de distribución. En estos bosques de coníferas habita el 23% de especies de vertebrados mesoamericanos (INEGI, 1998).

Los bosques de encino también están bien distribuidos, estimándose que el género *Quercus* posee entre 135 y 150 especies en México (INEGI, 1998), y es en los conjuntos montañosos donde se presenta una gran parte de éstas. Estos bosques aportan la mayor parte de biomasa, y aproximadamente 86 de sus especies son endémicas para México (Nixon, 1993). Por otra parte, los bosques han sido uno de los recursos naturales fundamentales por su madera, como fuente de energía y materias primas, pero también son clave en el suministro de lo que hoy se denomina como bienes y servicios ambientales (Velázquez et al., 2001) y de las funciones de los ecosistemas. Los bienes y servicios de los ecosistemas están representados por los beneficios que las poblaciones humanas reciben directa o indirectamente de las funciones de los ecosistemas. Estos servicios mantienen la biodiversidad y la producción de bienes como alimento, agua, madera, combustibles, fibras naturales y muchos productos farmacéuticos e industriales, así como sus precursores. Como servicios se consideran así, la regulación de gases de efecto invernadero, del clima, de la perturbación, de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, estabilización y formación de suelos, mantenimiento de los ciclos de nutrientes, descomposición de desechos, entre otros (Daily et al., 1997; Constanza et al., 1997; Loa et al., 1998). En tanto, como funciones de los ecosistemas se entiende por ejemplo al hábitat, las propiedades biológicas o los procesos de los ecosistemas (Constanza et al. 1997; Loa et al. 1998).

1.1.2. El Desarrollo Sostenible

El término *Desarrollo sostenible*, con sus variantes como desarrollo sostenido, sustentable, perdurable y duradero, originadas de la traducción de *sustainable development* (Tudela, 1992), tomó fuerza a partir de *Nuestro futuro común*. Este último, fue un documento de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, también conocida como Comisión Brundtland (al ser su presidenta Gro Harlem Brundtland) que se dio a conocer en 1987 (WCED, 1987). La principal declaración de esta Comisión fue que el desarrollo sostenible se refiere a *satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades* (Mitchell, 1999). En la Conferencia sobre Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (UNCED, por sus siglas en inglés) esta fue adoptada como la meta común para alcanzar el desarrollo (Hurni, 1997), en 1992, en Río de Janeiro. El desarrollo sostenible surge ante la preocupación principal de que las actividades humanas estaban aumentando el número de personas pobres y vulnerables, además de degradar el medio ambiente. Por ello, este desarrollo implica no solo crecimiento, sino que requiere hacerse menos intensivo en el uso de materias primas y energía, además de que debe darse la integración de los aspectos económicos y ecológicos en la toma de decisiones (Mitchell, 1999). El desarrollo sustentable

debe entenderse no como un conjunto de adecuaciones ecológicas a un proceso social, sino como una estrategia para la sociedad que logre conjugar la viabilidad económica con la factibilidad ecológica (Provencio y Carabias, 1992). El enfoque del desarrollo sustentable adquirió relevancia en un plazo relativamente breve y fue incluido en las formulaciones de los organismos internacionales que tienen más influencia en la orientación de los modelos de desarrollo. De igual forma el enfoque fue integrado en el discurso político, no solo ambientalista sino en general sobre el desarrollo (Provencio y Carabias, 1992). De esta manera, uno de los retos del desarrollo sustentable es lograr el crecimiento económico necesario para resolver la demanda de satisfactores y el rezago de la población marginada, a partir de una base natural no solo finita, sino que actualmente muy degradada, y que cada vez lo es más (Carabias et al., 1994). Sin embargo, como lo señala Mitchell (1999), la interpretación de desarrollo sostenible en los países desarrollados fue distinta que en los países en vías de desarrollo. En los primeros, sus condiciones permiten que su implicación sea integrar los aspectos económicos y ambientales, considerando la equidad intergeneracional. Para los demás países, la principal preocupación ha sido conocer y satisfacer las necesidades básicas de su población y asegurar el desarrollo económico. Se han centrado así en la equidad intrageneracional, por encima de la intergeneracional.

1.1.2.1. La conservación de los recursos naturales

La sola definición de *recurso natural* hace ver tanto la importancia que reviste para la economía general de un país, como el interés intrínseco que adquiere su estudio sistematizado. Los recursos naturales son los diversos medios de subsistencia para el hombre, el cual los obtiene directamente de la naturaleza. Se incluyen entre ellos, elementos de los ecosistemas como la vegetación, el agua o el suelo y también tomados en su conjunto en una expresión compleja como parques nacionales, reservas de caza, bellezas panorámicas (Bassols, 1985). Por su parte, los *recursos forestales*, según la Ley Forestal (DOF, 22/Dic/1992), comprenden a la vegetación forestal natural, artificial e inducida, sus productos o residuos, así como los suelos de los terrenos forestales o de vocación preferentemente forestal. Dicha *vegetación forestal* está a su vez, integrada por el conjunto de plantas dominadas por especies arbóreas, arbustivas o crasas, que crecen y se desarrollan en forma natural formando bosques, selvas y vegetación de zonas áridas.

Conservar significa mantener las condiciones ambientales que hacen estable el número de especies biológicas de un lugar, es decir, las que permiten que este número varíe de acuerdo con su secuencia de cambio natural. Esta secuencia es lo que se conoce como sucesión: la serie de cambios que ocurren en un lugar con el transcurso del tiempo (Díaz, 1998). La conservación de la diversidad biológica pretende entonces mantener los procesos ecológicos esenciales, los sistemas vitales y la diversidad genética, así como asegurar el aprovechamiento

sostenible de especies y ecosistemas. No obstante, persigue incrementar el bienestar de las poblaciones humanas mediante el uso sostenible de los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas (Simonetti, 1998). Díaz (1998) considera que la conservación de la naturaleza requiere de un serio conocimiento de los procesos que originan y mantienen la biodiversidad y de los mecanismos de regulación de la diversidad biológica, tanto naturales como de la intervención humana. Para Barkin (2001), la sustentabilidad se define en términos de la protección de la biodiversidad. Pero entonces, el cuidado de ésta no solo abarca a la flora y fauna, sino también la supervivencia de las comunidades rurales, fungiendo como protectores y como productores de los ecosistemas.

En el caso de los bosques, la democratización de la economía requiere que los productores se involucren en la toma de decisiones (Ortega, 2001). La participación de la sociedad en la toma de decisiones y evaluación de las políticas ambientales, es una condición necesaria para dotar a éstas de legitimidad y generar condiciones propicias para su aplicación. Es indudable que la participación activa y organizada de la sociedad es un requisito para transitar hacia niveles sostenibles de desarrollo (SEMARNAP, 1997). Hasta ahora, el procedimiento más común llevado a la práctica en la conservación de la biodiversidad, ha sido la *Protección* de especies y ecosistemas considerados de interés en áreas naturales protegidas, ofreciendo superficies adecuadas para mantener poblaciones viables y procesos ecológicos en buen funcionamiento (Simonetti, 1998).

1.1.2.2. Áreas Naturales Protegidas

En cada nación existe algún grado de protección para los ecosistemas naturales. Cada gobierno posee diferentes mecanismos legales y administrativos para el manejo de los hábitats para la conservación de la biodiversidad, pero el sistema de áreas protegidas es central para tal manejo (WCMC, 1992). El Parque Nacional de Yellowstone, en Estados Unidos, declarado en 1872, marca el inicio en la era moderna del establecimiento de las Áreas Naturales Protegidas (ANP). En el pasado, la idea de mantener algunos sitios de importancia fuera del aprovechamiento por el hombre, era puesta en práctica hace aproximadamente unos 3000 años por el rey de Egipto Ikhnaton (Hunter, 1996).

Existen considerables variaciones entre los mecanismos para crear y mantener las áreas protegidas. Por ello se hace necesario establecer criterios de clasificación que hagan posible la comparación a nivel internacional. La Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN), a través de la Comisión de Parque Nacionales y Áreas Naturales Protegidas (CNPPA), desarrolló así un sistema de clasificación basado en objetivos de manejo. Este consta de 10 categorías, dos de las cuales, Sitios de Patrimonio de la Humanidad y Reservas de la Biósfera, son designaciones internacionales (WCMC, 1992). Las otras 7 categorías son: I) Reserva natural estricta/área de vida silvestre, II) Parque Nacional, III) Monumento Natural, IV) Áreas de manejo de

especies/hábitats, V) Paisajes terrestre y marino protegido, VI) Área protegida para el manejo de recursos (WCMC, 1992; Hunter, 1996), VII) Reserva Biótica Natural, y VIII) Área de uso múltiple (WCMC, 1992).

En México, se considera a las ANP como aquellas porciones terrestres o acuáticas representativas de los diferentes ecosistemas y de su biodiversidad, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado por el hombre y que están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo. Con la intervención de Miguel Ángel de Quevedo, sus antecedentes se remontan a 1876, con la expropiación del Desierto de los Leones, por la importancia de sus manantiales, siendo entonces presidente de la república Sebastián Lerdo de Tejada. Esta área, en 1917 se convirtió en el primer parque nacional.

Sin embargo, son diversos los problemas que las ANP han debido enfrentar. Desde sus inicios, en la mayoría de los casos los propietarios originales no participaron en la conceptualización ni en la operación de las ANP, y raras veces fueron indemnizados. Se agrega a ello, la falta de presupuesto, infraestructura, mantenimiento y capacidad técnica. Además, muchas de estas áreas fueron incorporadas eventualmente al reparto agrario. La administración de las áreas protegidas ha estado a cargo de diferentes niveles y sectores institucionales (Jardel, 1990; SEMARNAP, 1996). Desde el Departamento Forestal y la Oficina de Bosques, hasta la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), actualmente, desde el año 2000, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), pasando por las Secretarías de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y de Desarrollo Urbano (SEDUE).

Según la SEDUE (1989), es durante la administración de esta secretaría, que en 1988 entró en vigor la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA). En ella quedan establecidas las categorías de las áreas naturales protegidas (Cuadro 1.1) y se incluye al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP).

Categoría	Reconocida en LEGEEPA		Número	
	1988	2000	1996	2005
Reserva de la Biósfera	Sí	Sí	18	35
Reserva Especial de la Biósfera	Sí	No	13	-
Parque Nacional	Sí	Sí	44	67
Monumento Natural	Sí	Sí	3	4
Parque Marino Nacional	Sí	No	3	-
Área de Protección de Recursos Naturales	Sí	Sí	0	3
Áreas de Protección de Flora y Fauna	Sí	Sí	8	28
Santuarios	No	Sí	-	17
Parques y Reservas Estatales	No	Sí	-	0
Parques Urbanos	Sí	No	0	-
Zonas de preservación ecológica de centros de población	No	Sí	-	0
Zonas Sujetas a Conservación Ecológica	Sí	No	0	-

Cuadro 1.1. Categorías de las ANP en México, según la LEGEEPA en 1988, y según su modificación en enero de 2000. Tomado de: SEDUE (1989); SEMARNAP (1996); DOF 07/Ene/2000; CONANP (2005).

El modelo de las ANP ha carecido la mayor de las veces de operatividad planteado desde un enfoque de no tocar. En éste, no se ha resuelto el problema de la tenencia de la tierra ni se plantean alternativas de desarrollo para la población local (Jardel, 1990). En muchos de los casos, áreas protegidas han sido declaradas solo en papel, sin contar con una delimitación o programa de manejo, o administración alguna. Aunque McKinney (2002), señala que es mejor contar con reservas con pobre capacidad operativa, que no contar siquiera con éstas.

1.1.2.3. Entre Reservas Especiales y Reservas de la Biósfera

El programa de Reservas de la Biósfera, forma parte del Sistema de Áreas Protegidas Internacionales, junto con las convenciones internacionales RAMSAR para la protección de humedales y de Sitios Patrimonio de la Humanidad.

Según el WCMC (1992), Halffter (1995) y la SEMARNAP (1996), las reservas de la biósfera surgen en el marco del programa científico internacional El Hombre y la Biósfera de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Los objetivos para los cuales fueron creadas incluían la investigación, monitoreo, enseñanza y demostración, además de la conservación. En ellas se reconoce como vital el componente humano para su funcionamiento (WCMC, 1992). Estas áreas deben incluir una o varias zonas núcleo exclusivas para la conservación de ecosistemas y de su biodiversidad, donde la perturbación se reduzca al mínimo, así como zonas de amortiguamiento y zonas de influencia (Halffter, 1995). El surgimiento de las reservas de la biósfera tuvo lugar en la década de los setenta, pero no es sino a finales de ésta, cuando se comienza a integrar esta definición de área protegida en México (SEMARNAP, 1996). La primer Reserva de la Biósfera fue la de Montes Azules, en Chiapas, declarada el 11 de enero de 1978. Les siguieron las de Mapimí y Michilíá, decretadas en 1979 (CONANP, 2005). La LEGEEPA, reconoce a las reservas de la biósfera como áreas biogeográficas relevantes a nivel nacional, representativas de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en los cuales habiten especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción (DOF, 07/Ene/2000). Sin embargo, en su origen, como reservas de la biósfera fueron áreas protegidas reconocidas por la red Internacional de la UNESCO, y otras áreas que no poseían tal reconocimiento.

Por su parte, las Reservas Especiales de la Biósfera (REB), surgen durante la administración de Miguel de la Madrid. En estas se protege a las áreas de importancia biológica tal como sucede con las reservas de la biósfera, sin embargo en su caso no se especifica la relevancia a nivel nacional, y comprende a aquellas áreas con menos de 10,000 hectáreas. Tal categoría ha generado confusión, dado que nunca fue usada en decreto alguno, pero si

extraoficialmente para varias áreas previamente decretadas bajo otras categorías (SEMARNAP, 1995). Sin embargo, si estaban reconocidas dentro de la LEGEEPA de 1988, y hasta su modificación en el 2000.

Este fue el caso de la actual Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, que aunque fue decretada en 1986 como “Áreas Naturales Protegidas para los fines de migración, invernación y reproducción de la Mariposa Monarca, así como la conservación de sus condiciones ambientales”, posteriormente se le reconocería como Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca (REBMM), a pesar de contar con una superficie de 16,110 ha, mayor a las 10,000 ha establecidas en la LEGEEPA para las reservas especiales. Fue con el decreto de noviembre de 2000, que se le declara como reserva de la biósfera, e incrementa su superficie protegida a 56,259 ha.

1.1.3. El deterioro de los ambientes naturales

El hombre ha dependido para su supervivencia de la cosecha de organismos o de sus partes, por lo que ha tenido que recurrir a la manipulación de los ecosistemas en los que viven tales organismos. Dicha manipulación conlleva a una perturbación, en menor o mayor grado de los mismos, así como cambios en las características de los organismos involucrados (Sarukhán y Maass, 1990). La pérdida de recursos naturales y de la vida silvestre, irreversible en algunos casos, ha estado ligada tanto a la utilización excesiva de los mismos, como a la conversión de los hábitats silvestres en terrenos agrícolas y ganaderos. (SEMARNAP, 1997).

En México, la degradación de los ecosistemas y la pérdida de recursos naturales, han estado asociados principalmente con las actividades para el desarrollo económico a lo largo de su historia. Actividades tales como la agricultura, la ganadería, el uso forestal y la minería. Carabias et al. (1994) señalan que la agricultura ha tenido sus implicaciones ecológicas como consecuencia de la falta de planeación en el uso del suelo dentro de las políticas agrarias. Gran parte de la agricultura de temporal está ubicada en tierras con pendientes mayores a los 12 grados no aptas para la agricultura, mientras que millones de hectáreas de tierras con potencial agrícola están ocupados por otras actividades productivas, como la ganadería. Aunado el abuso de químicos, el saldo ambiental de la agricultura así aplicada, ha sido la deforestación, erosión, la salinización, el agotamiento de mantos freáticos, la alteración de los ciclos hidrológicos, la extinción de especies y de ecosistemas. Por su parte, el impacto de la ganadería difiere según el tipo de esta y del ecosistema afectado. Sin embargo los más importantes han sido la deforestación con la implementación de cultivos forrajeros y la erosión, además de la compactación del suelo por el pisoteo del ganado. En las zonas templadas subhúmedas, este último ha ocasionado una menor infiltración del agua al suelo. La ganadería extensiva en estos ecosistemas ha impactado principalmente al sotobosque, afectando la regeneración natural de los ecosistemas. Los problemas de la actividad forestal han sido abordados ya en la sección

introdutoria del presente estudio, pero cabe agregar que sobre los bosques templados la presión ha sido muy fuerte, dado que el aporte de madera para 1994 estaba centrado en unas cuantas especies de pino con el 80% de la producción. Correspondiente a la minería, Carabias et al. (1994) señalan que los impactos más importantes han sido, por un lado, los ocasionados por los desechos propios de la extracción minera y de la industrialización de sus productos. Mientras tanto, identifican como efectos indirectos los correspondientes a los asentamientos humanos y de vías de comunicación.

Esta perturbación y pérdida de hábitats y ecosistemas, es lo que Dirzo (1990) denomina como *crisis de la biodiversidad*. De acuerdo con Peña y Neyra (1998), las amenazas que atentan contra la integridad y permanencia de los recursos naturales y la biodiversidad, se pueden manifestar a nivel de ecosistemas, especies y genes. La fragmentación del hábitat, la deforestación y la erosión, problemas centrales en los bosques objeto de estudio de este trabajo, son amenazas que se ubican a nivel de ecosistemas. A este nivel se encuentran también otras amenazas, que a la vez pueden resultar como consecuencia de las primeras, como la disminución de la riqueza y abundancia de especies, el cambio climático y el cambio global.

1.1.4. Las implicaciones del cambio de las cubiertas del suelo

La degradación de las cubiertas vegetales representa una de las amenazas a nivel de ecosistemas. En este sentido, Yongnian et al. (2003) señalan que el cambio en las cubiertas del suelo tiene impactos tanto ambientales como económicos y que ambos amenazan al desarrollo sostenible. Entre las implicaciones ambientales se encuentran principalmente la pérdida de biodiversidad y de funciones de los ecosistemas que pueden ser muy difíciles de recuperar (Sen et al., 2002). Ampliamente reconocidos han sido también las correlaciones entre los patrones globales de clima y la vegetación (Betts, 2004). Los impactos del uso del suelo sobre el clima global pueden ser divididos en dos grandes categorías: biogeoquímicos y biogeofísicos. Los primeros, afectan el clima por alteración de los índices de los ciclos biogeoquímicos, por medio del cambio de la composición química de la atmósfera (Feddema et al., 2005). En este sentido, tal vez el papel más estudiado de las cubiertas vegetales sobre el cambio climático, sea como albercas receptoras y almacenadoras de carbono. Al respecto, diversos autores realzan su importancia en este sentido, principalmente la de los bosques tropicales (Maser et al., 1997; Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 1998; Vucetich et al., 2000; Klooster y Maser, 2000; Bounoua et al., 2002; Yongnian et al., 2003; Lewis, 2006; por mencionar algunos), donde se reconoce a la deforestación y perturbación de bosques primarios como la mayor fuente de emisiones de carbono a la atmósfera. Los procesos biogeofísicos, por su parte, afectan directamente los parámetros físicos que determinan la absorción y disposición de energía de la superficie terrestre (Feddema, 2005). Así, el clima proporciona la influencia

dominante en la densidad de la cubierta vegetal en diversas partes del mundo (Betts, 2004), pero la vegetación también influye sobre el clima a través de los flujos superficiales de la radiación, del calor y la humedad (Betts, 2004; Pielke, 2005; Feddema, 2005). Los cambios en las cubiertas del suelo pueden alterar los ciclos hidrológicos regionales (Yongnian et al., 2003). El dosel de la vegetación captura una gran fracción de la precipitación, que ha de ser re- evaporada a la atmósfera, comparada con el suelo desnudo, el cual retiene mucho menos humedad en la superficie antes de la infiltración y el escurrimiento (Zeleeke y Hurni, 2001; Betts, 2004). La vegetación puede también incrementar el flujo del vapor de agua a la atmósfera a través de la extracción de la humedad de las profundidades del suelo vía las raíces de las plantas por transpiración. Además, la mayor rugosidad aerodinámica de la superficie del suelo con vegetación, puede promover el flujo de la humedad a la atmósfera por medio de una turbulencia mayor (Betts, 2004). Pielke (2005), menciona también, en este sentido, la influencia del cambio el uso del suelo sobre las tormentas eléctricas. Importantes éstas para el transporte de calor, humedad y energía del viento a las más altas latitudes.

Entre las implicaciones económicas más importantes, Yongnian et al. (2003) identifican al decrecimiento en la producción primaria. Sin embargo, la pérdida en sí de los bienes y los servicios de los ecosistemas, representa también la pérdida de recursos con enorme potencial económico (SEMARNAP, 1997).

1.1.5. La percepción remota en el estudio de la vegetación y de su dinámica de cambio

Debido a lo expuesto en el apartado anterior es fundamental identificar métodos y herramientas que permitan conocer y monitorear el estado de las comunidades vegetales. Es por esto que para el estudio de la caracterización, el análisis y la cuantificación de los cambios en la cubiertas vegetales, autores como Dirzo y García (1992), Mas y Ramírez (1996), Sánchez-Azofeifa et al. (1999), Song et al. (2002), Álvarez et al. (2003) y Novak y Wang (2004), han recurrido al empleo de sistemas de percepción remota, reafirmando como la mejor opción para estudios de este tipo en ecosistemas boscosos, debido a sus capacidades multiespectrales, multitemporales y multiescalares, para la identificación de los usos del suelo.

De acuerdo con Chuvieco (1995), la percepción remota o teledetección, es una técnica que permite obtener información a través de la observación remota de la tierra, por medio de imágenes desde el aire o el espacio, así como su posterior tratamiento. Entre los tipos de materiales que se emplean para la aplicación de estas técnicas, se encuentran la fotografía aérea, y las imágenes de satélite, como Landsat, SPOT, Eros B, Ikonos y QuickBird.

Para el procesamiento de la información generada, se hace uso de los sistemas de información geográfica (SIG), que son el conjunto de programas que permiten almacenar, modificar y relacionar cualquier tipo de información espacial (Chuvieco, 1995). Toledo (1988)

considera como una gran necesidad el contar con herramientas que permitan dar seguimiento a la transformación de los hábitats naturales en el tiempo. Y resalta el papel fundamental que para ello juegan las técnicas de percepción remota como la fotografía aérea y las imágenes de satélite. López et al. (1996), por ejemplo, señalan la potencialidad de la interpretación de fotografías aéreas en los estudios de medio ambiente. Resaltan además, su factibilidad de integración con otras fuentes de información geográfica.

En México, Palacio-Prieto et al. (2000), emplearon las imágenes de satélite Landsat 7 ETM (Enhanced Thematic Mapper) para elaborar el Inventario Forestal Nacional 2000. Estas imágenes fueron interpretadas visualmente, y su validación, se realizó por medio de un muestreo basado en fotografía aérea digital. Por su parte, Trejo y Hernández (1996) obtuvieron la distribución de la selva baja caducifolia del estado de Morelos mediante el empleo de imágenes de satélite Landsat TM (Thematic Mapper), aplicando el método de clasificación no supervisada. Velázquez et al. (2003), realizaron un estudio sobre procesos de cambio en las cubiertas de uso del suelo en el estado de Oaxaca. Estos autores emplearon los mapas de uso de suelo de INEGI de 1979-1981, e imágenes Landsat ETM del año 2000 interpretadas visualmente, con el método interdependiente empleado por la FAO (1996). Estos fueron integrados en un SIG para obtener el mapa de vegetación y los procesos y tasas de cambio.

En la región de la mariposa Monarca, Collantes (1997), para su análisis de riesgo ecológico, generó los mapas de vegetación de 1970 y 1993. La primera fecha la interpretó a partir de fotografías aéreas, mientras que para la segunda fecha utilizó imágenes Landsat TM, por medio de clasificación supervisada. Ramírez (2001b) y Ramírez et al. (2003) en sus estudios de cambio de las cubiertas del suelo, para obtener las cubiertas de 1971 y 1994 emplearon también fotografía aérea para ambos años. Para el año 2000 emplearon imágenes Landsat ETM, aplicando la interpretación visual. En tanto, Brower et al. (2002), Honey-Rosés et al. (2004), WWF (2004) y WWF (2006) utilizaron para su trabajo fotografía aérea. Trejo y Hernández (1996) reconocen que, aunque el uso de las imágenes de satélite resulta eficiente para la determinación de la distribución de grandes grupos vegetales, su capacidad se ve limitada hacia el interior de las asociaciones, así como para determinar su composición y estado de conservación. Para ello, se hacen necesarios la información de campo y el conocimiento de las comunidades por parte del intérprete.

En torno a los métodos de interpretación, Mas y Ramírez (1996), analizan las técnicas de clasificación de las imágenes de satélite. Consideran que tanto la interpretación visual, como la clasificación digital pueden generar valiosa información para mapas temáticos. Sin embargo, en su estudio encontraron ventajas significativas de la primera, entre otras razones, porque el intérprete puede integrar en los criterios de interpretación características de la imagen como la textura, tamaño, patrones y la asociación de objetos, así como su conocimiento y experiencia.

1.2. JUSTIFICACIÓN

A pesar de la declaratoria de la RBMM en noviembre del 2000, visitando el sitio, no es difícil notar la extracción forestal tanto en sus áreas de amortiguamiento, como en las áreas núcleo. De hecho, los campesinos de diferentes comunidades han denunciado la existencia de grandes grupos de taladores, e incluso, algunos de ellos confiesan conocer o ser parte de estos.

Sin embargo, son pocos los referentes documentados sobre la efectividad o no de la actual Reserva. Ramírez et al. (2003) señalaban que al momento de su estudio era poco tiempo para hablar de resultados para la RBMM, pero que había de esperarse que estos fuesen positivos. Pero Missrie (2004), de manera breve, menciona que la tala ilegal continuó tras el último decreto. A ella se une el trabajo de Honey-Rosés et al. (2004), donde menciona que, a pesar de diferentes esfuerzos como es el caso de los Pagos por Trabajos de Conservación (auspiciado por WWF-Programa México y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza a través del Fondo de Conservación Mariposa Monarca), se identificó extracción forestal entre 2001 y 2003 mediante la comparación de fotografías aéreas.

Respecto a estudios mediante los cuales se han cartografiado los cambios en la cubierta vegetal de la región, se encuentran los estudios de Collantes (1997), sobre riesgo ecológico, comprendiendo los años de 1970 y 1993, de Brower et al. (2002), de cuantificación de cambios entre 1971 y 1999, los de Ramírez (2001b) y Ramírez et al. (2003), sobre procesos de cambio entre 1971 y 2000, de Honey-Rosés et al. (2004), WWF (2004) y WWF (2006), sobre la pérdida de bosques en la zona núcleo de la RBMM, tratados previamente en la parte introductoria de este trabajo. Estos estudios, aunque en los periodos y el área analizados son similares, no resultan del todo comparables y, de hecho, arrojan cuantificaciones de cambio significativamente distintas. Ello al interpretar la vegetación con insumos de diversos tipos y escalas distintas entre un año y otro.

El presente trabajo, responde así a la necesidad no solo de contar con un análisis más actualizado, sino también de considerar la totalidad de la RBMM. Es decir, incluir también al Cerros Altamirano, no estudiado en ninguno de los trabajos antes mencionados, y al Cerro Pelón, solo analizado en su área núcleo para después del 2001. Más aún, este estudio comprende un área de influencia forestal, que permite identificar los cambios en la cubierta vegetal fuera de los límites de la Reserva. En este sentido, Honey-Rosés et al. (2004), señalan la importancia y la necesidad de considerar una superficie amplia de monitoreo, sugiriendo incluso el estudio de la superficie forestal completa de la región. Ello permitirá conocer los cambios sufridos, y servir como herramienta para identificar las necesidades y prioridades para la conservación a una mayor escala.

Al comprender el periodo 1986-2003, permite analizar el impacto de los dos últimos decretos de protección. Esto, porque el decreto de 1986, como se mencionó antes, es

considerado como el que mayor impacto ha tenido sobre la vegetación de la región. Así, analizar desde 1986, permite determinar el estado de la cubierta vegetal en el mismo año del decreto de la REBMM. Y al interpretar dicha cubierta del año 1992, permite establecer un punto intermedio de monitoreo entre los dos últimos decretos, determinando de esta manera las condiciones después de 1986 y previas al 2000. Para el caso concreto del decreto de 2000, este trabajo permite evaluar su influencia a 3 años de funcionamiento. Este estudio permite entonces conocer el estado actual de la cubierta vegetal de la región y también, analizar la efectividad de esta última declaratoria de protección.

Al emplear únicamente imágenes Landsat TM y ETM+, se busca realizar la interpretación bajo una misma resolución, lo cual hace cabalmente comparables los años analizados (1986, 1992, 2000 y 2003). Y esto, sin la necesidad de interpolar o sacrificar información para hacer posible la homogeneización de la cobertura por pixel y la escala de interpretación. Se evita así también, un problema citado por Honey-Rosés et al. (2004): sobre ó subestimar cambios en la cubierta vegetal. En ese trabajo, los autores mencionan la necesidad de analizar dichos cambios empleando bases de datos similares para los años a considerar. En este caso, el realizar el estudio por un solo intérprete para todo el periodo a analizar, y con ello, con criterios de clasificación homogéneos, representa una ventaja adicional.

Mediante este análisis, es posible identificar entonces, los procesos de cambio en la cubierta vegetal, ya sean de regeneración o degradación, para evaluar así, desde este enfoque, la efectividad de las dos últimas declaratorias, respecto a la conservación de las masas forestales.

Por otra parte, este trabajo, puede representar positivos aportes a la conservación de los ecosistemas boscosos en la región objeto de estudio. Ello, porque al ser parte de un proyecto interinstitucional, la información generada es directamente aplicable como una herramienta en la toma de decisiones para la gestión ambiental y para el desarrollo regional.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Identificar el impacto de los decretos presidenciales de 1986 y 2000 sobre la cubierta vegetal del Área Natural Protegida de la mariposa Monarca.

1.3.1.1. Objetivos particulares

1. Cartografiar la cubierta vegetal del Área Natural Protegida de la mariposa Monarca y su área de influencia de los años 1986, 1993, 2000 y 2003.
2. Determinar los procesos de cambio en la cubierta vegetal del área en estudio.
3. Evaluar la efectividad de los decretos de protección en la conservación del bosque.

2. LAS DECLARATORIAS DE PROTECCIÓN

2.1. ¿POR QUÉ SE PROTEGIÓ EL HÁBITAT DE LA MONARCA?

Cada año, la mariposa Monarca (*Danaus plexippus* L.) recorre aproximadamente 4,830 km (Solensky 2004) para llegar a sus sitios de hibernación en México. Desde las Montañas Rocallosas y los Grandes Lagos en Canadá y el noreste de Estados Unidos, donde radica entre los meses de mayo y septiembre, hasta sus sitios de hibernación en los bosques de oyamel de la porción centro occidente del Eje Neovolcánico Transversal, donde estará desde noviembre hasta marzo del siguiente año (Calvert y Brower, 1986; Calvert et al., 1989; Hoth, 1995; Anderson y Brower, 1996; Brower et al., 2002).

El fenómeno de la hibernación de la mariposa Monarca en esos bosques ha sido del conocimiento ancestral de las comunidades indígenas y campesinas, y de los pobladores de la región (CONANP, 2001). Pero estos sitios de hibernación no habían sido identificados en el contexto científico e internacional sino hasta el 2 de enero de 1975. Fue entonces cuando Ken Brugger y Catalina Aguado, colaboradores de los zoólogos canadienses Fred y Norah Urquhart, localizaron la primera colonia hibernando en Cerro Pelón, en el Estado de México, y un mes más tarde, otra en Sierra Chincua, en el Estado de Michoacán (Brower, 1999; CONANP, 2001; Oberhauser y Solensky, 2004). Fred Urquhart publicó entonces en un artículo en la revista *National Geographic* en 1976 la ubicación general de las colonias de hibernación (Calvert y Brower, 1986; Brower, 1999, Barkin, 2001; CONANP, 2001). Sin embargo, con este artículo y el subsecuente deseo de Calvert y Brower en detallar los sitios de hibernación, no solo se despertó el interés por parte de la comunidad científica, también se despertó la curiosidad general por conocer dichos sitios, y con ello, surgió la demanda por visitarlos. Demanda que, según De la Maza (1995) y Barkin (2001) se incrementó rápidamente, y se reflejó en recorridos cada vez más nutridos y sin precauciones. Estos autores señalan que en la década de 1980, el número de turistas aumentó de 25,000 a 250,000, provenientes de todas partes del país y, en menor proporción, del extranjero (Barkin, 2001). Según Brower et al. (2002), varios autores advirtieron sobre la degradación de estos bosques debido a la tala industrial, la extracción de leña, el uso doméstico de sus recursos y la expansión de la superficie para la agricultura. Aunado a ello, se evidenció que estas actividades ocupaban áreas no idóneas para su desarrollo (De la Maza, 1995). Sin embargo, los estudios de cambio en las cubiertas vegetales de área, no aparecieron sino hasta después de 1997, en el trabajo de Collantes, y los posteriores de Ramírez (2001b), Brower et al. (2002) y Ramírez et al. (2003). Hasta principios de la década de 1990, los estudios que se habían realizado en el área se referían predominantemente a la biología de la hibernación de la monarca. De éstos, parte importante

analizaba el papel de los bosques de oyamel como hábitat de la mariposa y los efectos de su perturbación sobre el insecto. Al respecto se pueden citar los trabajos de Calvert et al. (1983) sobre el efecto de la posición de las monarcas en el estrato arbóreo sobre su capacidad de vuelo. Calvert y Brower (1986), Calvert et al., (1989), Alonso-Mejía et al. (1992), así como Anderson y Brower (1996), habían señalado por su parte, la importancia que tiene el bosque como protector de *Danaus plexippus* ante condiciones extremas de temperatura y humedad en los sitios de hibernación. Brower y Calvert (1985) y Montesinos (1996), por su parte, identifican que el riesgo de predación por aves es mayor en áreas abiertas del bosque.

2.2. LOS DECRETOS DE PROTECCIÓN

Se ha hecho hincapié en la mariposa Monarca y en los estudios que sobre ella se han realizado, dado que los distintos decretos de protección para el área en la cual hiberna, sucedieron con fundamento en la protección de dicho fenómeno en México. Esto, más allá de la importancia ecológica de la región, la cual, según la CONABIO (2004), es una Región Terrestre Prioritaria, poseedora de flora representativa del Eje Neovolcánico Transversal y de gran riqueza biológica. El proceso de protección de dichas áreas ha comprendido la emisión de tres declaratorias oficiales, la primera de ellas en 1980, seguida de otra en 1986 y la última en el año 2000, vigente a la fecha.

2.2.1. Decreto de 1980: el ANP “de papel”

En respuesta a los procesos de degradación que sucedieron al redescubrimiento de los sitios de hibernación de la mariposa Monarca, diversos autores comenzaron a alertar sobre el problema (Brower et al., 2002). Fue así que, según la CONANP (2001), especialistas en lepidópteros de la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN), se reunieron en dos ocasiones, una en Washington en 1977 y la otra en Costa Rica en 1979. En éste último encuentro se resolvió enviar una carta al Presidente de México, que entonces era el Lic. José López Portillo, solicitando la intervención de su gobierno en la conservación de la Monarca. En respuesta, el Lic. López Portillo por medio de un decreto emitido el 25 de marzo de 1980 y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de abril del mismo año, declaró como *Zona de Reserva y Refugio de la Fauna Silvestre, los lugares donde la mariposa conocida con el nombre de Monarca, hiberna y se reproduce* (DOF, 9/Abr/1980; SEMARNAP, 1997b; CONANP, 2001; Brower et al., 2002; Ramírez et al., 2003). Con ello quedó establecida también, la veda por tiempo indefinido de la caza y captura en todo el territorio nacional de la mariposa, así como la utilización de sus productos y despojos (DOF, 9/Abr/1980; CONANP, 2001). La administración

de estas zonas de reserva quedó a cargo de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (Chapela y Barkin, 1995).

Sin embargo, este escueto decreto de apenas menos de una cuartilla de extensión, resultó, a decir de Brower et al. (2002), ambiguo. Pretendió proteger a *D. plexippus* no solo en sus sitios de hibernación, sino también en todo el territorio nacional careciendo de una delimitación espacial (Ramírez et al., 2003) y de un programa de manejo, además de infraestructura alguna. Incluso, varios autores no reconocen ni mencionan este decreto como antecedente en la protección del hábitat del lepidóptero, o se le identificó a esta región como una de las ANP “de papel”, situación en la que se encontraban muchas otras en el país. Tal era el desconocimiento de la monarca, que incluso en el decreto se le atribuyen al lepidóptero propiedades medicinales.

En estas circunstancias, las presiones sobre el área continuaron y diversas organizaciones se involucraron en la conservación de la monarca. Instituciones como Monarca A.C., el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y el Grupo de los 100 se sumaron así a la IUCN (CONANP, 2001; Brower et al., 2002) y a los investigadores que se encontraban ya trabajando por la conservación del fenómeno. De acuerdo con Melo y López (1989), el grupo científico de Monarca A.C. solicitó a la SEDUE la incorporación de la región al SINAP.

El 6 de septiembre de 1984 se creó el Fideicomiso Mariposa Monarca, con apoyo de la SEDUE (Calvert et al., 1989; Melo y López, 1989; CONANP, 2001) y para 1985, el gobierno del Estado de Michoacán expropió 70 ha en Sierra Chincua. Por su parte, el gobierno Federal hizo lo propio, a través de la SEDUE, adquiriendo 705 ha contiguas a las expropiadas por el gobierno de Michoacán (Calvert et al., 1989; CONANP, 2001).

2.2.2. Decreto de 1986: la Reserva Especial de la Biósfera

Para comenzar a tratar respecto a esta declaratoria, se debe señalar que no resulta claro bajo que estudios o criterios fue diseñada la REBMM. El Decreto Oficial señala que esto fue en base a un estudio previo realizado por la SARH y la SEDUE (DOF, 9/Oct/1986), y la CONANP (2001) refiere también un trabajo entre esas dos secretarías, pero con la intervención del Instituto de Biología de la UNAM. Estos dos estudios bien podrían ser el mismo. Pero Camarillo y Rivera (1990) hacen mención de un Plan de Manejo y Presupuesto elaborado entre la SEDUE y Monarca A.C. en 1985. El Decreto de 1986 sería resultado entonces de uno de los 10 subprogramas de ese Plan. De acuerdo con Melo y López (1989), la declaratoria de protección estuvo basada en la primera versión del “Programa Integral de Desarrollo Reserva Ecológica Mariposa Monarca”. Más aún, Chapela y Barkin (1995), no reconocen ningún estudio previo.

Con todo y lo anterior, fue en 1986, durante el gobierno del Lic. Miguel de la Madrid Hurtado, que por medio del decreto del 30 de septiembre, se declaró a una superficie de 16,110 ha como *Áreas Naturales Protegidas para los fines de migración, invernación y reproducción de la Mariposa Monarca, así como la conservación de sus condiciones ambientales*. Dicha área

natural quedó ubicada entre los estados de México y Michoacán (DOF, 9/Oct/1986; Camarillo y Rivera, 1990; SEDUE, 1989; SEMARNAP, 1997b; CONANP, 2001), en 3 y 4 municipios, respectivamente, y comprendiendo un total de 36 ejidos (Chapela y Barkin, 1995). Se ratificó también, la veda en todo el territorio nacional para la caza y captura de la Monarca (DOF, 9/Oct/1986).

Esta declaratoria contó entonces con una delimitación definida, en la que se establecieron cinco polígonos o santuarios: Sierra Chincua, Sierra el Campanario, Cerros Chivatí-Huacal, Cerro Pelón y Cerro Altamirano (DOF, 9/Oct/1986; Malcolm, 1993; SEMARNAP, 1997b; CONANP, 2001).

Se decretaron 6 zonas núcleo y 5 de amortiguamiento. Esto, debido a que se contemplaron dos zonas núcleo para el santuario Cerro Pelón. En las zonas núcleo, que en conjunto sumaban 4,490 ha, solo estarían permitidas actividades para la protección de la mariposa y proyectos de investigación (Chapela y Barkin, 1995), declarando veda total para la explotación y aprovechamiento de la flora y fauna silvestres (DOF, 9/Oct/1996). Las zonas de amortiguamiento, comprendiendo en conjunto 11,619 ha, estaban destinadas para el desarrollo del aprovechamiento maderable y el turismo (Chapela y Barkin, 1995; Missrie, 2004). Las vedas para flora y fauna se decretaron para este caso como temporales (DOF, 9/Oct/1986).

Las áreas protegidas por este decreto, fueron mejor conocidas como Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca, y solo algunos autores como Camarillo y Rivera (1990), SEMARNAP (1997b) y CONANP (2001) las reconocen con el nombre oficial expreso en la declaratoria de 1986. Como se explicó en el Capítulo I, en el apartado sobre ANP, el sistema de Reservas Especiales de la Biosfera, fue introducido durante la administración de Miguel de la Madrid y fue usada extraoficialmente para denominar varias áreas previamente decretadas bajo otras categorías. Este fue el caso de las áreas protegidas de la mariposa Monarca, que cuando pasaron a la administración de la SEDUE a principios del gobierno de De la Madrid, fueron recategorizadas como REBMM. Ello significa, que lo anterior se aplicó a las Zonas de Reserva y Refugio de la mariposa decretadas en 1980 (el sexenio de De la Madrid comenzó en 1982), de manera que el Decreto de 1986, como lo señala la misma SEMARNAP (1997b), sirvió para precisar la superficie y zonificación. Pero sería ésta última declaratoria la que a la postre, sería mejor identificada como REBMM.

La administración corrió a cargo de la SEDUE (DOF, 9/Oct/1986; Chapela y Barkin, 1995), y más tarde se integrarían también la SARH y la Secretaría de la Reforma Agraria. Participaron además en las actividades de investigación y conservación, otras instituciones y organizaciones como Monarca A.C., WWF, IUCN, Lepidoptera Specialist Group (LSG), la National Geographic Society, la Sociedad Mexicana de Lepidopterología A.C., y las Universidades de Florida, Toronto y Nacional Autónoma de México (Chapela y Barkin, 1995).

Melo y López (1989) señalan que en 1987, el Programa Integral de Desarrollo Reserva Ecológica Mariposa Monarca fue ligeramente modificado para conformar el Programa Integral de Desarrollo Mariposa Monarca.

Según la CONANP (2001), la Reserva se incorporó en 1992 al Programa de Conservación de la Biodiversidad en Áreas Naturales Protegidas Selectas de México, auspiciado por el Fondo Global para el Medio Ambiente.

Sin embargo, pronto se harían presentes diversos problemas y evidentes las carencias de la REBMM. Para los investigadores preocupados en el lepidóptero, resultó de importancia el hecho de que los polígonos de la Reserva no protegían todos los Santuarios conocidos donde hiberna la mariposa. Además, los 5 polígonos en su mayoría no coincidían con los patrones de distribución y movimiento de las colonias (Brower et al., 2002; Ramírez et al., 2003; Missrie, 2004).

Respecto al primer punto, Brower et al. (2002) y Missrie (2004), señalan que el decreto de 1986 protegía solo a 5 de los 12 macizos montañosos donde la monarca hiberna. Los otros 7 santuarios, propuestos por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) (Missrie, 2004), según Bojórquez et al. (2003), fueron poligonizados, pero nunca se decretaron oficialmente (Figura 2.1).

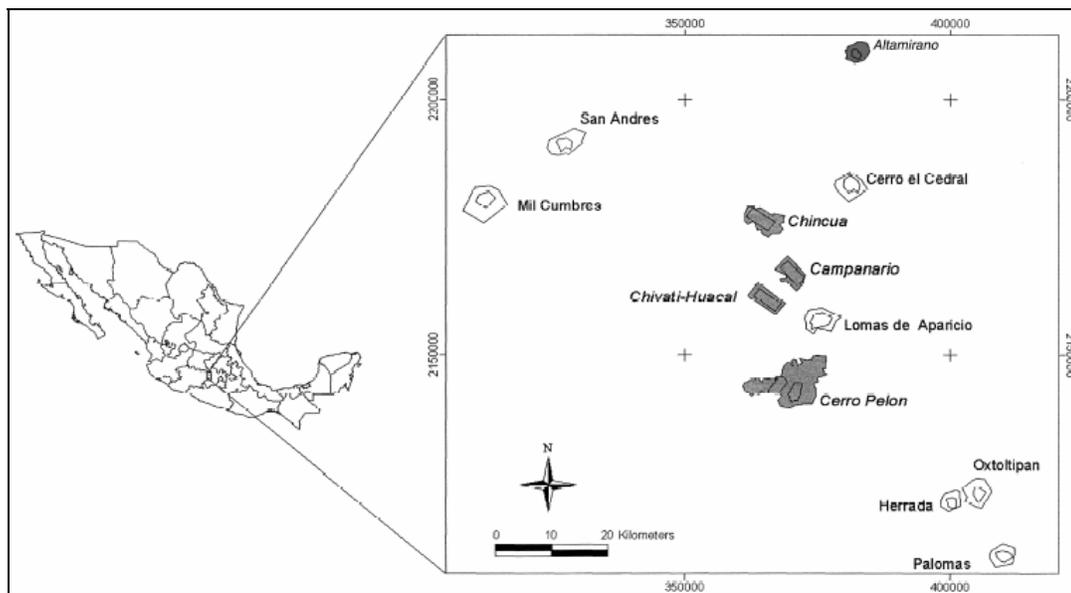


Figura 2.1. Los 12 santuarios poligonizados para la REBMM. Los polígonos sombreados, fueron los protegidos por el Decreto de 1986. Tomado de Bojórquez et al., 2003.

Las áreas faltantes a las que Bojórquez, Brower y Missrie hacen referencia son: Cerro Cedral, Lomas de Aparicio, Oxtotilpan, Palomas, Herrada, Mil Cumbres y San Andrés (Cuadro 2.1). Con excepción de los primeros tres, todos ellos, incluyendo también a los 5 polígonos decretados, coinciden con los sitios colonizados en invierno por las monarcas identificados por

Calvert et al. (1989). En cuanto a la distribución de las colonias, Bojórquez et al. (2003) identificaron 149 sitios, de los cuales, 50% se encontraban dentro de las zonas núcleo, pero 20%, estaban ubicados en las zonas de amortiguamiento y hasta un 30% totalmente fuera de la REBMM. Para Brower et al. (2002), todo ello refleja el incompleto conocimiento de las necesidades ecológicas de la mariposa en el diseño de la Reserva.

Sitio	A	B	C
San Andrés	✓	✓	
Mil Cumbres	✓	✓	
Altamirano	✓	✓	✓
Cerro Cedral		✓	
Chincua	✓	✓	✓
Campanario	✓	✓	✓
Picacho	✓		
Chivatí-Huacal	✓	✓	✓
Lomas de Aparicio		✓	
Cerro Pelón	✓	✓	✓
Oxtoltipan		✓	
Herrada	✓	✓	
Palomas	✓	✓	

Cuadro 2.1. Los santuarios de hibernación reconocidos por: A) Calvert et al., 1989; B) Brower et al., 2002, Bojórquez et al., 2003 y Missrie, 2004; y C) Los protegidos por el Decreto de 1986.

En lo que a los aspectos socio-económicos se refiere, los desaciertos no fueron menores. Según Carachure (1996), las actividades económicas de las habitantes en la reserva, tenían como base el uso y explotación de los bosques por medio de la extracción de madera para uso doméstico e industrial. Con ello, la tala ilegal en las áreas próximas a las colonias continuó (Brower, 1999; Brower et al., 2002) y con ello crecieron los conflictos entre taladores y las organizaciones para la conservación (Bojórquez et al., 2003). De hecho, autores como Chapela y Barkin (1995), Brower et al. (2002) y Ramírez et al. (2003), consideran que tras este decreto en especial, se vio incrementada la tala significativamente. El ejemplo más citado, es el de una extensión boscosa de importancia en el Cerro Chivatí-Huacal, que en 1992 fue talada y quemada (Chapela y Barkin, 1995; Hoth, 1995; Brower, 1999). Brower et al. (2002) señalan también la expansión de la superficie agrícola. Como parte de la inconformidad generada, campesinos y ejidatarios de Michoacán y el estado de México, formaron la Alianza de Ejidos y Comunidades de la Mariposa Monarca. A través de ésta, exigieron a la SEMARNAP la revisión del decreto respecto a la veda forestal, así como para redefinir los límites de las áreas núcleo y amortiguamiento (Carachure, 1996).

Desde el punto de vista de Hoth (1995), estos problemas se agudizaron toda vez que la REBMM fue diseñada bajo el esquema “tradicional” de conservación con la filosofía de *no tocar*. Ello, basados en los argumentos de Brower, Calvert y demás autores que consideran al mínimo disturbio como amenaza para la mariposa (para no salir de la discusión Hoth *versus* Brower y

otros, o bien, Teorías Contemporánea *versus* Clásica, como lo calificara Collantes, 1997), excluyendo así cualquier posibilidad de aprovechamiento. Chapela y Barkin (1995) considera que los ejidatarios y comuneros tuvieron que enfrentarse a una expropiación sin indemnización, aunque Merino (1999), señala que en el caso de la REBMM no se procedió a la expropiación de propiedades. Sigala (1999) comprende el descontento de la población, toda vez que nunca fueron consultados respecto a la creación de la Reserva, de manera que esta les fue impuesta. Las autoridades se adjudicaron para sí el control de la REBMM, pero delegaron los costos de conservación sobre los campesinos. Además, ante la limitación en el uso de sus recursos, no se les ofrecieron alternativas económicas a estas comunidades (Chapela y Barkin, 1995; Missrie, 2004). Respecto a esto último, Malcolm (1993) resaltó el esfuerzo de Monarca A.C. por fomentar la participación de la comunidad local en los esfuerzos de conservación. Esto fue posible al abrirse al turismo las agregaciones de mariposas en el área conocida como el Rosario, correspondiente a la Sierra el Campanario (Calvert et al., 1989; Malcolm, 1993; Hoth, 1995; CONANP, 2001) y por medio de la creación de un invernadero en Chincua (Calvert et al., 1989). Sin embargo, Hoth (1995) denuncia un apoyo desigual, como sucedió con el caso de El Rosario, con la mayor parte de éste. En la actualidad, esta es una de las comunidades más conflictivas y que más explotan el fenómeno migratorio por los ingresos económicos que representa por medio del turismo.

En 1989 tuvo lugar el cierre de la compañía Impulsora Minera de Angangueo por incosteabilidad (Daudy, 1992; Carachure, 1996). Esto implicó la pérdida de una fuente de trabajo, principalmente para habitantes de los municipios de Angangueo y Ocampo, que agudizó el desequilibrio de la economía (Carachure, 1996) y la problemática de la región.

Para 1996, las propias autoridades ambientales señalaban a la REBMM como una de las tres ANP más conflictivas, tanto por la problemática de la explotación de sus bosques, como por la alta densidad de su población y su delimitación inadecuada (SEMARNAP, 1996).

2.2.3. Decreto de 2000: la Reserva de la Biósfera

No fue sino después de todos los problemas anteriores, que se consideró conjugar la conservación de la mariposa y su hábitat con la oferta de alternativas económicas para los pobladores de la región (Missrie, 2004). Bajo esta perspectiva, se harían los nuevos planteamientos para la conservación del fenómeno migratorio.

El primer encuentro de relevancia hacia la reestructuración de la Reserva fue la Reunión de América del Norte sobre la Mariposa Monarca. Teniendo como sede la ciudad de Morelia, Michoacán, se llevó a cabo del 10 al 14 de noviembre de 1997 (USFWS, 1998; Hoth, 1999), organizada por la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), en el marco del Tratado Trilateral de Libre Comercio (TTLC) (Hoth, 1999; Brower et al., 2002). En ella se reunieron tanto académicos, organizaciones no gubernamentales y autoridades, como campesinos y taladores

(Hoth, 1999; Brower et al., 2002; Bojórquez et al., 2003). Los objetivos que se trazaron en esta reunión fueron: contribuir a la comprensión del fenómeno migratorio de la mariposa Monarca y de los requerimientos para su conservación a lo largo de toda su ruta migratoria; constituir un foro de diálogo entre instituciones y grupos de Canadá, Estados Unidos y México interesados en la conservación de la mariposa Monarca, y definir actividades en torno a su conservación en el contexto del desarrollo sustentable (Hoth, 1999).

Más tarde, acorde con la Reunión de 1997, tendría lugar un encuentro entre la WWF y la SEMARNAP, por medio del Instituto Nacional de Ecología (INE), llevado a cabo en febrero de 1998 (Brower et al., 2002; Missrie, 2004). Este espacio tenía ya la franca intención de rediseñar las áreas protegidas de la monarca. De ahí, según Missrie (2004), la WWF trazó dos metas principales para una propuesta técnica: 1) determinar el hábitat requerido para la protección a largo plazo del fenómeno migratorio y 2) proponer y delinear cartográficamente nuevos límites para la Reserva en congruencia con las necesidades de las colonias hibernantes.

Para alcanzar los objetivos anteriores, la WWF convocó del 26 al 28 de octubre del mismo año, a un grupo de trabajo conformado por 20 académicos e investigadores de México, Estado Unidos y Canadá, e investigadores y representantes del INE y la PROFEPA (Brower et al., 2002; Bojórquez et al., 2003; Missrie, 2004). Estos fueron separados en tres grupos para prevenir personalidades dominantes, y en cada grupo un moderador guió las discusiones (Bojórquez et al., 2003). Se plantearon 3 objetivos específicos: 1) identificar las condiciones físicas y biológicas de los sitios de hibernación usados por la monarca; 2) localizar áreas potenciales para la hibernación que pudieran incluirse en la Reserva; y 3) delimitar el área mínima indispensable para garantizar el fenómeno migratorio a largo plazo (Missrie, 2004). Según Brower et al. (2002), una meta adicional fue cuantificar la degradación de los bosques de oyamel-pino.

Para cumplir los primeros tres objetivos, se emplearon técnicas de Evaluación de Sustentabilidad de Hábitat y modelos Multi-Criterio. Se desprende de ello el trabajo de Bojórquez et al., publicado por *Conservation Biology* en el 2003 (Missrie, 2004). Con el trabajo de Brower et al. (2002), se haría lo propio respecto al análisis de la deforestación del hábitat de hibernación de *D. plexippus*.

De esta manera, se originaron diversos diseños para la Reserva. Según lo detalla Missrie (2004), en un principio, se considerarían principalmente la protección del máximo número de colonias posible, combinado con la potencialidad de áreas como sitios para la hibernación de la mariposa. Una segunda configuración, incluiría la protección de cuencas. La WWF reuniría en enero de 1999 a otro grupo de 5 investigadores para considerar también los factores biológicos y socioeconómicos. Fue así que se alcanzó una primer propuesta para la nueva Reserva, la cual comprendía un área núcleo de 19,929 ha, y una de amortiguamiento de 25,580 ha, con una superficie total de 45,000 ha. Este diseño fue presentado por la WWF a la SEMARNAP en junio de 1999.

Esa Secretaría, según la misma Missrie (2004), considerando las reacciones de los campesinos afectados, presentó en noviembre de 1999 una nueva propuesta con una zona núcleo, una de amortiguamiento y una de influencia. En la primera, estaría prohibida toda actividad, mientras que en la segunda solo se permitiría la colecta de hongos, la reforestación y el manejo de cuencas, dejando el aprovechamiento maderero en la zona de influencia. Sin embargo, en enero del 2000, esta propuesta fue modificada, fusionándose, de común acuerdo, con la propuesta original de la WWF. Desapareció la zona de influencia, y se consideraron áreas núcleo y de amortiguamiento continuas para proteger tanto el hábitat potencial, como las cuencas. En mayo se agregó la tenencia de la tierra al modelo. Resultó de lo anterior, la tercer propuesta, con área núcleo total de 15,306 ha y de amortiguamiento de 40,953 ha, alcanzando una superficie final de 56,259 ha. Posteriormente, señala Missrie (2004) de junio a octubre de 2000, tuvieron lugar negociaciones entre los propietarios involucrados y la SEMARNAP. Se discutieron ahí los términos de compensación económica y los límites de la reserva (Brower et al., 2002, Bojórquez et al., 2003; Missrie, 2004). Ambas partes llegaron a un acuerdo el 24 de octubre de 2000, estableciéndose así el diseño definitivo de la nueva Reserva, con la misma superficie total de la propuesta anterior (56,259 ha), pero con área núcleo de 13,552 ha y de amortiguamiento de 42,707 ha (Missrie, 2004).

De esta manera, con decreto del 7 de noviembre, publicado en el DOF del 10 de noviembre de 2000, el Ejecutivo Federal, Ernesto Zedillo Ponce de León, declaró *Área Natural Protegida, con el carácter de Reserva de la Biósfera, la región denominada Mariposa Monarca* (DOF, 10/Nov/2000; Ramírez et al., 2003; Missrie, 2004), misma que hoy se conoce oficialmente como Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca (RBMM). Ésta quedó ubicada en 4 municipios del estado de México: Temascalcingo, San Felipe del Progreso, Villa de Allende y Donato Guerra; y en 6 del estado de Michoacán: Contepec, Senguio, Angangueo, Áporo, Ocampo y Zitácuaro.

Según Ramírez et al., (2003), involucró a 140 predios. Estos pertenecen a 57 ejidos (que pueden tener dos o más predios), 13 comunidades indígenas, una propiedad federal, una estatal, y el resto propiedad privada o en litigio (CONANP, 2001). Se especifican en ese decreto, 3 polígonos como áreas núcleo: Altamirano, Chincua-Campanario-Chivatí, y Cerro Pelón. Como áreas de amortiguamiento, quedaron establecidos 2 polígonos generales: Altamirano y Chincua-Campanario-Chivatí-Pelón (Figura 2.2).

Sin embargo, la RBMM dio protección solo a los mismos cinco santuarios que del decreto anterior. En áreas núcleo, entre otras actividades, quedó prohibida la explotación forestal, el aprovechamiento de flora y fauna silvestres y el cambio en el uso del suelo. Las de amortiguamiento, por su parte, quedaron integradas por diferentes subzonas: de aprovechamiento sustentable, de uso restringido, de asentamientos humanos, de uso público, de aprovechamiento especial y de recuperación. También se ratificó una vez más, la veda para la caza y captura de la Monarca en todo el territorio nacional. Importante también, resulta en este decreto, un artículo que especifica el respeto de usos, tradiciones y costumbres de los

pobladores en las acciones de conservación. La administración fue delegada a la SEMARNAP (DOF, 10/Nov/2000). Actualmente corresponde a ésta, pero con el nombre de Secretaría de Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Cuenta también con un Programa de Manejo, el cual fue dado a conocer en el DOF del 30 de abril de 2001, pero publicado hasta diciembre de ese año (Véanse DOF, 30/Abr/2001 y CONANP, 2001).

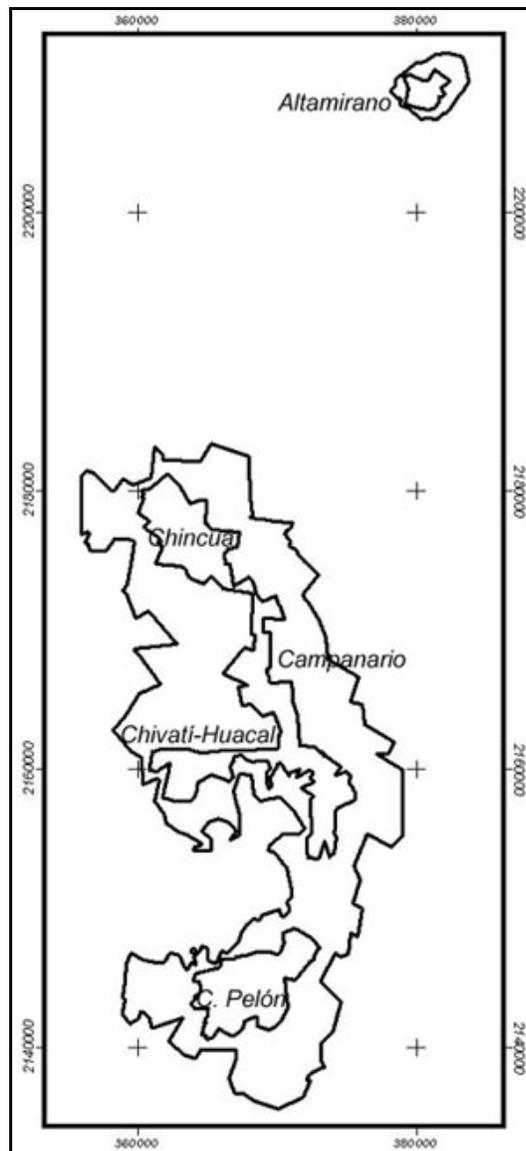


Figura 2.2. Polígonos de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca.

3. MÉTODO

3.1. ÁREA EN ESTUDIO

El área en estudio se encuentra enclavada en el Eje Neovolcánico Transversal y cubre la totalidad de la RBMM más su área de influencia forestal. Las coordenadas geográficas extremas son 19° 17' N, 100° 05' W y 20° 02' N, 100° 29' W. La superficie total del área en estudio es de 343,191 hectáreas, con lo cual abarca 20 de los 27 municipios de la región denominada País de la Monarca: Angangueo, Áporo, Contepec, Irimbo, Juárez, Jungapeo, Maravatío, Ocampo, Senguio, Susupuato, Tlalpujahuá, Tuxpan y Zitácuaro, en el estado de Michoacán y Donato Guerra, Ixtapan del Oro, El Oro, San José del Rincón, Temascalcingo, Villa de Allende y Villa Victoria, en el estado de México (Figura 3.1).

3.1.1. Clima

Dentro de la región y sus proximidades, pueden identificarse 26 estaciones climatológicas. Sin embargo, esta red de estaciones presenta varios inconvenientes. En primer lugar, aunque existen dos de estas que registran información meteorológica desde 1923 (Zitácuaro y Ciudad Hidalgo), solo cuatro poseen datos para después del año 2000. Además, la mayoría ven interrumpidas sus series durante algún periodo. Las altitudes a las cuales dichas estaciones operan, van desde los 1,430 m, hasta los 2,929 m (Cuadro 3.1).

El tipo de clima cambia en distancias relativamente cortas debido al relieve, que origina cambios de altitud, exposición de laderas y relieves escarpados. Estos, a su vez, producen variaciones microclimáticas significativas (CONANP, 2001). Por ello, para el conjunto montañoso, Ramírez (2001) identifica un clima C (w₂)(w)b'(i'), templado subhúmedo con coeficiente P/T > 55.0, con lluvias de verano, con porcentaje de lluvias de invierno menor de 5%, semifrío, con verano fresco y largo, temperatura del mes más caliente entre 6.5 y 22° C y poca oscilación térmica. Daudy (1992) y García (1997) lo consideran también con marcha tipo ganges, donde el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano. En cuanto a la precipitación, dicha área tiene valores medios anuales entre 900 y 1,200mm (García, 1997). Para Ramírez (2001a), la precipitación anual media oscila entre 800 y 960mm.

3.1.2. Geología

En general el área de la RBMM presenta una superposición de relieves originada por abundantes erupciones volcánicas que se derramaron por fisuras, fallas y chimeneas.

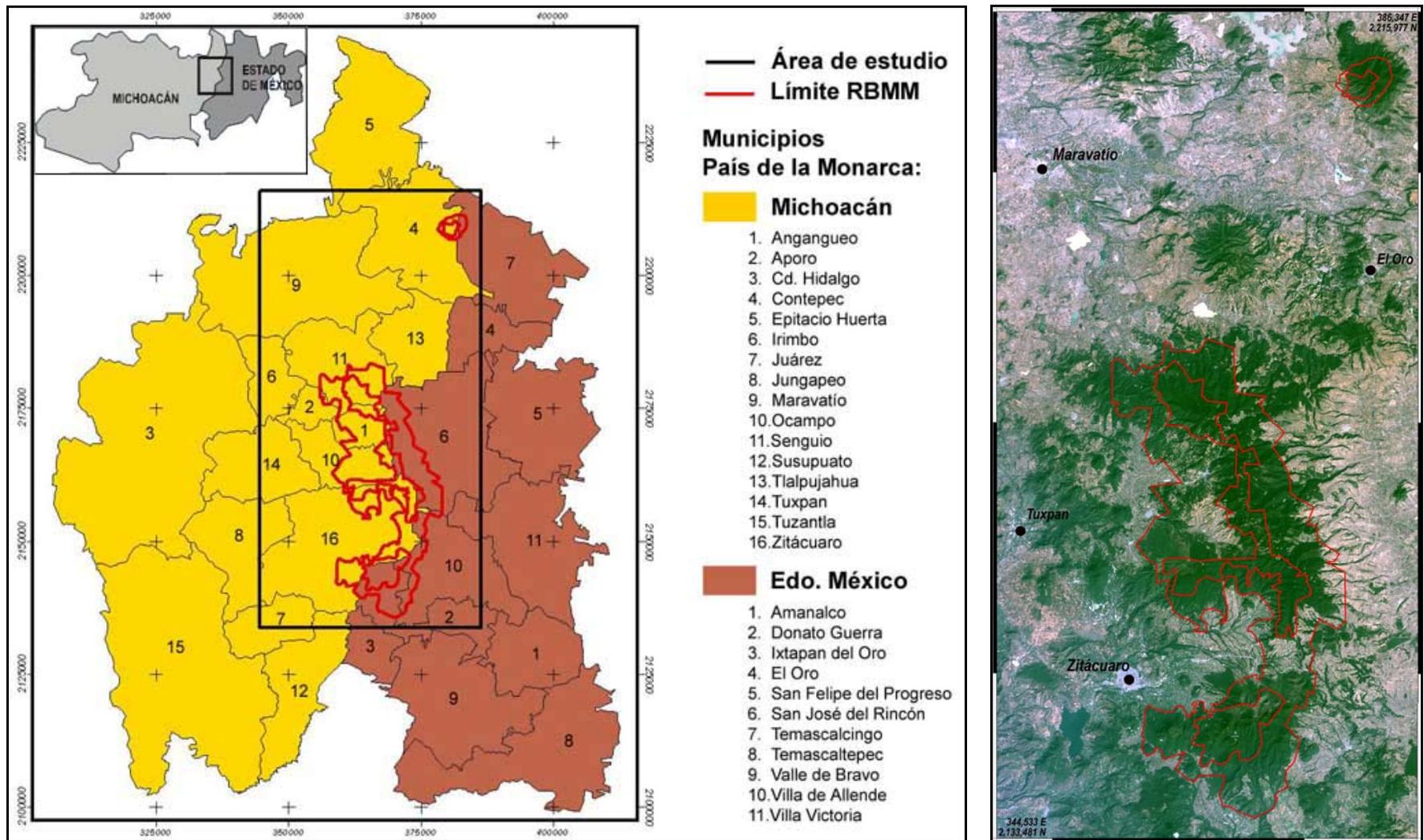


Figura 3.1. Área en estudio. A la izquierda, el mapa que muestra la ubicación del área en estudio en el País de la Monarca. A la derecha, la misma a detalle, en la imagen de satélite Landsat ETM en compuesto de color 3,2,1.

Localidad	Clave	Latitud	Long.	Altitud (m)	Anual						Periodo de observación
					T Media	T Mín	T Máx	T MínM	T MáxM	PP	
Ixtapan del Oro	15035	19° 16'	100° 16'	1680	17.94	9.97	25.91	-	-	929.1	1961-1981;1983-1986
Palizada	15066	19° 31'	100° 08'	2660	11.28	2.31	20.30	-	-	920.4	1959-1998
P. Brockman	15070	19° 46'	100° 08'	2929	11.49	4.52	18.47	-	-	963.2	1974-1980; 1982-1984; 1986-1992; 1995-1998
San Felipe	15087	19° 42'	99° 58'	2550	14.12	5.50	22.74	-	-	819.3	1961-1987
Temascalcingo	15117	19° 55'	100° 02'	2570	14.40	5.94	22.86	-	-	804.0	1965-1978; 1980-1985; 1988-1992; 1995-1997
Tultenango	15128	19° 51'	100° 05'	2580	13.61	5.99	21.23	-	-	802.3	1961-1989; 1992; 1995-1997
Pueblo Nuevo	15146	19° 34'	100° 03'	2680	12.34	4.72	19.95	-	-	963.7	1961-1967; 1972-1986
El Oro	15183	19° 48'	100° 08'	2740	11.90	4.95	18.85	-	-	902.3	1972-1986; 1995-1998
Chincua	16033	19° 48'	100° 20'	2456	14.62	7.29	22.08	-5.5	35.5	836.6	1968-1971; 1974-1982; 1984-1985; 1987; 1990; 1992-2002
El Bosque	16036	19° 23'	100° 23'	1750	18.83	12.80	24.86	2.5	35.0	982.0	1952-1988
Jungapeo	16058	19° 26'	100° 30'	1430	21.99	14.23	29.74	0.0	40.0	847.6	1943-1947; 1950-1968; 1970-1971; 1973-1986
Laguna Fresno	16061	19° 28'	100° 25'	2070	16.56	8.85	24.19	-5.0	37.0	780.6	1947-1979; 1984-1985; 1992-1997; 1999-2002
Maravatio	16078	19° 54'	100° 27'	2080	17.85	9.39	26.31	-5.0	41.0	922.1	1927-1931; 1941-1948; 1952-1958; 1960-1965; 1980-1984
Presa Malpaís	16096	19° 45'	100° 53'	1831	17.24	8.26	26.23	-6.8	38.3	705.4	1944-1946; 1948-1958; 1961-1985; 1998-1999
P. Pucuateo	16097	19° 38'	100° 42'	2505	13.76	6.10	21.33	-9.2	33.0	1283.5	1951-1985; 1992-2001
P. Sabaneta	16098	19° 37'	100° 41'	2513	13.84	6.53	21.08	-5.0	33.0	1313.8	1953-1968; 1970-1975; 1977-1984; 1992-2001
P. Tuxpan	16099	19° 33'	100° 29'	1771	18.11	10.84	25.38	0.0	34.0	820.4	1953-1960; 1969-1980
San José	16111	19° 55'	100° 18'	2100	17.65	9.06	26.23	-6.0	39.0	880.0	1956-1968; 1970-1995; 1997-1999
San Nicolásito	16115	19° 55'	100° 25'	2000	16.45	8.91	23.99	-7.0	36.5	830.9	1955-1957; 1959-1967; 1969-1970
Senguio	16121	19° 44'	100° 21'	2511	16.12	8.47	23.77	-2.5	38.0	903.2	1969-1983*
Tepuxtepec	16129	20° 00'	100° 15'	2345	15.60	8.64	22.55	-3.3	35.6	886.8	1948-1985; 1992-1999*
Tuxpan	16134	19° 34'	100° 27'	1800	19.22	11.32	27.11	0.0	39.5	892.9	1941-1942; 1945; 1949-1955; 1957-1968; 1970-1977; 1984
Zitácuaro	16148	19° 26'	100° 22'	1981	17.44	11.37	23.53	1.3	34.0	947.4	1923-1961; 1963-1968; 1970*
Cd. Hidalgo	16152	19° 42'	100° 34'	2020	17.37	8.40	26.35	-	-	843.7	1923-1977; 1979-1988*
Encarnación	16192	19° 30'	99° 58'	2035	18.73	11.50	25.97	1.0	36.0	835.7	1975; 1977-1980; 1987-2001
P. Tuxpan2	16258	19° 34'	100° 30'	1770	17.76	9.27	26.24	-1.0	38.0	708.4	1984-1988*

Cuadro 3.1. Datos climatológicos de las estaciones dentro y próximas al área en estudio. A excepción de las Temperaturas Extremas (T MinM y T MaxM), los datos corresponden a promedios anuales. PP representa la precipitación total anual promedio.

Estos productos cubrieron el relieve anterior creando uno nuevo representado por abundantes conos volcánicos, derrames lávicos, laharras, depósitos de brechas volcánicas y cenizas, las cuales dieron origen a cuencas endorreicas. En la porción norte del área, se encuentran rocas ígneas extrusivas intermedias mezcladas con fragmentos andesíticos formando capas originarias del Terciario, con fracturamiento moderado en dirección este-oeste y una falla normal, en el mismo sentido, ubicada al extremo sur del Cerro Altamirano (CONANP, 2001). El conjunto Chincua-Campanario-Chivatí-Huacal, por su parte, presenta una estructura geológica resultado de tres fases de vulcanismo durante el Cenozoico (Ramírez, 2001a). La primera fase, el Oligoceno-Mioceno inferior, que se desarrolló sobre basamentos del Jurásico superior-Cretácico inferior, en el Mesozoico, se distingue por rocas calcoalcalinas, formadas por la acumulación de andesitas, tobas y brechas. La segunda fase corresponde al Mioceno medio y superior, caracterizada por emisiones dacíticas e ignimbríticas. A la tercera fase, la Plio-Cuaternaria, corresponden la mayoría de los materiales de este sistema. Las acumulaciones andesíticas tuvieron lugar durante el Plioceno, mientras que el material basáltico fue emitido durante el Cuaternario. De acuerdo con la CFEM (1983), en Cerro Pelón, están presentes materiales ígneos extrusivos intermedios, los cuales pertenecen al Terciario superior. Para la CONANP (2001), hacia esta área sur existen capas de material piroclástico cubierto en su mayoría por capas combinadas de andesitas gris y rosa.

3.1.3. Fisiografía

El área pertenece a la Provincia Fisiográfica del Sistema Neovolcánico Transversal (CONANP, 2001; Ramírez, 2001a). De acuerdo con Ramírez (2001a), la actividad volcánica y tectónica de dicho sistema, ha dado lugar a un gran número de cuencas endorreicas. Por su parte, el desarrollo de la cubierta vegetal así como de las actividades humanas, se ve significativamente influenciado por el relieve. En el área es posible encontrar relieve de tipo volcánico, conformado por relieve montañoso, rampas de piedemonte y elevaciones menores. Se presenta también relieve no volcánico y planicies. Predominan las pendientes pronunciadas, y más de la mitad de la superficie ocupada por la RBMM presenta inclinaciones mayores a los 15 grados. Los predominantes suelos son medianamente desarrollados y presentan erosión de ligera a fuerte.

El relieve de la RBMM está compuesto por tres unidades geomorfológicas: el aparato volcánico Cerro Altamirano al norte, el subsistema montañoso Chincua-Campanario-Chivatí-Huacal en la porción central y los aparatos volcánicos de los Cerros Pelón y Cacique al sur. Las elevaciones máximas corresponden al Cerro Altamirano 3,320 msnm, Campanario 3,640 msnm, Huacal 3,200 msnm, Chivatí 3,180 msnm, Cerro El Mirador 3,400 msnm, Cerro Los Madroños 3,040 msnm, Cerro Pelón 3,500 msnm, y Cacique 3,300 msnm (CONANP, 2001). Las altitudes menores comprendidas en el área en estudio van desde los 1,100m.

3.1.4. Vegetación

Desde el punto de vista florístico, el área forma parte de la zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical (CONANP, 2001; Cornejo-Tenorio et al., 2003) en la provincia de las Serranías Meridionales de la Región Mesoamericana de Montaña, según Rzedowski (1994). La zona se encuentra cubierta por bosques templados (Espejo et al., 1992), donde el tipo de vegetación predominante es el bosque de coníferas que puede entremezclarse con otros tipos de vegetación y donde se han identificado cinco especies sujetas a protección especial: *Cupressus lusitanica*, *Comarostaphylis discolor*, *Dhalia scapigera*, *Gentiana spathacea* y *Juniperus monticola*, así como *Fucraea bedinghausii* catalogada como especie amenazada (Cornejo-Tenorio et al., 2003). Se identifican aquí 7 asociaciones vegetales:

El bosque de Oyamel. El bosque de *Abies* se distribuye según Soto-Núñez y Vázquez-García (1993), entre los 2,800 y 3,400 msnm y representa para estos mismos autores una comunidad vegetal tipo clímax. Es la asociación más representativa de la zona núcleo de la reserva (CONANP, 2001; Cornejo-Tenorio et al., 2003), ocupando importantes extensiones del subsistema montañoso y las partes altas de los domos volcánicos (CONANP, 2001). Pareciera, según Giménez y Ramírez (2004), no tener preferencia por alguna exposición en concreto, aunque se desarrolla mejor en sitios con menor insolación, como laderas inclinadas y barrancas. Los suelos a los cuales se asocian son los andosoles y los leptosoles.

El estrato arbóreo está dominado por *Abies religiosa*, el cual, en condiciones óptimas, crea un dosel cerrado que impide el desarrollo de los estratos inferiores. De esta manera, la presencia de estos estratos está vinculada a situaciones de disturbio, como es el caso de *Baccharis conferta* y *Lupinus montanus* que se ven favorecidas ante disturbios tales como los incendios o el aclarado del bosque (Giménez y Ramírez, 2004).

Así, en el estrato arbustivo están presentes: *Senecio angulifolius*, *Satureja macrostemia*, *Arracacia atropurpurea*, *Eupatorium mairetiarium*, *Symphoricarpus microphyllus*, *Senecio barbajohannis* (Espejo et al., 1992; Cornejo-Tenorio, 2003; Giménez y Ramírez, 2004), *Sibthorpia repens*, *Senecio sanguisorbae*, *Galium uncinatum* y *Arracacia rigida* (Giménez y Ramírez, 2004).

Por su parte, al estrato herbáceo lo componen: *Lachemilla procumbens*, *Stelleria caspidata*, *Acaena elongata*, *Senecio callosus*, *S. Toluccanus*, *Salvia helianthemifolia*, *Penstemon campanulatus*, *Stevia monardifolia*, *Salvia fulgens*, *S. gracilis* y *S. elegans* (Espejo et al., 1992; Giménez y Ramírez, 2004). El estrato rasante está dominado por musgos de los géneros *Thuidium* y *Minium*, así como por hongos basidiomicetos en la época de lluvias (CONANP, 2001).

El bosque de oyamel – pino. Representa una asociación de tipo secundario resultado de un proceso de perturbación del bosque de oyamel (Soto-Núñez y Vázquez-García, 1993). La

diferencia con éste último consiste en una composición florística más diversificada y una estructura más compleja, y con distribución entre los 2,700 y 3,100 msnm (Giménez y Ramírez, 2004). Presenta además una amplia distribución horizontal en la región (Soto-Núñez y Vázquez-García, 1993; CONANP, 2001). El estrato arbóreo lo conforman *Abies religiosa* y *Pinus pseudostrobus* (Soto-Núñez y Vázquez-García, 1993; CONANP, 2001; Giménez y Ramírez, 2004), a la que se asocian también *Clethra mexicana* (Cornejo-Tenorio et al, 2003; Giménez y Ramírez, 2004), *Cornus disciflora*, *Stirax argenteus* y *Simplocus citrea* (Giménez y Ramírez, 2004). En el estrato arbustivo, las especies más abundantes son: *Senecio angulifolius*, *Arracacia atropurpurea*, *Fuchsia microphylla* (Soto-Núñez y Vázquez-García, 1993), y *Satureja macrostema* (Giménez y Ramírez, 2004). Por su parte, al estrato herbáceo lo componen las especies: *Lachemilla procumbens*, *Acaena elongata*, *Piqueria laxiflora*, *Salvia helianthemifolia*, *Senecio callosus*, *Brachypodium mexicanum*, *Senecio tolucanus*, *Salvia fulgens*, *S. elegans* y *Senecio sanguisorbae* (Soto-Núñez y Vázquez-García, 1993; Giménez y Ramírez, 2004). En el estrato rasante, se presentan diversas especies de musgo, así como *Viola sp*, *Sibthorpia pichinchensis*, *Oenothera sp.* y *Oxalis spp*, así como los hongos *Amanita muscaria*, *Lactarius sangiflus*, *Russula brevipes*, *Lycoperdon spp*, *Gomphus spp*, *Ramaria sp*, *Clavariadelphus truncatus*, *Morchella spp*, *Helvella crispa* y *Boletus sp.* (CONANP, 2001).

Bosque de pino. Según la CONANP (2001), esta comunidad se presenta en manchones aislados en altitudes entre los 1,500 y 3,000m, asociados a los sitios más húmedos o en declives fuertes. *Pinus pseudostrobus* domina en suelos someros, con asociaciones de *P. rudis* y *P. teocote* en condiciones secas, y *P. oocarpa* y *P. Michoacana* en las partes medias y bajas más escarpadas. En Cerro Pelón es posible encontrar manchones de *Pinus leiophylla* (Cornejo-Tenorio et al., 2003). En altitudes entre los 2,800 y 2,900 m, se han encontrado además de *Pinus rudis*, a *P. montezumae*, mientras que a *P. hartwegii* se le ha encontrado entre bosques de oyamel en altitudes mayores a los 3,200 m (Soto-Núñez y Vázquez-García, 1993).

Bosque de encino. A este tipo de bosque se le encuentra principalmente mezclándose con especies de coníferas o cipreses, entre los 2,500 y 2,900 msnm (Espejo et al., 1992; CONANP, 2001; Cornejo-Tenorio et al., 2003), aunque llega a alcanzar los 3,100 en transición con el bosque de *Abies* y *Pinus* (Espejo et al., 1992; CONANP, 2001). Dado que se asocia a procesos de sucesión en áreas desprovistas de su vegetación originaria (CONANP, 2001), y dada la fuerte presión antrópica que soporta, con tala, pastoreo, fuego y transformación de la cubierta vegetal, Giménez et al. (2003) lo reconocen como comunidad de bosque mixto perturbado. Según estos mismos autores, dicha complejidad resulta en un mosaico de vegetación heterogéneo con especies de etapas maduras y de etapas de sustitución que dificultan su interpretación. Además, presentan las mismas características fisonómicas del bosque de pino-encino en el país.

Según Espejo et al. (1992), el estrato arbóreo llega a alcanzar los 30 m de altura, sin embargo, para Cornejo-Tenorio et al. (2003), este alcanza apenas los 15 m. Destacan la

presencia de *Quercus laurina*, *Q. rugosa* (Cornejo-Tenorio et al., 2003; Giménez et al., 2003), *Q. obtusata*, *Arbutus xalapensis* (Cornejo-Tenorio et al., 2003), *Pinus pseudostrobus*, *Alnus arguta*, *Ternstroemia lineata*, *Pinus montezumae* (Giménez et al., 2003), *Clethra mexicana* (Espejo et al., 1992; CONANP, 2001; Cornejo-Tenorio et al., 2003; Giménez et al., 2003), *Alnus firmifolia*, *Buddleia cordata*, *B. parviflora*, *Ternstroemia pringlei*, *Cupressus lindleyi* y *Pinus michoacana* (Espejo et al., 1992).

En el estrato arbustivo están presentes: *Boccona frutescens*, *Ceanothus coerleus*, *Salvia littae* (Espejo et al., 1992), *Ageratina aerolaris*, *Arctostaphylos pungens*, *A. reupestris*, *Bouvardia longiflora* (Cornejo-Tenorio et al., 2003), *Cestrum thyrsoides*, *Fuchsia thymifolia*, *Senecio angulifolius*, *Eupatorium mairetianum* y *Baccharis conferta* (Giménez et al., 2003).

Al estrato herbáceo lo conforman *Salvia lavanduloides*, *Lobelia laxiflora*, *Echeveria secunda*, *Govenia capitata* (Espejo et al., 1992), *Adiantum andicola*, *Smilax moranensis* (Espejo et al., 1992; Giménez et al., 2003), *Acaena elongata*, *Stellaria cuspidata*, *Cirsium erhembergii* (Giménez et al., 2003), *Bouvardia ternifolia*, *Cosmos scabiosoidea*, *Dhalia coccinea*, *Gentiana spathacea*, *Helianthemum glomeratum*, *Piqueria trinervia*, *Salvia mexicana*, y *S. patens* (Cornejo-Tenorio et al., 2003). *Polypodium hartwegianum*, *P. macrocarpum*, *Heliocceus elegantissimus*, *Peperomia quadrifolia* (Espejo et al., 1992), *Tillandsia andrieuxii*, *T. erubescens* y *T. macdougallii* (Cornejo-Tenorio et al., 2003), conforman las especies epífitas.

Bosque de cedro. Su distribución es restringida y se le encuentra compartiendo espacio con el bosque de encino en Cerro Pelón entre los 2,400 y 2,600 msnm (CONANP, 2001), o con el bosque de oyamel en la cañada del arroyo el Zapatero a 2,900 msnm *Cupressus lindleyi* es el componente dominante y se asocia principalmente con *Abies religiosa* en el estrato arbóreo, mismo que puede alcanzar los 30 m de altura.

El estrato arbustivo está compuesto por *Alnus firmifolia*, *Salix paradoxa*, *Senecio angulifolius* y *Eupatorium sp.* Sobre *Cupressus* es muy abundante la epífita *Usnea barbata*. El estrato herbáceo tiene escasos componentes, del que sobresalen especies de *Salvia*. El estrato rasante se constituye de musgos y *Sibthorpia pichinchensis* (Espejo et al., 1992).

Arbustedas. Las mas características de la zona núcleo de la reserva, principalmente en Sierra Chincua, son las del enebro *Juniperus monticola*. Se presentan principalmente a las orillas de los llanos con pastizales colindantes al bosque de oyamel (Espejo et al., 1992; Soto-Núñez y Vázquez-García, 1993), en terrenos de pendiente moderada, con el andosol como sustrato (Giménez et al., 2003). Cornejo-Tenorio et al. (2003), consideran esta asociación vegetal como una variante regional, sucesional del bosque de oyamel, con una fisonomía muy característica que carece de estrato arbóreo.

En el estrato arbustivo, con coberturas cercanas al 100%, se presenta además de *Juniperus*, *Symphoricarpus microphyllis* y *Ribes ciliatum*, así como *Baccharis conferta*, *Senecio cinerarioides* y *S. salignus* (Giménez et al., 2003). El estrato herbáceo se compone con *Eupatorium pazcuarensis*, *Acaena elongata*, *Lachemilla procumbens*, *Geranium seemani*

(Giménez et al., 2003), *Astragalus oxyrrhynchus*, *Daucus montanus*, *Gentiella amarella*, *Hypericum philonotis* y *Juncus ebracteatus* (Cornejo-Tenorio et al., 2003). Es estrato rasante está dominado por musgos.

Giménez et al. (2003), reconocen otra arbustada caracterizada por *Baccharis conferta*, *Senecio slingus*, *S. cineranoides* y las herbáceas *Geranium seemani* y *Salvia mexicana*. Actúa como primera etapa de sustitución de Abies sobre suelos de laderas montañosas sin problemas de drenaje. También, como aparentemente sucesional de los bosques de oyamel, Cornejo-Tenorio et al. (2003), identifican a la comunidad de *Baccharis heterophylla*, con *Geranium seemani*, *Eleocharis acicularis*, *Eriocaulon benthamii*, *Hypoxia mexicana*, *Ranunculus dichotomus*, *Sisyrinchium schaffneri*, *Veronica peregrina* y *V. serphyllifolia*, en el estrato herbáceo.

Pastizal. Inducido y mantenido principalmente por las actividades antrópicas, en especial por las de pastoreo (Espejo et al., 1992; Cornejo-Tenorio et al., 2003; Giménez et al., 2003), se presenta en claros en los bosques de coníferas, en terrenos llanos o de ligera inclinación (Giménez et al., 2003). Su único estrato es el herbáceo, identificando como especies características a: *Bidens anthemoides*, *Trifolium amabile*, *Stipa mexicana*, *Sabazia humilis* (Giménez et al., 2003), *Potentilla candida* (*P. candicans* en Espejo et al., 1992 y Soto-Núñez y García-Vázquez, 1993), *Sisyrinchium scabrus*, *S. angustifolium*, *Prunella vulgaris*, *Platago australis* y *Castilleja schaffneri* (Espejo et al., 1992; Soto-Núñez y Vázquez-García, 1993). Cornejo-Tenorio et al. (2003) reconocen además a *Helenium scorzonerifolium*, *Packera sanguisorbae* y *Senecio tolucanus*.

3.1.5. Fauna

La región de la mariposa Monarca esta representada por una gran diversidad de especies de fauna silvestre, mismas que son representativas de las regiones Neártica y Neotropical en el eje Neovolcánico. Para la reserva se han reportado 198 especies de vertebrados (CONANP, 2001), sin embargo, si consideramos a la región en general, esta cifra bien podría ser mayor.

Han sido reportadas 7 especies de anfibios, estas son: las ranas *Hyla bistincta*, *H. eximia*, *Rana pipiens* (Gómez, 1998), e *Hyla lafrentzi*; el ajolote *Ambystoma ordinarium*; las salamandras *Pseudoerycea robertsi* y *P. belli* (Gómez, 1998; CONANP, 2001). Respecto a las 9 especies de reptiles, se pueden listar los siguientes: las serpientes *Crotalus intermedius*, *C. molossus*, *C. pusillus* (Gómez, 1998) y *C. triseriatus*; las lagartijas *Sceloporus aeneus*, *S. torquatus*, *S. gramicus microlepidotus*, y *Varicia sp.*, así como la culebra *Storeria stererioides* (Gómez, 1998; CONANP, 2001).

El grupo de las aves es el que más ha sido estudiado, y tan solo para la reserva, CONANP (2001) reporta 132 especies. Entre ellas están: el gavilán pajarero *Accipiter striatus*, la aguililla cola roja *Buteo jamaicensis* (CONANP, 2001), el cernícalo americano *Falco sparverius*; los

colibries *Colibri thalassinus*, *Hylocharis leucotis* (Sáyago, 2001; CONANP, 2001), *Cathartes aura*, el tapacamino gritón *Caprimulgus vociferus*, el carpintero velloso mayor *Picoides villosus*, el azulejo garganta azul *Sialia mexicana* (CONANP, 2001), el chipe corona negra *Wilsonia pusilla*, el chipe de montaña *Myoborus miniatus*, el reyezuelo de rojo *Regulus calendula*, y el clarín jilguero *Myadestes occidentalis*. También se encuentran los depredadores de mariposas monarca como el picogordo tigrillo *Pheucticus melanocephalus*, el bolsero de Baltimore *Icterus abeillei* y el bolsero tunero *Icterus parisorum*. Como especies endémicas se pueden mencionar al trepatroncos escarchado *Lepidocolaptes leucogaster*, el zorzal mexicano *Catharus occidentalis* o al chipe rojo *Ergaticus ruber* (Sáyago, 2001; CONANP, 2001).

Respecto a los mamíferos han sido reportadas 60 especies, de las cuales se mencionan algunas como: el tlacuache *Didelphis virginiana*, el tlacuachín *Marmosa canescens*, las musarañas *Sorex saussurei*, *S. vagrans*, *Cryptotis parva*; los murciélagos *Pteronotus parnelli*, *Anoura geoffroyi*, *Choeronycteris mexicana* y *Dermanura azteca*; el armadillo *Dasypus novemcinctus*, el conejo *Sylvilagus floridans*, las ardillas *Aciurus auerogaster* y *Spermophilus variegatus*, y *Glaucomys volans*; el ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni*, la rata cambalachera *Neotoma mexicana*, la rata cambalachera diminuta *Nelsonia notomodon*, el meteorito *Microtus mexicanus*, los ratones de campo *Peromyscus aztecus*, *P. hylocetes*, *P. levipes*, *P. melanotis* y *Baiomys musculus*; el coyote *Canis latrans*, la zorra *Urocyon cinereoargenteus*, el mapache *Procyon lotor*, el cacomixtle *Basariscus astutus*, el tejón o coati *Nasua nasua*, El hurón *Mustela frenata*, los zorrillos *Conepatus mesoleucus*, *Spilogale putorius* y *Mephitis macroura*; el lince o gato montés *Linx rufus* y el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* (Chávez, 1999; CONANP, 2001).

Dentro de la NOM-059-ECOL-1994, CONANP (2001) reporta a 3 especies de vertebrados en la categoría de protección especial, 9 amenazadas, 9 raras, 2 en peligro de extinción y 9 endémicas.

3.1.6. Hidrología

De acuerdo con la dirección de los principales escurrimientos, un 41.75% de la superficie de la RBMM se ubica en la región hidrológica Lerma Santiago, mientras que el 58.25% de la Reserva corresponde a la región hidrológica Balsas. Como factores que determinan los patrones de drenaje destacan la altitud, lo accidentado del relieve y el predominio de fuertes, factores que hacen de la zona una importante área de captación pluvial y recarga de acuíferos (CONANP, 2001).

En Sierra Chincua se encuentran corrientes permanentes como “La Plancha”, “El Zapatero” y “Agua Caliente”. En el Cerro el campanario se encuentran los arroyos “La Tinaja”, “Los Conejos” y “Chichichile”. En el conjunto Chivatí-Huacal predominan las corrientes temporales, mientras que en Cerro Pelón se encuentra solamente el arroyo el “Lindero”, como corriente

permanente (CFEM, 1983). El área en estudio, además, es atravesada por el río Lerma, al noreste del Cerro Altamirano. Característico de esta región, es la recarga de los mantos acuíferos, la cantidad de manantiales que se origina es muy grande. Tan solo en la región Lerma existen ocho de gran magnitud, mientras que en la Balsas son 15, y se alimentan de las sierras aproximadamente 23 manantiales, ocho presas y numerosos cuerpos de agua más pequeños (CONANP, 2001). Entre las lagunas y presas de gran magnitud se puede mencionar a las de Tepuxtepec, Juanacatlán, Santa Teresa, Chincua, Zirahuato, Laguna Seca, Laguna Verde (existen en el área 3 lagunas con este nombre), y el Bosque, entre las muchas otras de menor dimensión.

3.1.7. Suelos

La formación de suelos responde tanto a los procesos de descomposición de la materia orgánica, como a la composición litológica de la zona, que incluye andesitas, basaltos, riolitas, tobas, granitos y esquistos, lo que determina la presencia predominante de andosoles, húmico y órtico, y en menor extensión acrisoles y plantosoles, feozem, leptosoles, luvisoles, cambisoles, regosoles y vertisoles (CONANP, 2001).

Según la CFEM (1983), Sierra Chincua y Cerro Campanario presentan a los andosoles órticos como dominantes, con presencia también de luvisol. En tanto, el andosol húmico es dominante en los cerros Chivatí-Huacal y en Cerro Pelón, sin embargo, en este último se encuentra también el andosol órtico.

3.2. MATERIALES Y MÉTODO

Empleando el programa de procesamiento de imágenes, ERDAS Imagine 8.5 ®, se georreferenció y corrigió geoméricamente la imagen de satélite Landsat 7 ETM+ del 16 de enero de 2003 (Path-Row 27-46 y 27-47, con resolución por pixel de 28.5 m) con base en la proyección UTM Q14, datum ITRF92, elipsoide GRS80, y con el método de puntos de control. Como material de referencia se emplearon las cartas topográficas digitales escala 1:50,000 de INEGI: E14A15, E14A16, E14A25, E14A26, E14A35 y E14A36. Las imágenes de satélite Landsat5 TM del 14 de marzo de 1986, Landsat 5 TM del 25 marzo de 1993 y Landsat 7 ETM+ del 24 de enero de 2000 (Path-Row 27-46 y 27-47), fueron después corregistradas con la imagen de 2003.

3.2.1. Clasificación de las cubiertas del suelo

Las imágenes fueron interpretadas visualmente en pantalla, mediante el método de interpretación interdependiente de la FAO (1996). Mediante este método, se deben generar los polígonos de una primera fecha, y emplear esos mismos polígonos para interpretar las imágenes de fechas subsecuentes, solo modificando segmentos ante los cambios visualizados en dichas imágenes (Figura 3.2).

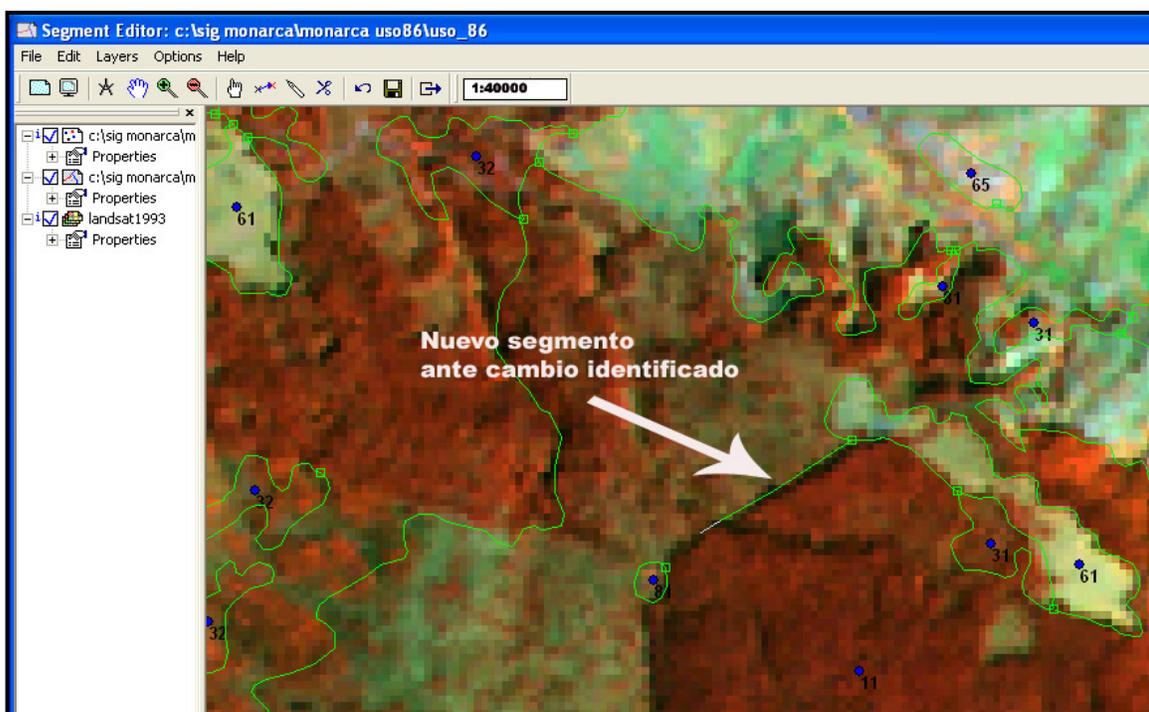


Figura 3.2. Ejemplo de la interpretación visual de la imagen Landsat de 1993 (compuesto de color 453) mediante el método de interpretación interdependiente de la FAO (1996). Muestra la edición del mapa de Fecha 1 sobre los segmentos del mapa de la Fecha 2. Solo se modifican los segmentos donde se identifica un cambio.

Lo anterior permite reducir al mínimo posibles errores de posición y de clasificación, mismos que pudieran tener como resultado falsos cambios al momento de cruzar los mapas de las distintas fechas.

La interpretación se llevó a cabo en el SIG (Sistema de Información Geográfica) Ilwis 3.0 Academic ® (Integrated Land and Water Information System), empleando para ello distintos compuestos de color de las imágenes: 453 para identificar la estructura y densidad de la cubierta vegetal, dado que la vegetación presenta una reflectividad reducida en las bandas visibles y elevada en el infrarrojo cercano y medio (Chuvienco, 1995); 443, que permite una mejor discriminación entre los tipos de vegetación, en especial entre el bosque de oyamel y el de pino-encino; y 551, con el que los núcleos urbanos y las carreteras se muestran especialmente resaltados. La primera imagen interpretada fue la de 2003. Esto por dos razones principales: en primer lugar, porque al representar la fecha más actual, nos permitiría tener una comprobación en campo mas aproximada; en su defecto, de haber iniciado con la primera fecha en 1986, no habría sido válida la verificación en campo, dada la diferencia de 19 años desde esa fecha hasta su verificación en 2005. Segundo, porque sobre ella se trazaría el primer mapa, mismo que sería la base para los demás mapas, y dado que fue la imagen de 2003 la georreferenciada a partir de las cartas topográficas digitales, fue considerada como la más confiable en cuanto a exactitud espacial. La interpretación se realizó a escala 1:40,000. Se generó así el mapa de cubiertas del suelo para esa fecha. Este fue posteriormente revisado, y en su caso, corregido. Una vez finalizada la revisión de dicho mapa, se procedió con la interpretación de la imagen Landsat de 2000. Como lo establece el método de interpretación interdependiente mencionado, solo se modificó el mapa de cubierta vegetal de 2003 ante los cambios identificados en sobre la imagen de 2000, generándose así el mapa de la cubierta vegetal de 2000. En base a este último, y siguiendo el mismo procedimiento, se interpretó, a su vez, la imagen de 1993, y de su mapa resultante, la imagen de 1986.

Para la clasificación, se consideraron 13 clases principales de cubierta del suelo, que a su vez derivaron en otras, ya fuera por densidad o tipo, según la cubierta de que se tratara. De esta manera, en los mapas de cambio están identificadas un total de 23 clases (Cuadro 3.2).

Como parte de la interpretación, se emplearon como verdad de campo a las fotografías aéreas escala 1:37,000 de diciembre de 1983 en formato impreso (E14A26 y E14A26), las Ortofotos escala 1:20,000 de 1994 en formato digital (E14A15 D; E14A16 B; E14A26 A, B, D y E; y E14A36 A, B, D y E), y las fotografías aéreas digitales, escala 1:10000, de enero de 1999, y de febrero de 2003, de la zona núcleo y parte de la zona de amortiguamiento. El uso de éstas se realizó durante la interpretación de las imágenes de satélite, principalmente en las áreas donde existían dudas sobre la clasificación de las unidades interpretadas, o bien para verificar la clasificación realizada.

En su caso, para los sitios dudosos que no pudieron ser determinados con las fotografías aéreas, se realizó la verificación en campo, empleando para ello los equipos GPS (Global

Positioning System) Garmin eTrex Legend y Garmin eTrex Vista. Estos aparatos ofrecen una exactitud de entre 5 y 25 metros. El método de muestreo fue dirigido, y se creó así una red de puntos de control.

Clase principal	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Oyamel	Denso	Abierto	
Pino-encino	Denso	Abierto	Fragmentado
Encino	Denso	Abierto	Fragmentado
Cedro	Denso	Abierto	
Vegetación arbustiva	Denso	Fragmentado	
Matorral	Denso	Fragmentado	
Pastizal inducido	Única		
Agricultura	de Temporal	de Regadío	
Plantaciones arbóreas	Única		
Zonas de transición	Agricultura-Bosque	Agricultura-Bosque-Urbano	
Urbano	Única		
Agua	Única		
Sin vegetación aparente	Única		

Cuadro 3.2. Representa las 13 clases de cubiertas del suelo principales, y las 23 clases consideradas para realizar la clasificación.

3.2.2. Detección del cambio en la vegetación

Se realizó la edición de los cuatro mapas de cubierta vegetal para corregir errores de etiquetado, y de la delimitación de las unidades interpretadas. Después de ello, los mapas se poligonizaron, y se realizaron los cruces correspondientes para generar tres mapas de cambio comprendiendo los periodos 1986-1993, 1993-2000 y 2000-2003. El SIG empleado para este proceso fue ArcInfo 8.1 ®, en estación de trabajo.

De los mapas de cambio, se obtuvieron en Microsoft Excel ® las matrices de transición, en las cuáles se identificaron los procesos de cambio que tuvieron lugar en los tres diferentes periodos analizados (Figura 3.3).

Aplicando el programa ArcView GIS 3.2 ®, con la finalidad de eliminar falsos cambios, se realizó la limpieza de polígonos de acuerdo al criterio de Área Mínima Cartografiable (AMC). Considerando que la escala de interpretación fue de 1:40,000, el AMC resultante fue de 0.16 ha. No se aplicó el Coeficiente Área Perímetro (CAP) para eliminar falsos cambios, dado que al realizar pruebas sobre los mapas de cambio, cómo era esperado al haber empleado el método de interpretación interdependiente, no se encontraron los errores de posición que este método ayuda a corregir.

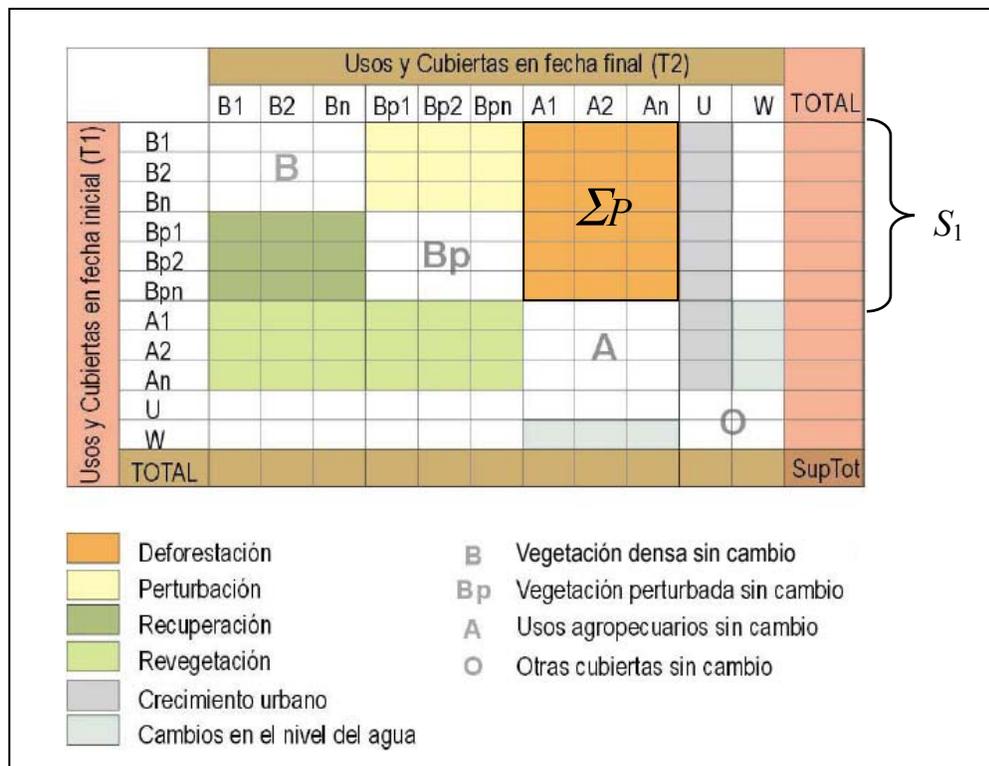


Figura 3.3. Modelo de la Matriz de Transición empleada para identificar los procesos de cambio. B = Bosque denso, Bp = Bosque perturbado, A = Usos agropecuarios, U = Urbano y W = Agua. Para el cálculo de la tasa de los procesos de cambio (deforestación, en este ejemplo): ΔP = Sumatoria de la superficie de cambio y S_1 = Superficie de la fecha inicial involucrada en el proceso (Diseño de I. Ramírez, en Ramírez y Zubieta, 2005).

Tipo	Clase	Descripción
Cambio	Recuperación	Cambios dentro del bosque, que implican el incremento en densidad y cambio en la estructura, de bosques fragmentados a abiertos, de estos dos a densos, o de vegetación arbustiva a arbórea.
	Revegetación	Establecimiento de vegetación secundaria en áreas de previo uso agropecuario.
	Perturbación	Cambios dentro del bosque, que no implican cambio en el uso del suelo, que afectan negativamente la estructura, composición o función ¹ . Incluye disminución de la densidad de la cubierta arbolada.
	Deforestación	Conversión del bosque a otro tipo de uso de la tierra. Incluye cambio a usos agrícolas y reservas de agua ¹ .
	Crecimiento urbano	Cambio de cualquier tipo de cubierta a superficies urbanas.
	Cambio en el nivel de agua	Aumento o decremento en el nivel de los cuerpos de agua.
Sin Cambio	Vegetación densa sin cambio	
	Vegetación perturbada sin cambio	
	Agropecuario sin cambio	
	Otros sin cambio	

Cuadro 3.3. Clases de cambio identificadas por medio de las matrices de transición, empleadas en la clasificación de los mapas de cambio. ¹ FAO (2001).

Mediante la misma plataforma, se procedió después con la clasificación de los procesos de cambio identificados previamente en las matrices de transición. Se consideraron en total 10 clases (Cuadro 3.3). Una vez realizada la clasificación, los mapas de cambio fueron cruzados con los mapas de polígonos de las Áreas de Protección correspondientes. Así, los mapas de cambio 1986-1993 y 1993-2000, se unieron al mapa de la REBMM del decreto de 1986, mientras que el mapa de cambio 2000-2003, se unió al mapa de la RBMM del decreto de 2000.

3.2.3. Cálculo de las Tasas de Cambio

Se procesaron las tablas de datos de los tres mapas de cambio resultantes en Microsoft Excel®. A partir de dicha información, que incluía ya la reclasificación de resultados, se generaron nuevamente las matrices de transición. En éstas quedaron identificados los procesos de cambio antes descritos, que posteriormente fueron procesados para determinar las tasas de cambio. Sin embargo, las matrices permitieron también identificar errores en los mapas. De manera que, antes de continuar con los procedimientos posteriores, se realizó la revisión y corrección de los errores identificados en los mapas de cubiertas del suelo y su actualización en los mapas de cambio y sus tablas y matrices de transición.

Se calcularon primero la superficie y las tasas de cambio por tipo de cubierta, para cada uno de los tres periodos. Para esto, se empleó la fórmula para el cálculo de la tasa de deforestación utilizada por la FAO (1996), multiplicada por 100 para obtener el valor en porcentaje:

$$t = \left(1 - \frac{S_1 - S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1$$

En donde:

t = la tasa de cambio

S_1 = superficie en la fecha 1

S_2 = superficie en la fecha 2

n = número de años entre las dos fechas

En lo que respecta al análisis por tipo de proceso, en primer lugar se determinó la manera en la que estos tuvieron lugar espacialmente, es decir, la distribución de los 6 procesos de cambio y de los 4 procesos sin cambio, entre las zonas de influencia, amortiguamiento y núcleo, de acuerdo con los decretos de protección correspondientes a cada periodo. Posteriormente, se elaboraron matrices de transición por tipo de zonificación, en las que también se identificaron los procesos presentes en cada una de ellas. A partir de estas matrices, se calculó la superficie de cambio para cada uno de los cuatro principales procesos de cambio sobre la vegetación: recuperación, revegetación, perturbación y deforestación. De éstos, se calcularon también las tasas de cambio correspondientes. El cálculo se elaboró tanto para el área en estudio en su totalidad, como por tipo zona de protección.

Para calcular las tasas por proceso de cambio, se empleó la fórmula de la FAO modificada para este caso, donde S_1 representa entonces la suma de la superficie de las cubiertas de la primera fecha que intervienen en el proceso analizado, mientras que $S_1 - S_2$, es substituido por la sumatoria de la superficie que cae dentro del proceso de cambio identificado (ΔP), es decir, la superficie que cambia (Figura 3.3).

4. RESULTADOS

Se obtuvo la cartografía de las cubiertas vegetales del área natural protegida y su área de influencia para los años 1986, 1993, 2000 y 2003 (Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4). A partir de ésta, se determinaron los procesos de cambio para los periodos 1986-1993, 1993-2000 y 2000-2003, así como sus tasas de cambio.

4.1. LAS CUBIERTAS DEL SUELO EN 1986, 1993, 2000 Y 2003

En 1986 los bosques cubrían el 37.1% de las 343,191 hectáreas del área en estudio. El 22.5% correspondía a los bosques densos, entre los cuales se incluye a los matorrales, mientras que el 14.5% restante eran bosques perturbados. Entre los primeros, el más representativo era el bosque de pino-encino, seguido del bosque de oyamel. Por su parte, los arbustos secundarios y el bosque de pino-encino abierto, representaban con casi la misma superficie a los bosques perturbados de mayor extensión. Las categorías de uso agrícola predominaban ocupando en conjunto el 61.2%. La agricultura de temporal fue la de mayor distribución. El área urbana, por su parte, representaba apenas el 0.7% (Cuadro 4.1).

Entre 1986 y 1993, los bosques de la REBMM y su área de influencia sufrieron un decremento general de 298 hectáreas, representando una tasa anual muy baja. Esto porque a pesar de que el bosque de oyamel disminuyó su superficie, los de encino la incrementaron a una tasa mucho mayor, además de que el pino-encino también aumentó su superficie. Las cubiertas de vegetación perturbada, por su parte, registraron en este primer periodo un decremento anual de 0.3% y fueron principalmente el encino fragmentado y los arbustos secundarios los que se redujeron, seguidos de los bosques de pino-encino abierto, mientras que el oyamel abierto incrementó su área ocupada (Cuadro 4.1).

Del año 1993 al 2000 la vegetación densa disminuyó a una tasa anual de 0.4%. En este periodo, la pérdida en superficie del oyamel fue la mayor, pero el cedro perdió anualmente un porcentaje mayor de su área ocupada en 1993. En tanto, el bosque de pino-encino que entre 1986 y 1993 había registrado incremento, para este periodo presentó disminución en su área ocupada. En contraparte, la vegetación perturbada en conjunto aumentó a una tasa anual del 0.5% a pesar de que el encino abierto registró decremento significativo en su superficie. Los arbustos secundarios, por su parte, se incrementaron hasta en un 16.1% anual con un marcado contraste respecto al periodo anterior. Además, los bosques abiertos de cedro y de oyamel también se incrementaron significativamente. Durante este periodo 1993-2000, la cubierta urbana presentó su mayor crecimiento (Cuadro 4.1).

Cubierta del suelo	1986		1993		2000		2003		Cambio 1986-1993		Cambio 1993-2000		Cambio 2000-2003	
	has	%	has	%	has	%	has	%	has	TC %	has	TC %	has	TC %
Oyamel denso	20,045	5.8	19,279	5.6	17,672	5.1	16,644	4.8	-766	-0.6	-1,607	-1.2	-1,028	-2.0
Pino-encino denso	42,878	12.5	43,531	12.7	43,065	12.5	41,465	12.1	653	0.2	-466	-0.2	-1,600	-1.3
Encino denso	5,583	1.6	6,452	1.9	6,753	2.0	6,535	1.9	868	2.1	301	0.7	-218	-1.1
Cedro denso	1,126	0.3	1,116	0.3	828	0.2	824	0.2	-11	-0.1	-288	-4.2	-3	-0.1
Matorral denso	7,727	2.3	7,650	2.2	7,650	2.2	7,639	2.2	-77	-0.1	0	0.0	-11	0.0
Oyamel abierto	2,649	0.8	2,961	0.9	3,301	1.0	3,393	1.0	311	1.6	340	1.6	93	0.9
Pino-encino abierto	18,082	5.3	17,690	5.2	18,075	5.3	18,228	5.3	-393	-0.3	386	0.3	153	0.3
Encino abierto	5,048	1.5	4,869	1.4	4,634	1.4	4,618	1.3	-179	-0.5	-235	-0.7	-16	-0.1
Cedro abierto	80	0.0	92	0.0	359	0.1	359	0.1	12	2.0	267	21.5	0	0.0
Pino-encino fragmentado	1,446	0.4	1,541	0.4	1,521	0.4	1,608	0.5	95	0.9	-19	-0.2	87	1.9
Encino fragmentado	516	0.2	367	0.1	398	0.1	398	0.1	-149	-4.8	32	1.2	0	0.0
Arbustos secundarios	19,306	5.6	18,635	5.4	19,498	5.7	20,855	6.1	-670	-0.5	862	0.6	1,358	2.3
Arbustos sec./Sin vegetación	85	0.0	94	0.0	266	0.1	985	0.3	8	1.3	173	16.1	718	54.6
Matorral fragmentado	2,627	0.8	2,627	0.8	2,627	0.8	2,625	0.8	0	0.0	0	0.0	-2	0.0
Pastizal inducido	11,171	3.3	11,166	3.3	11,202	3.3	11,396	3.3	-5	0.0	36	0.0	194	0.6
Agricultura de temporal	147,303	42.9	145,736	42.5	145,847	42.5	145,937	42.5	-1,566	-0.2	110	0.0	91	0.0
Agricultura de regadío	41,797	12.2	42,275	12.3	42,124	12.3	41,855	12.2	477	0.2	-151	-0.1	-270	-0.2
Plantaciones arbóreas	5,565	1.6	6,331	1.8	6,392	1.9	6,350	1.9	767	1.9	61	0.1	-43	-0.2
Agricultura-Bosque-Urbano	2,524	0.7	2,504	0.7	2,443	0.7	2,424	0.7	-20	-0.1	-61	-0.4	-19	-0.3
Agricultura-Bosque	1,650	0.5	1,651	0.5	1,410	0.4	1,432	0.4	1	0.0	-241	-2.2	22	0.5
Urbano	2,303	0.7	2,726	0.8	3,386	1.0	3,442	1.0	423	2.4	660	3.1	56	0.5
Agua	3,107	0.9	3,712	1.1	3,418	1.0	3,958	1.2	605	2.6	-294	-1.2	540	5.0
Sin vegetación aparente	574	0.2	189	0.1	321	0.1	220	0.1	-385	-14.7	132	7.9	-101	-11.8
Total	343,192	100.0	343,191	100.0	343,191	100.0	343,191	100.0						

Cuadro 4.1. Cubiertas del suelo en el ANP y su área de influencia de los años 1986, 1993, 2000 y 2003. Muestra la superficie por tipo de cubierta y el porcentaje que ésta representa, así como la superficie y la tasa de cambio en los tres periodos considerados.

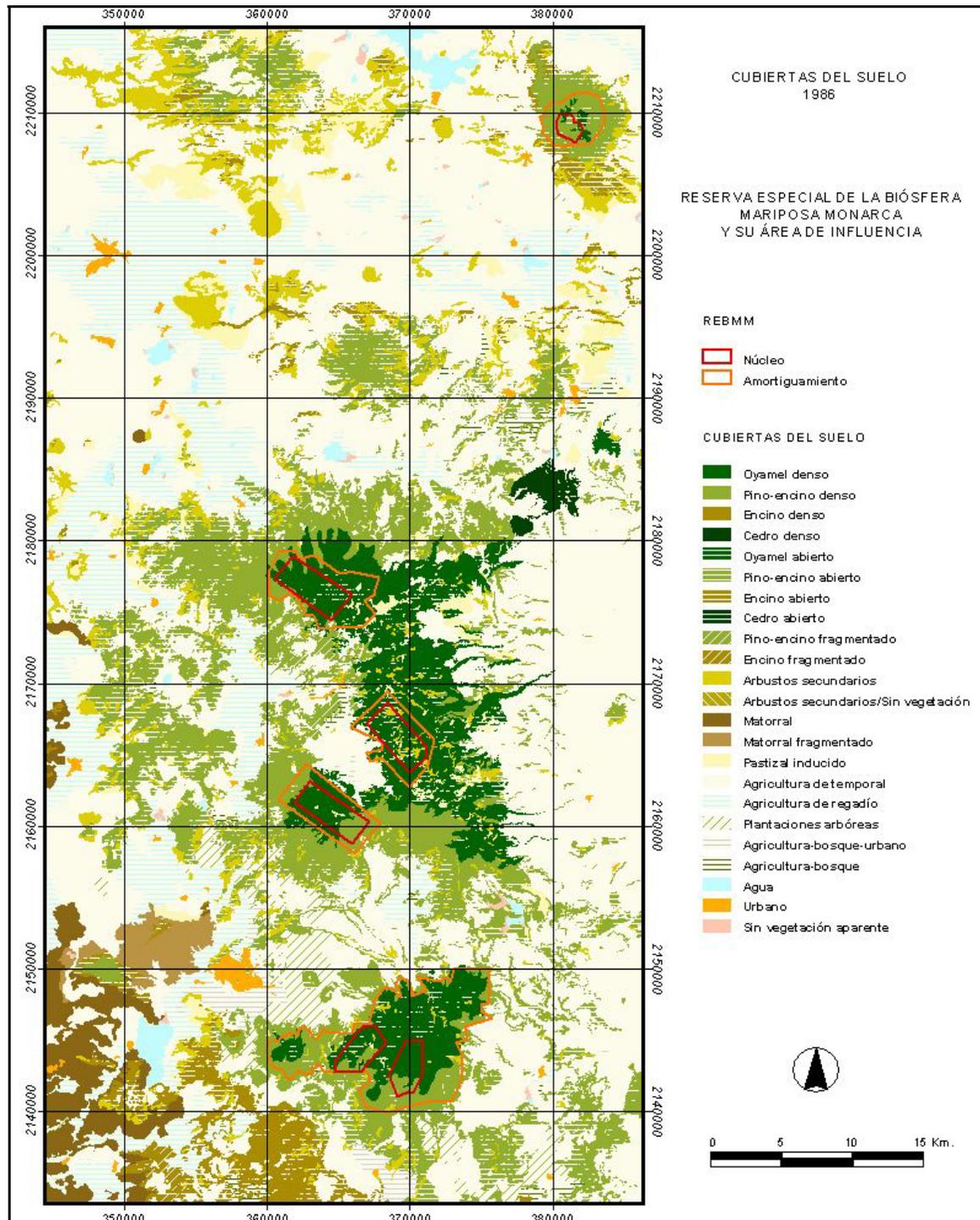


Figura 4.1. Mapa de cubiertas del suelo de 1986 de la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia.

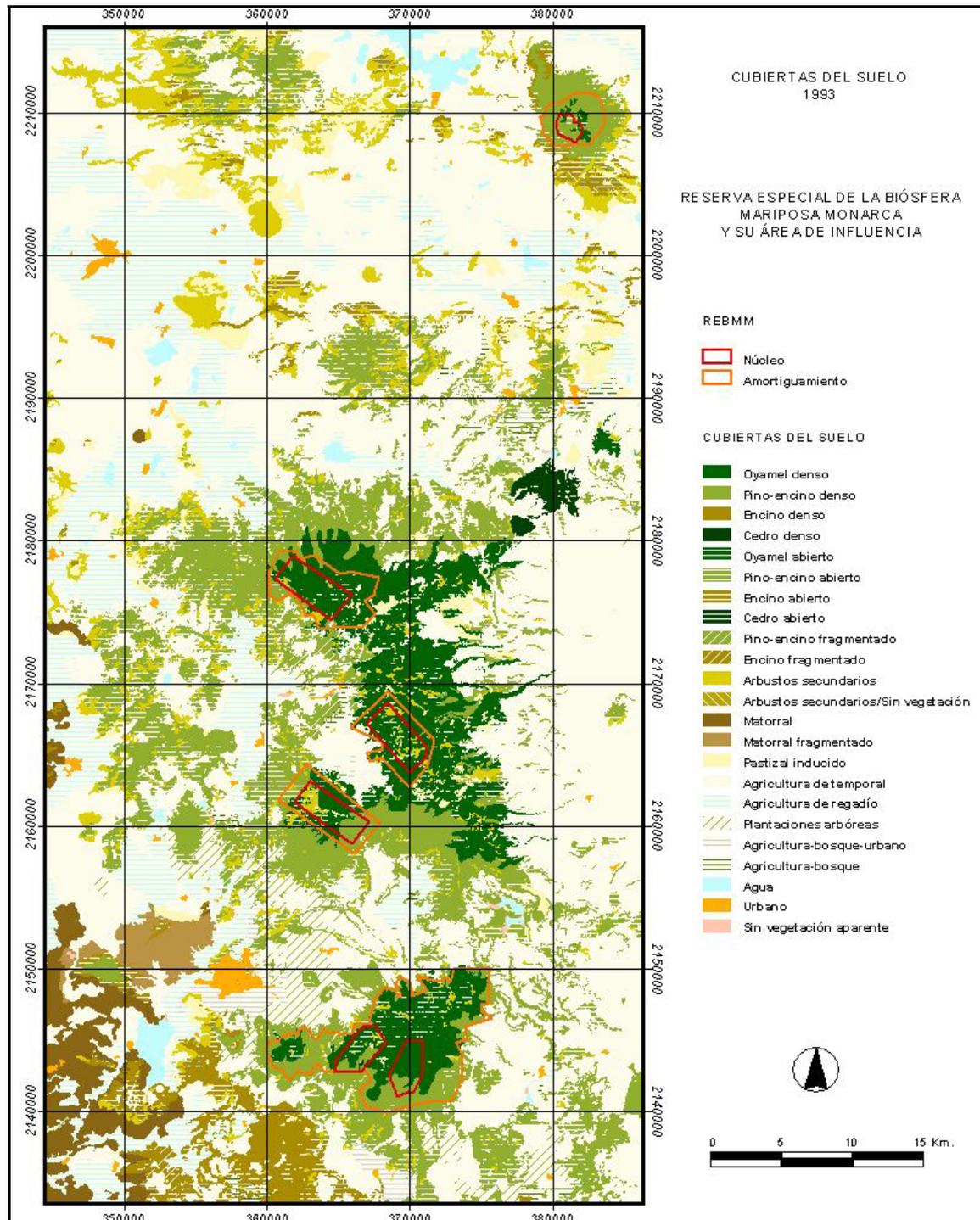


Figura 4.2. Mapa de cubiertas del suelo de 1993 de la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia.

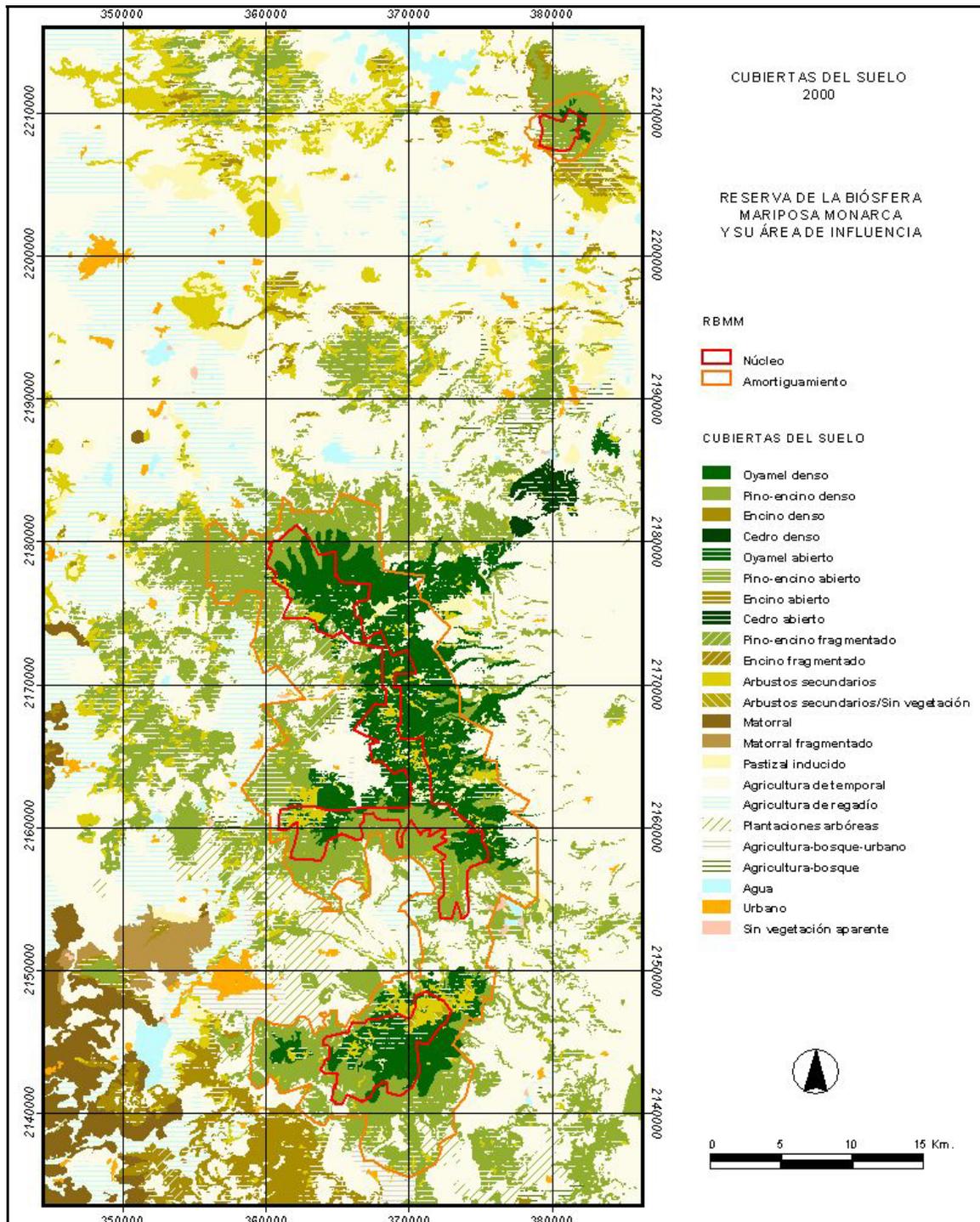


Figura 4.3. Mapa de cubiertas del suelo de 2000 de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia.

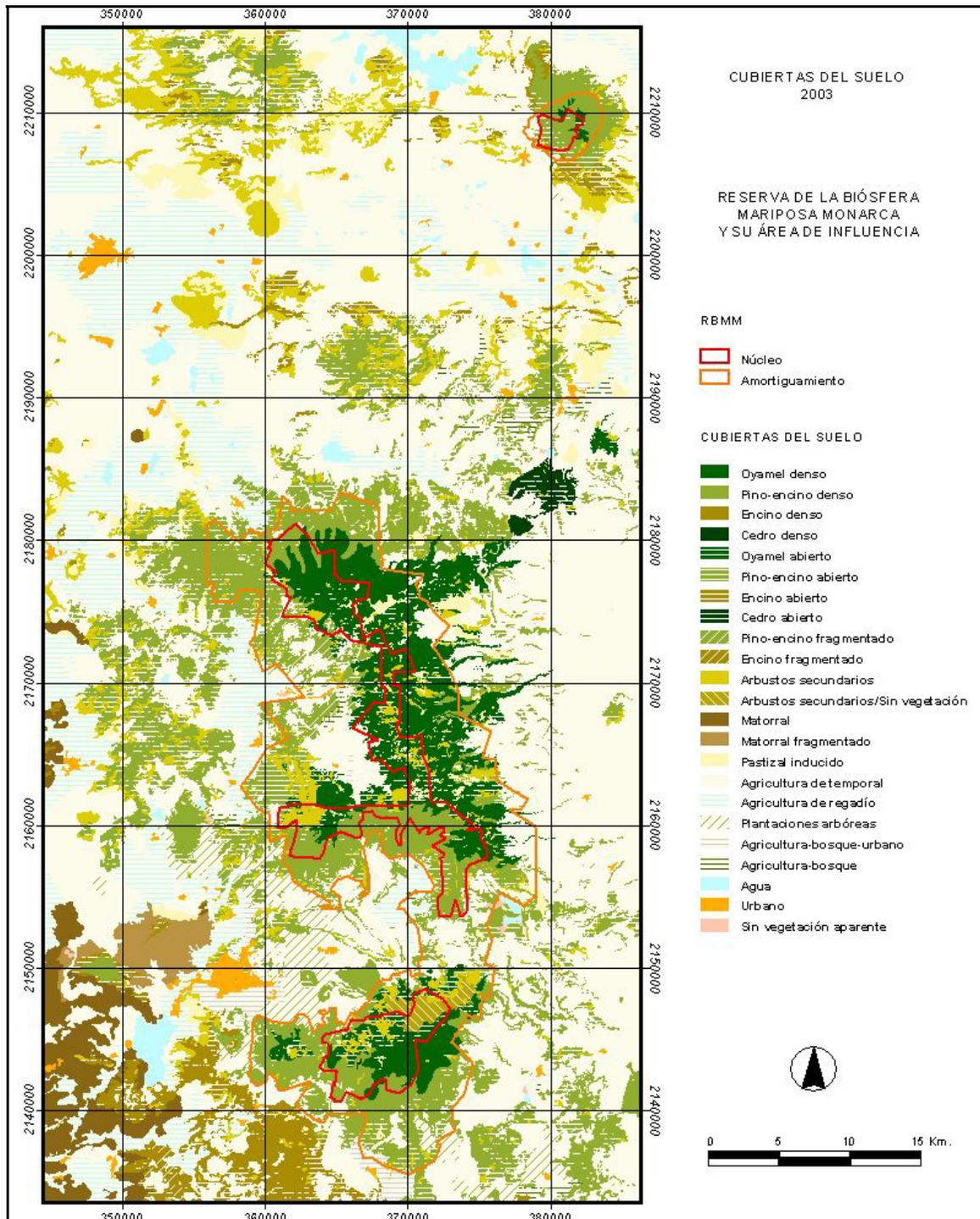


Figura 4.4. Mapa de cubiertas del suelo de 2003 de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia.

Durante el periodo 2000-2003, en la RBMM y su área de influencia se perdieron 1.3 % de bosques densos anualmente. Para este periodo de apenas 3 años, tan solo el pino-encino denso disminuyó 1,600 hectáreas, pero junto con el oyamel y el encino densos, éstos presentaron tasas anuales de pérdida de entre 1 y 2%. Caso contrario, entre 2000 y 2003 las categorías de vegetación perturbada aumentaron significativamente su extensión, siendo las de vegetación arbustiva y el bosque de pino-encino fragmentado los que alcanzaron las mayores tasas anuales. Sin embargo, es en este periodo durante el cual se presenta el menor incremento del oyamel abierto (Cuadro 4.1).

4.1.1. Las cubiertas en la REBMM de 1986 a 2000

Considerando la delimitación de la REBMM, en el área núcleo la cubierta vegetal más extendida en 1986 era el bosque de oyamel. Las siguientes cubiertas vegetales de importancia por su superficie eran el pino-encino y el bosque de oyamel abierto (Cuadro 4.2 y Figura 4.1). Las cubiertas densas en conjunto abarcaban el 84.5% de la superficie mientras que las perturbadas cubrían el 13.7%. Las superficies agropecuarias alcanzaban apenas el 1.8% (Cuadro 4.2).

Entre 1986 y 1993, en estas áreas núcleo se identificó una pérdida anual de bosques densos del 1.3%, contrastando la disminución del oyamel con la recuperación del pino-encino, ambos bosques densos. Los bosques perturbados, por su parte, registraron un incremento anual de 6.5%. De éstos, el mayor incremento lo mostraron los arbustos secundarios.

De 1993 al 2000, la disminución de bosques densos en el área núcleo de la REBMM fue de 0.6%. Prácticamente el total de esta pérdida correspondió al oyamel denso (Cuadro 4.2).

ÁREA NÚCLEO	1986		1993		2000		Cambio 1986-1993		Cambio 1993-2000	
	has	%	has	%	has	%	has	TC %	has	TC %
Oyamel denso	2,966	65.7	2,605	57.7	2,457	54.4	-361	-1.8	-147	-0.8
Pino-encino denso	837	18.5	857	19.0	854	18.9	20	0.3	-3	0.1
Cedro denso	13	0.3	13	0.3	13	0.3	0	0.0	0	0.0
Oyamel abierto	381	8.4	490	10.8	455	10.1	108	3.6	-35	-1.0
Pino-encino abierto	64	1.4	50	1.1	55	1.2	-14	-3.5	5	1.5
Arbustos secundarios	172	3.8	420	9.3	588	13.0	248	13.6	167	4.9
Pastizal inducido	77	1.7	76	1.7	88	1.9	-1	-0.1	12	2.1
Agricultura de temporal	4	0.1	4	0.1	4	0.1	0	0.0	0	0.0
TOTAL	4,514	100.0	4,514	100.0	4,514	100.0				

Cuadro 4.2. Cubiertas del suelo presentes en el área núcleo de la REBMM de los años 1986, 1993 y 2000. Muestra superficie y tasa de cambio en los periodos 1986-1993 y 1993-2000.

Para este segundo periodo, el incremento de la vegetación perturbada en el área núcleo de la REBMM fue significativamente menor que en el periodo 1986-1993: No obstante, la tasa anual de pérdida fue alta, alcanzando el 1.9%. Los arbustos secundarios fueron nuevamente los que se identificaron con mayor aumento en su distribución (Cuadro 4.2).

Ahora bien, en lo que corresponde al área de amortiguamiento de la REBMM, en 1986 el bosque de oyamel también era la cubierta más representativa (Figuras 4.1 y 4.2). El bosque de pino-encino fue la segunda cubierta en cuanto a la superficie ocupada. Los bosques densos cubrían el 84.5% del área de amortiguamiento. A la vez, la vegetación perturbada abarcaba el 13%, mientras que la superficie restante era ocupada por las cubiertas de uso agropecuario (Cuadro 4.3). En esta área de la Reserva Especial, en el periodo 1986-1993 se registró la pérdida anual del 0.5% de bosques densos, correspondientes en su totalidad a la disminución del bosque de oyamel. Por su parte, la vegetación perturbada alcanzó un alto aumento anual en su superficie de 3.1%, donde los arbustos secundarios en conjunto registraron incremento de 5.9% anual. También el oyamel abierto y el pino-encino abierto presentaron altas tasas de crecimiento (Cuadro 4.3).

ÁREA DE AMORTIGUAMIENTO	1986		1993		2000		Cambio 1986-1993		Cambio 1993-2000	
	has	%	has	%	has	%	has	TC %	has	TC %
Cubierta del suelo										
Oyamel denso	5,921	51.6	5,576	48.6	4,494	39.2	-346	-0.9	-1,082	-3.0
Pino-encino denso	3,774	32.9	3,775	32.9	3,536	30.8	0	0.0	-239	-0.9
Oyamel abierto	879	7.7	1,071	9.3	1,272	11.1	192	2.9	201	2.5
Pino-encino abierto	346	3.0	374	3.2	573	5.0	28	1.1	199	6.3
Encino abierto	4	0.0	4	0.0	4	0.0	0	0.0	0	0.0
Arbustos secundarios	272	2.4	406	3.5	1,154	10.1	134	5.9	748	16.1
Arbustos sec./Sin veg.	0	0.0	0	0.0	172	1.5	0	730.7	172	151.1
Pastizal inducido	129	1.1	129	1.1	126	1.1	0	0.0	-3	-0.3
Agricultura de temp.	135	1.2	136	1.2	140	1.2	1	0.1	3	0.3
Plantaciones arbóreas	2	0.0	2	0.0	2	0.0	0	0.0	0	0.0
Agricultura-Bosque	10	0.1	0	0.0	0	0.0	-10	-100.0	0	0.0
TOTAL	11,473	100.0	11,473	100.0	11,473	100.0				

Cuadro 4.3. Cubiertas del suelo presentes en el área de amortiguamiento de la REBMM en los años 1986, 1993 y 2000. Muestra superficie y tasa de cambio en los periodos 1986-1993 y 1993-2000.

En el segundo periodo, 1993-2000, la pérdida de vegetación densa en el área de amortiguamiento se elevó drásticamente respecto al periodo anterior: dicha vegetación disminuyó anualmente 2.2% su cobertura. El bosque de oyamel denso fue de nueva cuenta el más afectado, alcanzando en este periodo su tasa anual de pérdida más alta en área de amortiguamiento (Cuadros 4.3 y 4.5). En tanto, la vegetación perturbada continuó la tendencia de incremento de su superficie y dicha tendencia se disparó significativamente para alcanzar el 8.8% anual de expansión en el área de amortiguamiento. Los arbustos secundarios en conjunto mostraron un incremento del 18.4% anual y el bosque de pino-encino abierto registró también una tasa significativamente alta, la mayor en área de amortiguamiento en todo el periodo de observación para esta clase (Cuadros 4.3 y 4.5). El oyamel abierto no fue la excepción y su alta tasa de incremento fue apenas menor que en el periodo anterior (Cuadro 4.3).

4.1.2. Las cubiertas en la RBMM de 2000 a 2003

En el área núcleo de la RBMM la superficie dominante en los años 2000 y 2003 fue la del bosque de oyamel, seguida de la del bosque de encino (Figuras 4.3 y 4.4; Cuadro 4.4). En el 2000 el 71.3% del área núcleo contaba con bosques densos (Cuadro 4.4).

ÁREA NÚCLEO	2000		2003		Cambio 2000-2003	
	has	%	has	%	has	TC %
Cubierta del suelo						
Oyamel denso	5,683	41.9	5,351	39.5	-331	-2.0
Pino-encino denso	3,969	29.3	3,850	28.4	-119	-1.0
Cedro denso	13	0.1	13	0.1	0	0.0
Oyamel abierto	1,296	9.6	1,265	9.3	-31	-0.8
Pino-encino abierto	575	4.2	632	4.7	57	3.2
Encino abierto	36	0.3	36	0.3	0	0.0
Pino-encino fragmentado	24	0.2	24	0.2	0	0.0
Arbustos secundarios	1,258	9.3	1,288	9.5	30	0.8
Arbustos secundarios/Sin vegetación	95	0.7	471	3.5	377	70.8
Pastizal inducido	308	2.3	323	2.4	14	1.5
Agricultura de temporal	293	2.2	296	2.2	3	0.3
Sin vegetación aparente	2	0.0	2	0.0	0	0.0
TOTAL	13,552	100.0	13,552	100.0		

Cuadro 4.4. Cubiertas del suelo presentes en el área núcleo de la RBMM en 2000 y 2003, y cambios comprendidos entre esos años.

Sin embargo, durante los tres años evaluados de la Reserva de la Biósfera se perdieron bosques densos a un ritmo de 1.6% anual. Los bosques densos de oyamel y de pino-encino fueron los que vieron disminuida su área ocupada, y esto con altas tasas de cambio. Por el contrario, los bosques perturbados en el área núcleo se incrementaron 4.2% anualmente, y de dicho incremento, la mayoría correspondió a los arbustos secundarios que en conjunto alcanzaron el 9.2% de crecimiento anual. En tanto, el oyamel abierto presentó decremento en su superficie. En el área núcleo las cubiertas agropecuarias que se registraron fueron el pastizal inducido y la agricultura de temporal, que conjuntamente se expandieron anualmente 0.9% (Cuadro 4.4).

En el área de amortiguamiento se identificó al bosque de pino-encino como el de mayor distribución (Figuras 4.3 y 4.4; Cuadro 4.5) y le siguieron las cubiertas agrícolas y el bosque de oyamel. En el 2000, los bosques densos ocupaban el 54.9% del área de amortiguamiento. Éstos vieron disminuida su superficie en un 2.1% anualmente entre los años 2000 y 2003. Las tres clases correspondientes a estos bosques densos registraron elevadas tasas anuales de pérdida, siendo éstas de entre 1.9 y 6.7% (Cuadro 4.5). En cambio, los bosques perturbados que en el 2000 cubrían el 20.0% del área de amortiguamiento, vieron incrementada su extensión territorial anualmente en un 5.0%. Este incremento lo encabezaron nuevamente los arbustos secundarios que en conjunto alcanzaron una tasa de 14.2%, seguidos por los bosques abiertos de oyamel y pino-encino (Cuadro 4.5). Los usos agropecuarios, que en 2000

cubrían el 24.8% de la zona de amortiguamiento, hacia 2003 se extendieron apenas en un 0.3% anualmente.

ÁREA DE AMORTIGUAMIENTO	2000		2003		Cambio 2000-2003	
	has	%	has	%	has	TC %
Cubierta del suelo						
Oyamel denso	9,448	22.1	8,797	20.6	-651	-2.4
Pino-encino denso	13,970	32.7	13,193	30.9	-777	-1.9
Encino denso	19	0.0	16	0.0	-4	-6.7
Oyamel abierto	1,650	3.9	1,755	4.1	105	2.1
Pino-encino abierto	3,883	9.1	4,128	9.7	244	2.1
Encino abierto	63	0.1	63	0.1	0	0.0
Pino-encino fragmentado	949	2.2	967	2.3	17	0.6
Arbustos secundarios	1,935	4.5	2,575	6.0	640	10.0
Arbustos secundarios/Sin vegetación	78	0.2	420	1.0	342	75.0
Pastizal inducido	1,045	2.4	1,101	2.6	55	1.7
Agricultura de temporal	8,228	19.3	8,256	19.3	27	0.1
Agricultura de regadío	484	1.1	484	1.1	1	0.0
Plantaciones arbóreas	443	1.0	443	1.0	0	0.0
Agricultura-Bosque-Urbano	214	0.5	214	0.5	0	0.0
Agricultura-Bosque	193	0.5	193	0.5	0	0.0
Urbano	67	0.2	67	0.2	0	0.0
Agua	6	0.0	6	0.0	0	0.0
Sin vegetación aparente	31	0.1	31	0.1	0	0.0
TOTAL	42,707	100.0	42,707	100.0		

Cuadro 4.5. Cubiertas del suelo en el área de amortiguamiento de la RBMM en 2000 y 2003, y cambios comprendidos entre esos años.

4.1.3. Las cubiertas en el área de influencia de 1986 a 2003

Considerando que la superficie protegida por los dos decretos aquí analizados ha sido distinta (REBMM 1986: 16,110 hectáreas; RBMM 2000 56,259 hectáreas) y que la extensión del área en estudio ha sido la misma (343,191 hectáreas), la superficie del área de influencia aquí considerada fue de 327,204 hectáreas para el periodo 1986-2000 y de 286,932 hectáreas para el periodo 2000-2003.

Entre 1986 y 2000, las cubiertas de usos agropecuarios dominaron en el área de influencia (Figuras 4.1 y 4.2; Cuadro 4.6). En conjunto, su extensión cubrió el 64% de la superficie, con mínimas variaciones a lo largo de los periodos 1986-1993 y 1993. Los bosques en conjunto abarcaban el 34.1% del área de influencia en 1986. Entre éstos, los bosques densos ocupaban el 19.5% del área, donde el bosque de pino-encino poseía la mayor superficie (Cuadro 4.6).

Entre 1986 y 1993 la vegetación densa registró un incremento del 0.3% anual pese a que los bosques densos de cedro, oyamel y el matorral vieron reducida su superficie. Las superficies perturbadas, por su parte, disminuyeron en 0.5% anualmente en este periodo en el área de influencia. Fueron el encino fragmentado y los arbustos secundarios los que presentaron el mayor decremento. En cambio, el cedro abierto aumentó su área ocupada de manera notable (Cuadro 4.6).

ÁREA DE INFLUENCIA	1986		1993		2000		Cambio 1986-1993		Cambio 1993-2000	
	has	%	has	%	has	%	has	TC %	has	TC %
Oyamel denso	11,158	3.4	11,099	3.4	10,724	3.3	-59	-0.1	-375	-0.5
Pino-encino denso	38,267	11.7	38,896	11.9	38,681	11.8	629	0.2	-215	-0.1
Encino denso	5,583	1.7	6,452	2.0	6,754	2.1	868	2.1	302	0.7
Cedro denso	1,114	0.3	1,103	0.3	815	0.2	-11	-0.1	-288	-4.2
Matorral denso	7,727	2.4	7,650	2.3	7,651	2.3	-77	-0.1	0	0.0
Oyamel abierto	1,389	0.4	1,400	0.4	1,574	0.5	11	0.1	174	1.7
Pino-encino abierto	17,672	5.4	17,274	5.3	17,445	5.3	-398	-0.3	171	0.1
Encino abierto	5,044	1.5	4,864	1.5	4,630	1.4	-179	-0.5	-234	-0.7
Cedro abierto	80	0.0	92	0.0	359	0.1	12	2.0	267	21.5
Pino-encino frag.	1,446	0.4	1,533	0.5	1,521	0.5	87	0.8	-12	-0.1
Encino fragmentado	516	0.2	367	0.1	398	0.1	-149	-4.8	32	1.2
Arbustos secundarios	18,861	5.8	17,809	5.4	17,750	5.4	-1,052	-0.8	-59	0.0
Arbustos sec./Sin veg.	85	0.0	93	0.0	94	0.0	8	1.3	0	0.1
Matorral fragmentado	2,627	0.8	2,627	0.8	2,627	0.8	0	0.0	0	0.0
Pastizal inducido	10,965	3.4	10,961	3.3	10,988	3.4	-4	0.0	27	0.0
Agricultura de temp.	147,164	45.0	145,599	44.5	145,698	44.5	-1,564	-0.2	98	0.0
Agricultura de regadío	41,797	12.8	42,275	12.9	42,125	12.9	477	0.2	-150	-0.1
Plantaciones arbóreas	5,563	1.7	6,329	1.9	6,392	2.0	767	1.9	63	0.1
Agric.-Bosque-Urbano	2,524	0.8	2,504	0.8	2,443	0.7	-20	-0.1	-61	-0.4
Agricultura-Bosque	1,639	0.5	1,651	0.5	1,410	0.4	12	0.1	-241	-2.2
Urbano	2,303	0.7	2,726	0.8	3,386	1.0	423	2.4	660	3.1
Agua	3,107	0.9	3,712	1.1	3,418	1.0	605	2.6	-294	-1.2
Sin veg. aparente	574	0.2	189	0.1	322	0.1	-385	-14.7	134	7.9
TOTAL	327,205	100.0	327,204	100.0	327,204	100.0				

Cuadro 4.6. Cubiertas del suelo presentes en el área de influencia de la REBMM. Muestra el cambio en los periodos 1986-1993 y 1993-2000.

Durante el periodo 1993-2000 los bosques densos decrecieron al 0.1% anual. El cedro denso registró la tasa más alta de pérdida, aunque los bosques densos de oyamel y pino-encino fueron disminuidos en superficies similares. Únicamente encino denso registró aumento de superficie. A la vez, la vegetación perturbada se extendió 0.1% al año. El mayor incremento lo presentaron los bosques abiertos de cedro y de oyamel, así como el encino fragmentado, mientras que el encino abierto presentó decremento (Cuadro 4.6). Por otra parte, entre 1986 y 2000 solamente en el área de influencia se identificó crecimiento de las superficies urbanas (Figuras 4.1 y 4.2; Cuadro 4.6).

En el año 2000, por su parte, fueron también las cubiertas agropecuarias las más extendidas en el área de influencia (Figuras 4.3 y 4.4; Cuadro 4.7) abarcando el 69.1% del área de influencia. En referencia a los bosques densos, éstos cubrían el 14.9% del área. En el 2003 la disminución registrada de estos bosques fue de 0.8% en su cobertura al año. En este caso, el más afectado fue el encino denso, al cual le siguió el bosque de pino-encino (Cuadro 4.7). La vegetación perturbada presentó un incremento anual de 0.6% en su superficie entre 2000 y 2003. La mayor tasa de incremento la tuvo el bosque de pino-encino fragmentado, aunque la superficie en que se expandieron los arbustos secundarios fue mucho mayor. Contrario a éstos, el bosque de pino-encino abierto registró decremento (Cuadro 4.7).

ÁREA DE INFLUENCIA	2000		2003		Cambio 2000-2003	
	has	%	has	%	has	TC %
Cubierta del suelo						
Oyamel denso	2,542	0.9	2,496	0.9	-45	-0.6
Pino-encino denso	25,126	8.8	24,422	8.5	-704	-0.9
Encino denso	6,734	2.3	6,450	2.2	-283	-1.4
Cedro denso	815	0.3	812	0.3	-3	-0.1
Matorral denso	7,650	2.7	7,639	2.7	-11	0.0
Oyamel abierto	354	0.1	373	0.1	18	1.7
Pino-encino abierto	13,617	4.7	13,469	4.7	-149	-0.4
Encino abierto	4,535	1.6	4,587	1.6	53	0.4
Cedro abierto	359	0.1	359	0.1	0	0.0
Pino-encino fragmentado	548	0.2	618	0.2	70	4.1
Encino fragmentado	398	0.1	398	0.1	0	0.0
Arbustos secundarios	16,305	5.7	16,992	5.9	687	1.4
Arbustos secundarios/Sin vegetación	93	0.0	93	0.0	0	0.0
Matorral fragmentado	2,627	0.9	2,625	0.9	-2	0.0
Pastizal inducido	9,849	3.4	9,973	3.5	124	0.4
Agricultura de temporal	137,325	47.9	137,386	47.9	60	0.0
Agricultura de regadío	41,641	14.5	41,370	14.4	-270	-0.2
Plantaciones arbóreas	5,949	2.1	5,906	2.1	-43	-0.2
Agricultura-Bosque-Urbano	2,229	0.8	2,210	0.8	-19	-0.3
Agricultura-Bosque	1,217	0.4	1,239	0.4	22	0.6
Urbano	3,319	1.2	3,375	1.2	56	0.6
Agua	3,413	1.2	3,952	1.4	540	5.0
Sin vegetación aparente	288	0.1	187	0.1	-101	-13.4
TOTAL	286,932	100.0	286,932	100.0		

Cuadro 4.7. Cubiertas del suelo en el área de influencia de la RBMM en 2000 y 2003, y cambios comprendidos entre estos años.

4.2. LOS PROCESOS DE CAMBIO

De acuerdo con la matriz de transición entre cada una de las fechas analizadas, se identificaron los procesos de cambio de cada periodo (Cuadro 3.3). En ellas fue posible identificar las superficies de las cubiertas de la fecha inicial o anterior, que para la fecha final o siguiente cambiaron a otra cubierta. Como se mencionó en el capítulo 3, se consideraron 10 categorías: seis que representan procesos de cambio y cuatro de superficies que mantuvieron la misma cubierta (Cuadros 3.3 y 4.9; Figura 3.3).

4.2.1. Procesos de cambio en la REBMM

Durante el primer periodo, 1986-1993, el proceso de cambio más extenso en el área en estudio fue el de recuperación. Prácticamente toda la superficie recuperada se identificó en el área de influencia (Cuadro 4.8; Figura 4.5). No obstante, las tasas de recuperación en la REBMM en este periodo, en especial en el área de amortiguamiento, fueron altas y mayores a las tasas de recuperación en el área de influencia. Ahora bien, la perturbación entre 1986 y 1993 presentó tasas por mucho menores a las de recuperación. Aunque se debe señalar que en términos de superficie, la perturbación en la REBMM se presentó en un área significativamente mayor que la recuperación, pero las tasas de cambio de esta última son mayores por que la superficie de las cubiertas involucradas en estos procesos es distinta. En este caso, la superficie de las cubiertas en el proceso de recuperación es menor. Pero respecto a la perturbación, es importante hacer notar que sus tasas de cambio en la REB fueron mucho mayores que en el área de influencia. Incluso en el área núcleo de la Reserva la el porcentaje de perturbación anual fue llegó a ser de más del doble que en el área carente de protección legal (Cuadro 4.8).

1986-1993	ZONA						Total REBMM		Total Área en Estudio	
	Núcleo		Amortiguam.		Influencia		has	TC %	has	TC %
PROCESO	has	TC %	has	TC %	has	TC %	has	TC %	has	TC %
Perturbación	510	1.8	837	1.1	4,385	0.7	1,346	1.3	5,731	0.9
Deforestación	1	0.0	3	0.0	501	0.1	4	0.0	504	0.1
Recuperación	153	4.0	512	5.8	7,238	2.3	665	5.2	7,903	2.5
Revegetación	1	0.3	12	0.6	207	0.0	14	0.5	221	0.0
Crecimiento Urbano	0	0.0	0	0.0	423	2.4	0	0.0	423	2.4
Cambio en nivel de agua	0	0.0	0	0.0	606	2.6	0	0.0	606	2.6
Veg. Densa s/cambio	3,322	-	8,899	-	60,012	-	12,221	-	72,233	-
Veg. Perturbada s/cambio	448	-	946	-	39,426	-	1,394	-	40,819	-
Agropecuario s/cambio	79	-	264	-	208,826	-	344	-	209,169	-
Otros sin cambio	0	-	0	-	5,582	-	0	-	5,582	-
Total general	4,514		11,473		327,205		15,987		343,192	

Cuadro 4.8. Procesos de cambio en el área en estudio durante el periodo 1986-1993.

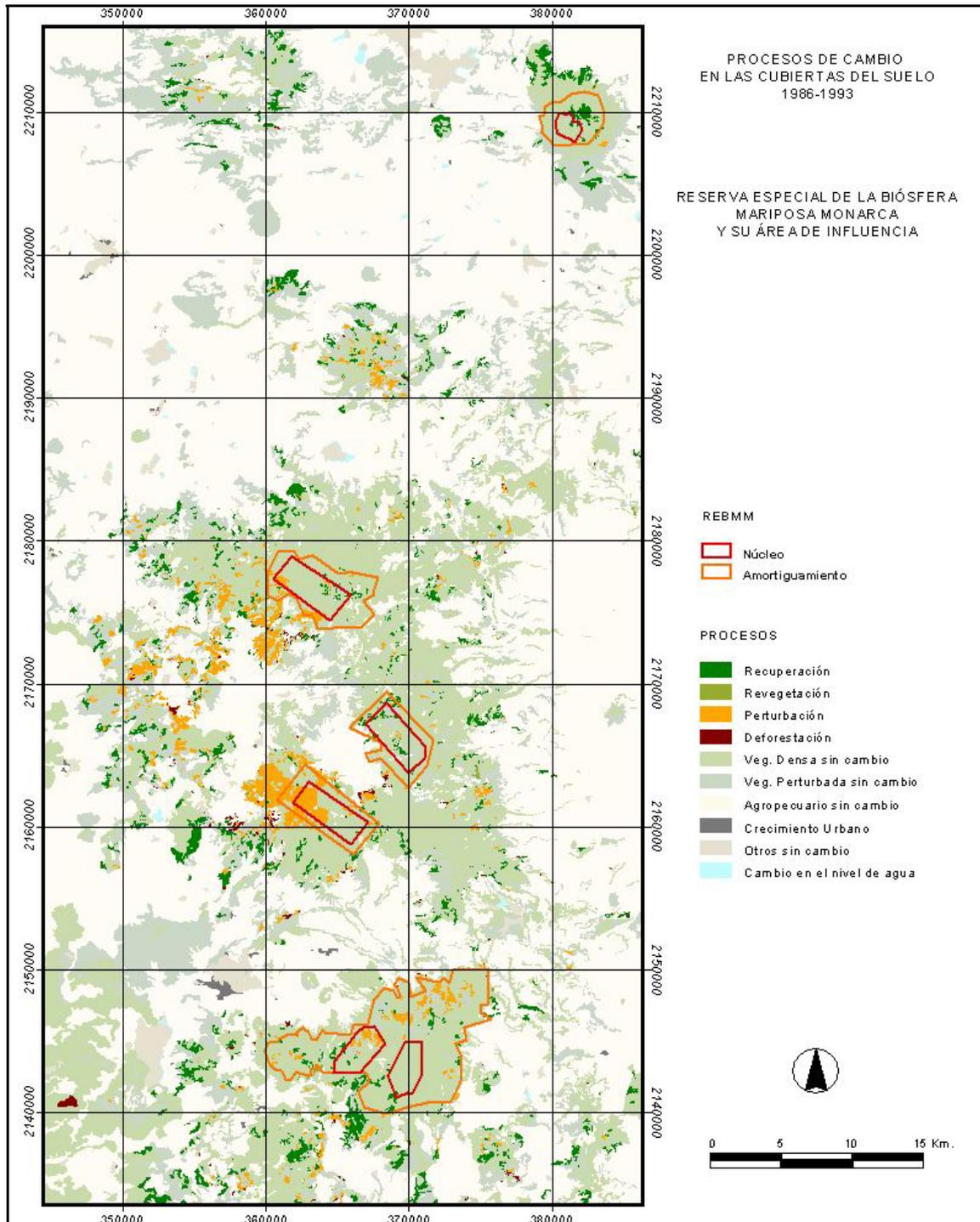


Figura 4.5. Mapa de los procesos de cambio en el periodo 1986-1993 en Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia.

La deforestación y la revegetación en este primer periodo registraron tasas extremadamente bajas, y muchas de las veces estos procesos se presentaron en superficies tan insignificantes que no lograron reflejarse como cambio. Sin embargo, ambos procesos alcanzaron extensiones de cientos de hectáreas siendo mayor la deforestación. Tanto la deforestación como la revegetación abarcaron mayor superficie en el área de influencia, sin embargo, dada la gran extensión de esta zona, tal situación no resultó ser evidente en las tasas de cambio. Por otra parte, en cuanto al cambio en el nivel de agua, éste mostró su variación más importante en el primer periodo (Cuadro 4.8).

En el periodo 1993-2000, la perturbación en la Reserva Especial de la Biósfera fue mayor que la recuperación y mayor también que la perturbación en el periodo anterior. Peor aún, llama la atención durante este periodo que este proceso fue mucho mayor en la REB que en el área de influencia. La tasa de perturbación más alta se registró en el área de amortiguamiento, pero de cualquier manera, en el área núcleo dicho proceso alcanzó más del 1% anual. En contraste, la recuperación fue mucho menor que entre 1986 y 1993, y fue también menor en el Área Protegida, respecto al área de influencia. No obstante, la recuperación siempre se mantuvo durante este periodo con una tasa anual igual o mayor al 1% (Cuadro 4.9).

1993-2000	ZONA						Total REBMM		Total Área en Estudio	
	Núcleo		Amortiguam.		Influencia					
	PROCESO	has	TC %	has	TC %	has	TC %	has	TC %	has
Perturbación	356	1.3	1,850	2.6	3,947	0.6	2,207	2.3	6,154	1.0
Deforestación	12	0.0	4	0.0	506	0.1	16	0.0	521	0.1
Recuperación	76	1.2	126	1.0	3,592	1.2	202	1.1	3,794	1.1
Revegetación	0	0.0	3	0.2	266	0.0	3	0.1	270	0.0
Crecimiento Urbano	0	0.0	0	0.0	660	3.1	0	0.0	660	3.1
Cambio en nivel de agua	0	0.0	0	0.0	322	1.2	0	0.0	322	1.2
Veg. Densa s/cambio	3,287	-	7,933	-	61,924	-	11,220	-	73,144	-
Veg. Perturbada s/cambio	703	-	1,293	-	41,293	-	1,996	-	43,289	-
Agropecuaria s/cambio	80	-	264	-	208,376	-	344	-	208,719	-
Otros sin cambio	0	-	0	-	6,318	-	0	-	6,318	-
Total general	4,514		11,473		327,204		15,987		343,191	

Cuadro 4.9. Procesos de cambio en el área en estudio durante el periodo 1993-2000.

La deforestación y la revegetación entre 1996 y 2000 se comportaron de manera casi idéntica que en el periodo anterior. Solo existieron diferencias muy sutiles en las tasas de cambio. Así, por ejemplo, no se registró revegetación en el área núcleo de la REB, pero las tendencias fueron las mismas, con mayor perturbación y menor revegetación en el área de influencia, en referencia al Área Protegida (Cuadro 4.9). Referente a las cubiertas no vegetales, tal como se había mencionado anteriormente, el crecimiento urbano logró durante este periodo su mayor expansión (Cuadros 4.8 y 4.9).

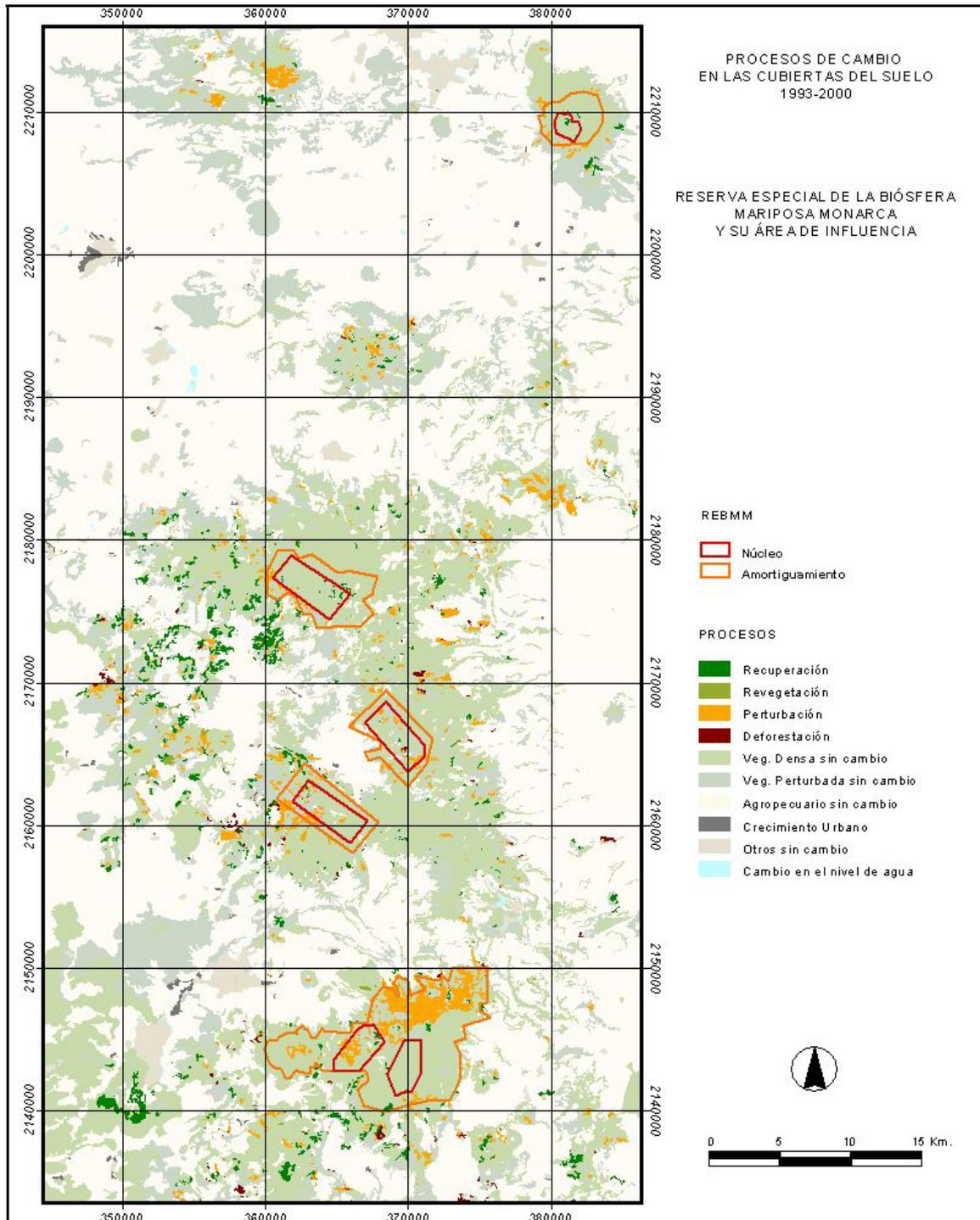


Figura 4.6. Mapa de los procesos de cambio en el periodo 1993-2000 en Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia.

4.2.2. Procesos de cambio en la RBMM

En el periodo de tres años que comprendió la observación de la Reserva de la Biósfera (2000-2003), la perturbación fue el proceso de cambio en la vegetación que en mayor extensión se registró (Figura 4.7; Cuadro 4.10). A nivel de área en estudio la tasa de perturbación fue de apenas un 0.7% más respecto al periodo anterior (1993-2000). Incluso a nivel de área protegida la tasa fue casi idéntica. Sin embargo, lo que llama la especial atención es que además de que entre 2000 y 2003 la perturbación en la RBMM presentó tasas de cambio mucho mayores que en el área de influencia, la mayor tasa de perturbación se registró en el área núcleo. Así por ejemplo, debe considerarse que a pesar de que el área de influencia es casi 7 veces mayor que el área de amortiguamiento de la Reserva, la superficie neta perturbada en 3 años en esta última zona fue mayor que en el área de influencia. La recuperación, en cambio, registró las tasas más bajas de entre los 3 periodos estudiados en este trabajo. Tanto así que la superficie recuperada no solo fue menor que la perturbada, sino que fue menor también que la superficie deforestada. Las bajas tasas de recuperación fueron casi idénticas en las diferentes zonas del área en estudio, solo ligeramente mayores en el área núcleo (Cuadro 4.10).

2000-2003	ZONA						Total RBMM		Total Área en Estudio	
	Núcleo		Amortiguam.		Influencia					
PROCESO	has	TC %	has	TC %	has	TC %	has	TC %	has	TC %
Perturbación	784	2.3	1,950	2.2	1,764	0.9	2,733	2.2	4,497	1.7
Deforestación	17	0.0	88	0.1	345	0.1	105	0.1	450	0.1
Recuperación	26	0.3	55	0.2	202	0.2	81	0.2	282	0.2
Revegetación	0	0.0	4	0.0	2	0.0	4	0.0	6	0.0
Crecimiento Urbano	0	0.0	0	0.0	56	0.6	0	0.0	56	0.6
Cambio en nivel de agua	0	0.0	0	0.0	540	5.0	0	0.0	540	5.0
Veg. Densa s/cambio	9,193	-	21,962	-	41,650	-	31,155	-	72,805	-
Veg. Perturbada s/cambio	2,928	-	7,943	-	37,716	-	10,871	-	48,587	-
Agropecuaria s/cambio	601	-	10,603	-	197,746	-	11,204	-	208,950	-
Otros sin cambio	2	-	104	-	6,911	-	106	-	7,017	-
Total general	13,552		42,707		286,932		56,259		343,191	

Cuadro 4.10. Procesos de cambio en el área en estudio durante el periodo 2000-2003.

La deforestación en los 3 años comprendidos por este periodo se registró en una superficie apenas menor que en los dos periodos anteriores, por lo cual las tasas de cambio para este proceso fueron incluso mayores. La superficie revegetada, por su parte, resultó ser en cantidad despreciable y no se vio expresada en las tasas de cambio (Cuadro 4.10). Respecto a los procesos sin cambio, las superficies más estables en los tres periodos aquí considerados, fueron las de los usos agropecuarios, que mantuvieron su extensión ocupada en el área en estudio. En tanto, la vegetación densa sin cambio tuvo en términos generales pequeñas variaciones. La menos constante fue la vegetación perturbada sin cambio, que incrementó su superficie en respuesta a las alzas en las tasas de perturbación.

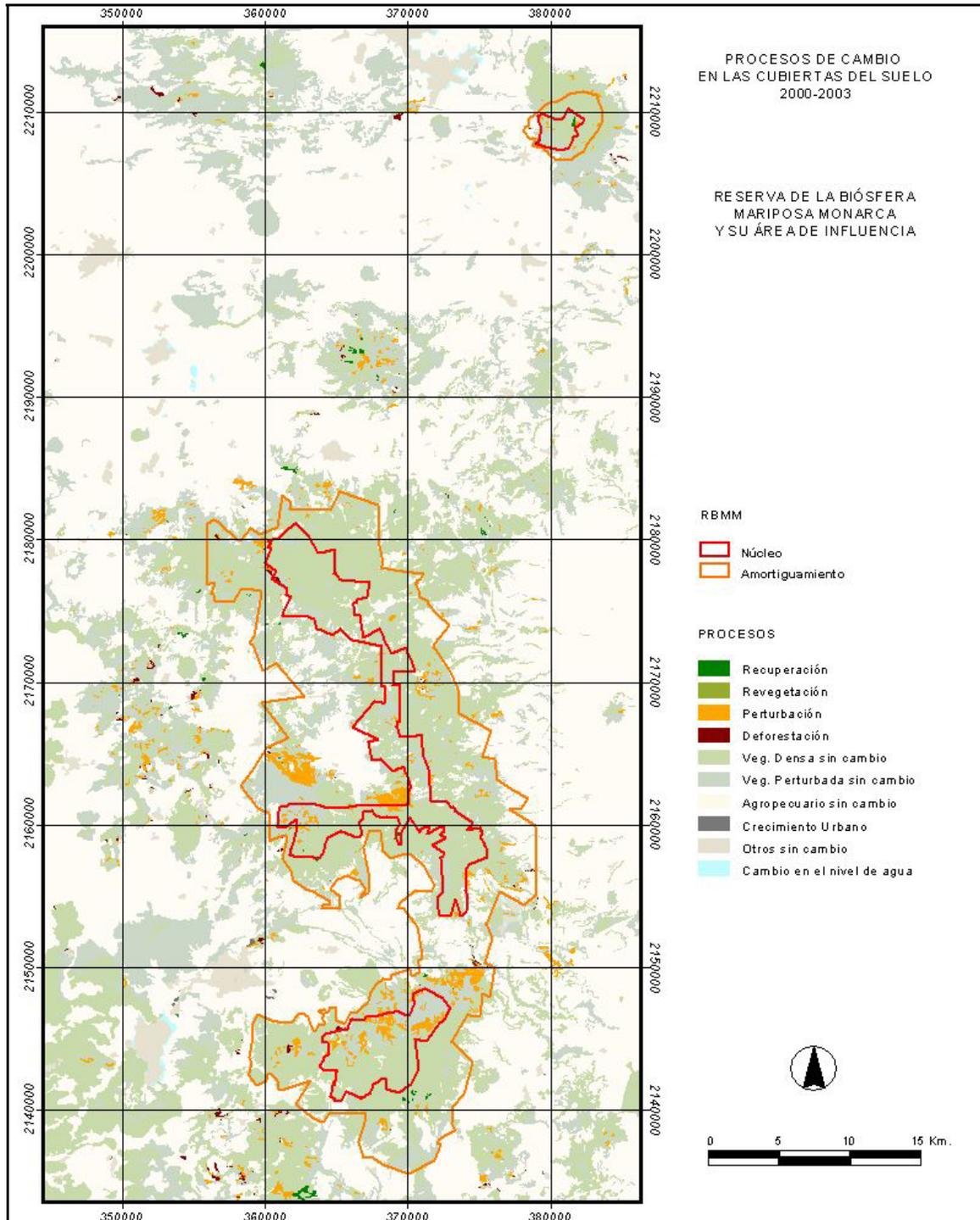


Figura 4.7. Mapa de los procesos de cambio en el periodo 2000-2003 en Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia.

4.3. LAS TASAS DE CAMBIO SEGÚN LA FAO

Al considerar los criterios empleados en los estudios de procesos de cambio realizados por la FAO (1996; 2001), se obtuvieron, según la fórmula detallada en el Capítulo 3, las tasas de deforestación para los tres periodos en estudio. Esto se realizó con la finalidad de hacer comparable este estudio con otros de su clase, dado que muchos de éstos realizan sus análisis empleando tal cual la metodología de la FAO. Así, al seguir dicha metodología, tomando en cuenta solo las clases de vegetación arbolada (bosques densos, abiertos y fragmentados), se encontró que la mayor tasa de deforestación se registró en el periodo 2000-2003. Esto, considerando la totalidad del área en estudio, donde se muestra una tendencia de pérdida de las cubiertas boscosas, a pesar de que la tasa fue ligeramente positiva con incremento en los bosques en el primer periodo.

Sin embargo, al considerar únicamente a las áreas protegidas, la situación empeoró. En éstas la mayor tasa de deforestación se identificó entre 1993 y 2000 en el área de amortiguamiento de la REBMM. Y ésta fue casi igualada en el periodo 2000-2003 dentro del área núcleo de la RBMM. Entre 1986 y 1993 se registraron las tasas anuales de deforestación más bajas para el área natural protegida. Estas tasas se incrementaron, con excepción en el área núcleo, hacia el segundo periodo. Es por ello, que al considerar el periodo 1986-2000, correspondiente a la vigencia del decreto de 1986, es posible observar que la tasa de deforestación registrada para la REBMM fue considerablemente baja respecto al periodo 2000-2003 en la RBMM. En el área de influencia se presentó una tendencia similar (Cuadro 4.11).

Zona	Tasa de Cambio (%)			
	1986-1993	1993-2000	1986-2000 ¹	2000-2003
Núcleo	-0.1	-0.7	-0.8	-1.2
Amortiguamiento	-0.2	-1.3	-0.7	-1.2
ANP	-0.4	-1.1	-0.7	-1.2
Influencia	0.1	-0.0	0.1	-0.6
Área en estudio	0.1	-0.2	-0.1	-0.8

Cuadro 4.11. Tasas anuales de cambio según la metodología empleada por la FAO (1996; 2001). ¹ Periodo durante el cual tuvo vigencia el decreto de protección de 1986.

De acuerdo con el procedimiento de la FAO, la mayor tasa positiva se presentó en el área de influencia durante 1986-1993. En esta misma área, al considerar desde 1986 hasta 2000, la tasa de cambio fue ligeramente positiva.

5. DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

5.1. DISCUSIÓN

Las áreas naturales protegidas (ANP) deben ser sitios ideales para la protección de la biodiversidad, pero también deben serlo para conservar los usos tradicionales y concordar con el desarrollo de las actividades humanas. Esto, en un contexto donde la conservación de la diversidad biológica y el desarrollo económico se consideran antagonistas y han sido muy pocas veces conciliados (Curiel, 1990; Halffter, 1995). Incluso para los países en vías de desarrollo las ANP pueden representar la alternativa de solución de problemas de conservación de la diversidad biológica y de las presiones económicas y sociales (Halffter, 1995). A nivel mundial las ANP son muy diversas debido, entre otros factores, a lo variado de los ecosistemas que protegen, sus dimensiones, las estrategias de manejo que siguen y las amenazas a las que se enfrentan. Sin embargo, muchas de ellas comparten algunos de sus problemas: presentan poblaciones humanas al interior de sus límites, son accesibles por caminos o por ríos, cuentan con presupuestos que no permiten un adecuado manejo y su personal carece de capacitación y equipo (Bruner et al., 2001). Por ejemplo, Southworth et al., (2004) identifican además en el Parque Nacional Celaque, en Honduras, problemas como deforestación de sus bosques de Pino-encino por la agricultura y tala ilegal y sus vigilantes son escasos y mal pagados. En el caso de México, las ANP han sido establecidas bajo el enfoque de “no tocar”, donde la población al interior no cuenta con alternativas económicas, con problemas de tenencia de la tierra y usos inadecuados (agricultura, ganadería, tala). Además, la administración de las ANP a lo largo de su historia en México ha pasado por diversas dependencias que les han brindado un manejo limitado, con carencia de objetivos y categorías de manejo así como de situación legal incierta (Jardel, 1990). El hábitat de migración de la mariposa Monarca como ANP ha padecido desde sus inicios de toda esta problemática. Desde la emisión del primer decreto de protección en 1980, auténticamente como un ANP “de papel”, seguida por el decreto de 1986, con una delimitación arbitraria, bajo el esquema de “no tocar” y sin involucrar en lo mínimo a la población local (Hoth, 1995; Chapela y Barkin, 1995; Brower et al., 2002; Ramírez et al., 2003; Missrie, 2004). Hasta la actualidad, con la declaratoria oficial vigente decretada en el año 2000, la problemática mencionada tanto a nivel global como nacional está aún presente en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca (RBMM), con la salvedad de que en el diseño de ésta, la población sí fue involucrada y no se estableció con el objetivo de mantenerla intacta sin aprovechamiento alguno (Hoth, 1999; Brower et al., 2002; Bojórquez et al., 2003, Missrie, 2004).

5.1.1. La efectividad de las ANP: los contextos global y local

De acuerdo con Rodríguez et al. (2004), hasta el año de 2003, la red global de áreas protegidas cubría el 11.5% de la superficie de la Tierra. Sin embargo, a decir de estos autores,

esto no es suficiente aún. Ello porque las categorías de protección de la IUCN varían mucho respecto al grado de aplicación y efectividad, y porque aún faltan muchas especies que no están representadas en la red de ANP. Pero evaluar si las ANP, como la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca (REBMM) y la RBMM son efectivas o no, es un problema que puede llegar a ser muy complejo, y que de hecho ha generado mucha controversia por las opiniones tan opuestas existentes al respecto. En primera instancia, según Hocking et al. (2000), evaluar las ANP es necesario porque éstas enfrentan muchas amenazas y es importante identificar los problemas existentes, así como las cosas que están funcionando bien. La evaluación según los mismos autores, puede entenderse como la estimación de logros (acerca de la efectividad, eficiencia y adecuación) respecto a algún criterio predeterminado. La evaluación debe considerar los objetivos con los que fue creada el ANP y debe ir encaminada al mejoramiento de la efectividad en el manejo del área protegida. Para ello, el monitoreo de uno o más elementos del ambiente puede ser aplicable, pero las ANP no suelen ser monitoreadas rutinariamente, por lo cual muchas de la veces no se sabe cuan efectivas pueden ser (Lü et al., 2003). En el presente trabajo de tesis se estimó la efectividad de la REBMM y la RBMM en base a dos criterios empleados por Bruner et al. (2001): los procesos de cambio mediante el empleo de la percepción remota y la comparación del área protegida con el área circundante o de influencia (como se le denomina en este estudio) carente de protección. Aunque Lü et al. (2003) consideran que si bien la percepción remota es una buena herramienta de monitoreo mediante el cálculo de los cambios en la vegetación, no explica las causas de tales cambios. Y la evaluación de la efectividad debe considerar datos cualitativos, además de datos cuantitativos. Liu et al. (2001), en cambio, correlacionan la información del cambio en el uso de suelo con factores que afectan la distribución de los pandas, como la pendiente y la elevación, que determinan la disponibilidad de alimento, en el caso de la Reserva Natural de Wolong para Pandas Gigantes. En su trabajo, estos autores señalan además, que son pocos los estudios que comparan la degradación ecológica antes y después del establecimiento de un ANP. En el caso de este trabajo, fue justamente lo que se buscó realizar para los decretos de 1986 y 2000 en las áreas naturales protegidas de la mariposa Monarca en México. Sin embargo se buscó que las fechas previas analizadas no se anticiparan demasiado al decreto correspondiente con la finalidad de que pudieran representar también el estado de las cubiertas del suelo al momento de las declaratorias de protección. En el caso de la REBMM la fecha previa evaluada correspondió a 6 meses antes de la emisión de su declaratoria (imagen del 14 de marzo de 1986, mientras que el decreto fue emitido el 30 de septiembre del mismo año). La siguiente fecha analizada correspondió al año de 1993, es decir, a casi 7 años de funcionamiento de la REBMM, y posteriormente o los siguientes 7 años, casi al término de su vigencia. En el caso de la RBMM, como fecha previa al decreto se consideró la interpretación de una imagen capturada casi 10 meses antes (imagen del 24 de enero de 2000, en tanto que el decreto fue emitido el 10 de noviembre del mismo año). El periodo de análisis se cerró en el año 2003.

Si las ANP cumplen o no efectivamente con sus objetivos de preservación biológica puede ser muy variable y resulta difícil generalizar al respecto, esto por la misma diversidad existente entre estas áreas de protección. Y así como existen autores que defienden la efectividad de estos sitios, otros argumentan que existen aún muchas deficiencias que hacen que los objetivos de protección no puedan ser alcanzados. Bruner et al. (2001), al analizar 93 ANP en 22 países, determinaron que la mayoría de éstas han mostrado efectividad en la protección de la biodiversidad, ya sea mitigando en menor o mayor grado las amenazas existentes o bien mostrando mejores resultados que en las áreas carentes de protección. Analizando casos concretos, los trabajos de Sánchez-Azofeifa et al. (2002) y Southworth et al. (2004) también identifican que las ANP estudiadas registraron menores impactos negativos que fuera de éstas. Nagendra et al. (2006) también concluyen lo mismo, sin embargo, en su estudio ellos encontraron que estas diferencias no fueron mayores. Más o menos en el mismo sentido, Lü et al., señalan que el ANP analizada por ellos ha sido efectiva, pero solo exiguamente. En el extremo contrario, Liu et al. (2001) identificaron que la pérdida y fragmentación del hábitat es casi igual o mayor dentro que fuera de las áreas bajo protección, donde los sitios de mayor aptitud como hábitat para los pandas incrementaron su pérdida después del establecimiento de la Reserva.

5.1.2. Los factores que influyen en la efectividad de las ANP

Saber que dentro de un ANP la deforestación se presentó en menor grado que fuera de ella, o viceversa, no explica por qué ésta fue o no efectiva (Southworth et al., 2004). Al respecto, Bruner et al. (2001) identificaron algunas actividades y condiciones locales relacionadas íntimamente con la efectividad de las ANP. De acuerdo con ellos, la de mayor influencia se refiere a la densidad de guardias, misma que puede ir de 0.4 a 3 guardias por cada 100 Km² que se refleja en menor o mayor efectividad, respectivamente. Esto podría ayudar a explicar en cierta medida el poco éxito tanto de la REBMM, como de la RBMM. En la actualidad el número de guardias en la Reserva es reducido en algunas zonas, en tanto que en otras se carece por completo de ellos. La mayor de las veces, se trata de los propios comuneros y ejidatarios que se organizan para realizar la vigilancia de sus predios. Esto suele depender del ejido o comunidad de que se trate. Y si bien existe una base permanente de la Policía Forestal del Estado de Michoacán y de la Policía Federal Preventiva en las oficinas de la Reserva en el sitio conocido como Llano de las Papas, estos cuerpos policíacos realizan escasos patrullajes. Esto dado que su función radica principalmente en brindar apoyo ante denuncias formalmente presentadas.

Bruner et al. (2001) identifican como segundo factor relacionado con la efectividad a lo que denominan nivel de disuasión de actividades ilícitas en las ANP. Éste se entiende como la probabilidad de aprehender a los infractores y la probabilidad de que éstos reciban una sanción. En la RBMM la probabilidad de aprehender a algún talador es muy baja, en primer lugar, en relación al punto anterior, porque la vigilancia es pobre. Y los taladores ilegales

operan en grupos numerosos y bien armados. Muchas de las veces son los ejidatarios y comuneros los que tienen que hacer frente a estos infractores y siempre en desventaja por las armas de que pueden disponer. Si se llega de dar el caso de alguna aprehensión, el trasgresor puede obtener su libertad mediante el pago de una fianza. Otro grave problema, es que las denuncias no suelen ser atendidas. La WWF (2004) por ejemplo, documentó 42 denuncias de las cuales solo 5 fueron atendidas por las autoridades entre 2002 y 2004.

La existencia de programas de compensaciones directas para las comunidades locales, puede influir también con la efectividad (Bruner et al., 2001). Aquí cabe bien señalar que en el caso de la mariposa Monarca en México, poco después de la emisión del decreto de 2000 como Reserva de la Biósfera, fue creado en 2001 el Fondo Monarca, el cual recibe capital privado y del gobierno a nivel Federal y Estatal. Los propietarios de predios en la Reserva que han cumplido el compromiso de no cortar árboles y de participar en los trabajos de conservación, reciben de dicho Fondo un estímulo económico. Para 2004 participaban de estos estímulos 38 ejidos de las áreas núcleo (WWF, 2004). Sin embargo, a pesar de ello la degradación de los bosques en esas zonas núcleo sigue en aumento (WWF, 2006).

Para Bruner et al. (2001) existen otros factores que pueden determinar el éxito de las ANP, pero su influencia no es tan significativa: gente viviendo en las áreas protegidas, la accesibilidad, los métodos de subsistencia local, presupuesto, personal en tareas de desarrollo económico o educación, y la integración de las comunidades locales en el manejo de las ANP. Sin embargo, la condición de gente que habita las ANP sí resulta ser importante para Nagendra et al. (2006). Ellos encontraron que las poblaciones en la periferia tienen un mayor impacto que aquéllas al interior de la Reserva. En la REBMM y la RBMM, si bien solo han existido poblados en el área de amortiguamiento, los habitantes de la periferia han poseído sus propiedades ejidales y comunales en prácticamente toda la Reserva. De éstas obtienen los recursos que les son aprovechables, ya sea como extracción de leña, pastoreo, agricultura, aprovechamientos forestales o la misma tala ilegal. Por su parte, Nagendra et al. (2003) sí consideran a la accesibilidad como un factor determinante el estado de conservación de los bosques. Estos autores encontraron que a mayor accesibilidad y menor altitud, la superficie dominada por bosques es menor. En la RBMM Ramírez et al. (2005) determinaron que la densidad de caminos en dicha Reserva es mayor que la considerada como desencadenante de procesos erosivos en áreas montañosas de aprovechamiento forestal. La densidad no mostró diferencias substanciales entre el área núcleo y la de amortiguamiento, pero sí correlación de altas densidades de brechas y veredas con las mayores superficies de bosques perturbados o deforestados (Ramírez et al., 2005; Ramírez et al., 2006). En cuanto a la importancia de la integración de las comunidades locales en el manejo de las ANP que a Bruner et al. (2001) parecen no interesarles mucho, Southworth et al. (2004) si reconocen la necesidad de interactuar e involucrar a dichas comunidades para asegurar la efectividad de las áreas en protección.

5.1.3. Mayor disminución de bosques densos en la REBMM y la RBMM que en el área de influencia

El caso de los sitios de hibernación de la mariposa Monarca en México es más parecido al expuesto por Liu et al. (2001). Contrario a lo que se esperaría, las tendencias de reducción de las superficies vegetales densas observadas para el área de influencia fueron menores que hacia el interior de los límites de las áreas naturales protegidas según las dos declaratorias analizadas. De hecho, el único incremento de bosques densos en conjunto se registró en el área de influencia entre 1986 y 1993, a la vez que la vegetación perturbada registró decremento. En las áreas núcleo, según las declaratorias oficiales en 1986 y 2000, y el Programa de Manejo de la RBMM, el aprovechamiento forestal de cualquier tipo es una actividad prohibida (DOF 9/Oct/1986; DOF 10/Nov/2000; CONANP, 2001). A pesar de esto, los bosques densos disminuyeron el equivalente al 10.9% y 3.3% de la totalidad de las áreas núcleo de la REB y la RB, respectivamente, y alcanzaron tasas anuales de pérdida incluso mayores al 1%. Tasas de este orden son altas si se consideran las estimadas por Masera et al. (1997) para bosques de coníferas y de latifoliadas en México (0.64% anual), o de Velázquez et al. (2002) de bosques templados también a nivel nacional (0.25% anual) y de Velázquez et al. (2003) en los bosques de coníferas de Oaxaca (1% anual). O las estimaciones más recientes de Galicia y García-Romero (2007) en los bosques templados del Parque Nacional Izta-Popo (0.35% anual). Solo estas últimas estimaciones corresponden a un ANP. En las áreas de amortiguamiento, por su parte, las actividades de extracción forestal si están consideradas como permitidas. Sin embargo, según los decretos tanto de la REBMM como de la RBMM, esas actividades se contemplan exclusivamente bajo esquemas de aprovechamiento sustentable que cuenten con Programas de Manejo donde se especifiquen tareas de conservación y restauración (DOF 9/Oct/1986; DOF 10/Nov/2000; CONANP, 2001). Así, en las áreas de amortiguamiento, con mucha menor regulación y nivel de prohibición, la explotación forestal tuvo mayores oportunidades de llevarse a cabo y la reducción de bosques densos superó el 2% anual. No obstante, entre 1986 y 1993, la presión sobre estas áreas fue significativamente menor que en las áreas núcleo. Y en el periodo 2000-2003, la diferencia entre la reducción anual de bosques densos entre el área núcleo y de amortiguamiento, fue de apenas 0.5%. Las altas tasas de pérdida de vegetación densa entre 1986 y 2000 parecen confirmar lo señalado por Chapela y Barkin (1995), Hoth (1995), Brower et al., (2002) y Ramírez et al. (2003), acerca de que la declaratoria de protección de 1986 tuvo una influencia significativamente negativa sobre los bosques donde hiberna la Monarca. Sin embargo, ellos lo afirmaron en relación al estado del bosque en fechas previas que incluyeron al decreto de 1980. Pero una situación peor estaba aun por venir con el decreto de 2000.

El decreto de 2000, bajo la figura de Reserva de la Biósfera, a pesar de haberse establecido en base a mejores argumentos que su predecesora, mostró no tener algún efecto positivo al perderse en solo 3 años casi la misma superficie de bosques densos que durante los 14 años en que tuvo vigencia la REBMM. La disminución de estos bosques en la RB sucedió a un ritmo mayor que en la REB, según lo demuestran las tasas de cambio. El bosque de oyamel

denso ha sido la cubierta con mayor decremento en su superficie tanto en la Reserva Especial como en la Reserva de la Biósfera, mostrando la fuerte presión que se ha mantenido sobre esta comunidad a través de la extracción forestal ilegal.

5.1.4. Perturbación: proceso de cambio característico de la reserva

Para identificar la dinámica de las cubiertas del suelo las matrices de transición fueron una herramienta muy útil. Permitieron dar seguimiento a una cubierta o a un grupo de éstas, y determinar de manera detallada en la que su superficie cambió hacia otras. Además, fueron eficaces para detectar posibles errores de digitalización o etiquetado en los mapas de cubiertas del suelo. Referente a las cubiertas vegetales, se identificaron los procesos de perturbación, deforestación, recuperación y revegetación. De éstos, el más representativo a razón de haber registrado tasas de cambio altas de manera casi constante, es el de perturbación. Este proceso fue incrementando su tasa de cambio progresivamente con el tiempo. Congruente con lo señalado en el apartado anterior y con la problemática señalada por Liu et al. (2001), pero no así con las expectativas para un ANP, las mayores tasas de perturbación de la vegetación fueron registradas en la REBMM y la RBMM. Las áreas de influencia fueron por mucho, zonas menos vulneradas por la perturbación que las dos Reservas. Suponiendo que la protección fracasara, se esperaría que la degradación se hubiese dado cuando mucho en grados similares que en las áreas carentes de protección. Sin embargo, no se esperaría que resultara un detonante de perturbación. De hecho, las tasas de perturbación en las áreas con protección oficial, son del doble o hasta más del triple que las tasas de las áreas de influencia correspondientes. La mayor de todas, en el área de amortiguamiento de la REB en el periodo 1993-2000. Llama también la atención el hecho de que en dos de los tres periodos las tasas de perturbación hayan sido más altas en las áreas núcleo que en las de amortiguamiento. Este fue el caso de la REBMM en el periodo 1986-1993. Esta situación se repitió en la RBMM en el periodo 2000-2003, sin embargo, con tasas todavía mayores. Además, la RB demostró haber tenido un impacto negativo sobre las cubiertas vegetales expresamente mayor que la REB.

Si se puede identificar un aspecto positivo, es el hecho de que la recuperación en las áreas con protección si llegó a ser mayor o al menos igual que en el área de influencia, de manera más notoria en la REBMM durante el periodo 1986-1993. Ahora bien, también debe hacerse hincapié en que de las que se recuperaron fueron principalmente las de bosque de pino-encino, y de encino, muy por encima de las de oyamel (Anexo 1). En la verificación de campo, por lo regular, en estos sitios de recuperación no se identifica propiamente pino-encino como tal, sino más bien, lo que Giménez et al. (2003) denominan como bosque mixto perturbado. En éste, el pino, principalmente *Pinus pseudostrobus*, está mezclado, además de los encinos *Quercus laurena* y *Quercus rugosa*, por otras especies arbóreas como el aile *Alnus arguta*, la tilia *Ternstroemia lineata*, *Salix paradoxa*, y *Clethra mexicana*, e inclusive el madroño *Arbutus xalapensis*. Lo anterior, podría hablar de recuperación solo respecto a la densidad del bosque. Sin embargo, según los mismos autores, este tipo de asociación es relacionada como de tipo previo al clímax y dada su complejidad con la existencia de especies características de etapas

maduras y de sustitución, dificultan su identificación. Ahora bien, no se podría considerar como recuperación respecto a la calidad de éste. Cuando un bosque es perturbado se afecta no solo la estructura y composición del bosque, sino que además se afecta a otros elementos de gran importancia, como el hábitat de la fauna del lugar, o la calidad del suelo y de las formas de vida que este puede sustentar. De cualquier manera, siempre será mejor en términos de conservación, el poder presentar cifras mayores de recuperación o revegetación que de perturbación y deforestación. De hecho, la recuperación del periodo 1986-1993 fue el proceso que en mayor superficie se registró entre los seis procesos de cambio en los tres periodos de tiempo considerados. Sin embargo, esto solo sucedió en el primer periodo, 1986-1993, porque en los dos siguientes, las tasas de recuperación cayeron drásticamente: mientras la perturbación fue incrementándose, la recuperación tuvo lugar cada vez en menor superficie. La deforestación registró tasas significativamente bajas. Considerando que el impacto ecológico de la deforestación es el mayor, el hecho que la superficie en que ésta se dio sea limitada, representa un elemento positivo. Esto, toda vez que la deforestación comprende el cambio en el uso del suelo, donde se pierde la cobertura forestal para transformarse en cubiertas sin vegetación. Las consecuencias de esto, como la pérdida de hábitats, biodiversidad, y la degradación y erosión de suelos, además de todo el reservorio de servicios ambientales, son más acentuadas y resultan mucho más difíciles de revertir que en el caso de la perturbación. Por tanto, es deseable que la superficie bajo este proceso sea la menor posible. Lo anterior permite identificar a la perturbación de los bosques como el proceso de degradación del bosque a vencer. Ya que la deforestación, afortunadamente, ha estado lejos de representar en superficie el impacto que aquella ha significado para las cubiertas vegetales, tanto de las áreas protegidas, como de sus áreas de influencia. La revegetación es la que se registró en menores extensiones a lo largo de los tres periodos. Esto significa que la reconversión de áreas, principalmente de uso agropecuario, a áreas vegetadas, fue casi nula. Más aún, entre 2000 y 2003, este proceso no se registró. Es importante señalar que si bien la perturbación y la deforestación pueden ser evidentes de un año a otro en las imágenes Landsat, la recuperación y la revegetación, no. Esto porque son procesos que implican periodos de tiempo prolongados para desarrollarse y ser evidentes, no solo en dichas imágenes, sino inclusive en las fotografías aéreas y en campo. Por tanto, existe la posibilidad de que hubiera existido en estos tres años una mayor superficie en recuperación a la registrada en el presente trabajo.

Aunque la transición a superficies urbanas a partir de áreas con vegetación también sería considerada como deforestación, este fue tomado como parte del crecimiento urbano. En este estudio solo se reconoció como deforestación a los cambios hacia usos agropecuarios y hacia áreas sin vegetación aparente. Si se hubiese optado por considerar al crecimiento urbano como deforestación cuando este se diera sobre superficies con vegetación, no habría demostrado un impacto significativo en este sentido. Su expansión sobre la vegetación fue prácticamente nula. Esto porque el crecimiento urbano se dio prácticamente en su mayoría sobre las áreas de uso agropecuario. Entre estas cubiertas, las que mayor superficie perdieron frente a las áreas urbanas fueron la agricultura de temporal y las áreas de transición

agricultura-bosque-urbano, así como las zonas de agricultura de temporal. Estas superficies colonizadas por los núcleos urbanos, además, no han sido áreas agrícolas de reciente creación sobre áreas forestales. Por ello no puede señalarse la existencia de impacto directo del crecimiento urbano sobre la cubierta vegetal de la región. En todo caso, esta influencia podría considerarse en torno a la clase de transición agricultura-bosque-urbano, que mostró ser un paso previo hacia la urbanización, sobre todo en los mayores núcleos urbanos de la región como lo son Zitácuaro y Maravatío. Sin embargo, estas cubiertas representan áreas donde el primero en incidir sobre ellas ha sido la agricultura, sea de temporal o regadío. Mismas que después de un periodo de tiempo se fueron consolidando también como pequeñas zonas urbanas, y que permiten después ser identificadas como áreas de transición, generalmente en torno a núcleos urbanos de mayor relevancia.

5.1.4.1. La tasa de deforestación según el método de la FAO

Calcular las tasas de deforestación de los bosques tal cual lo hace la FAO, en nuestra escala de trabajo, no permite conocer la dinámica de la vegetación arbustiva y de los matorrales. De acuerdo con esa metodología, la deforestación comprende como a un mismo proceso los cambios negativos tanto entre las distintas clases de vegetación arbolada, como entre éstas últimas y las clases de usos no forestales (como los usos agropecuarios), lo que la misma FAO (2001) define como degradación y deforestación, pero que en la práctica no se diferencia. De esta manera, no es posible determinar dichos procesos individualmente, que en este trabajo se consideran como perturbación y deforestación. Además, la revegetación no se considera de manera explícita, sino que solo se supone cuando la tasa obtenida es positiva, en tanto que no es posible identificar la recuperación. Al respecto, Hoare (2005) señala varias limitaciones elementales en este método de la FAO. Entre ellas, una de las más importantes es la referente a que sus cálculos son el resultado neto entre la deforestación y la reforestación y repoblación forestal. Con ello, el método subestima la pérdida de bosques naturales y de bosques clímax. Además, considera a las plantaciones forestales no deberían considerarse al igual que los bosques naturales, como lo hace la FAO, dada la enorme diferencia entre las funciones y servicios que les son inherentes. Aunque en este sentido, Lund et al. (2002) señalan que esto último puede considerarse en función del propósito del estudio en el cuál este método se aplique. De cualquier manera, Hoare (2005) critica el método de la FAO desde los mismos conceptos que lo sustentan. Por ejemplo, su definición de bosque no incluye diferentes categorías de acuerdo con la cobertura del dosel, lo que implica que este puede degradarse de cubrir el 100% del área considerada en una primera fecha, hasta apenas cubrir 10% en una segunda fecha, pero seguirá siendo bosque. Y dado que tanto en las dos fechas sería registrado como bosque, la disminución en cobertura no sería registrada como deforestación (así como de ninguna otra manera) y dicha degradación y su impacto quedarían fuera de toda consideración.

En el presente estudio, se calcularon las tasas de deforestación según esta metodología con el objetivo de darle la capacidad de compararlo con otros trabajos de este tipo. Toda vez

que la metodología de la FAO es el referente para las estimaciones de cambio en el uso del suelo. Considerando esto, las tasas de cambio obtenidas con este método fueron en general moderadas para el primer periodo, pero que para el segundo y tercero, tanto en la REBMM como en la RBMM fueron muy altas, tomando como referencia las reportadas por Masera et al. (1997), Velázquez et al. (2002), Velázquez et al. (2003) y Galicia y García-Romero (2007), ya mencionadas antes. También por este método, la pérdida de superficies boscosas fue siempre mayor en las áreas protegidas que en las áreas de influencia.

5.1.5. Los efectos de la perturbación del bosque sobre la Monarca

Hasta principios de la década de 1990, los estudios que se habían realizado en el área se referían predominantemente a la biología de la hibernación de la monarca. De éstos, parte importante analizaba el papel de los bosques de oyamel como hábitat de la mariposa y los efectos de su perturbación sobre el insecto. De esta manera, se puede mencionar el trabajo de Calvert et al. (1983), donde encontraron que el frío extremo puede tener, en primera instancia, un efecto sobre la capacidad de vuelo de las mariposas que determine su posición en el estrato arbóreo, de manera que mientras más alejadas estén del suelo, mayor será su probabilidad de sobrevivir. Aunado a ello, el grado de humedad en el exoesqueleto de las monarcas causado por lluvia, nieve o rocío, puede potenciar la letalidad del frío extremo. Esto lo abordaron también Calvert y Brower (1986) y Calvert et al., (1989), y lo relacionaron con la función que tienen los bosques de oyamel, como hábitat que les ofrece el microclima en el cual las condiciones de temperatura extremas son atenuadas, principalmente las bajas. Cumpliendo el bosque también el papel de protector de la humedad excesiva, en lo que más tarde Anderson y Brower (1996) llamarían el efecto sombrilla. Antes de estos últimos, Alonso-Mejía et al. (1992) confirmaron la significativa reducción de la mortalidad de las mariposas por congelamiento, durante las temperaturas nocturnas más frías, entre más secas y alejadas del suelo se encuentren. Son Anderson y Brower (1996) quienes califican como crítico el papel del bosque como protector de las mariposas de la humedad y el congelamiento.

Respecto a los efectos del aclareamiento del bosque sobre *Danaus plexippus*, surgió en 1995 una controversia. Hoth (1995) discute el papel de la perturbación en la dinámica de los bosques de oyamel y señala que las mariposas prefieren sitios con densidades intermedias, además de las áreas con vegetación densa. Plantea también la función que pudiera tener el sotobosque, producto de la perturbación, como proveedor de recursos para la monarca. Además, pone en duda que las reservas energéticas de éstas les permitan sobrevivir sin alimentarse durante toda la temporada de hibernación. Alonso et al. (1995), Brower (1995) y Anderson y Brower (1996) consideraron estos planteamientos como una propuesta de adelgazamiento general del bosque, y que ello podría resultar en la muerte de casi el total de colonias ante las tormentas de invierno. Más tarde, Alonso-Mejía et al. (1997) denominan la propuesta de Hoth como un argumento para justificar la tala. En su estudio ellos encontraron que, contrario a la tesis de Hoth, las mariposas gastan mucho más energía cuando visitan las flores del sotobosque para alimentarse, que las que permanecen perchadas, y que los efectos

del adelgazamiento del bosque por tala en relación al microclima, son negativos para la supervivencia de la monarca. Sin embargo, el mismo Alonso-Mejía, con Arellano-Guillermo y Brower (1992), habían argumentado antes la importancia de la vegetación del sotobosque como sitio para que las monarcas puedan percharse, y alejarse así de las bajas temperaturas y la predación en el suelo. Brower y Calvert (1985), por su parte, identifican que el riesgo de predación por aves es mayor en áreas abiertas del bosque. Montesinos (1996) encontró también esa relación, y que ésta, además, se incrementa significativamente conforme transcurre la temporada de hibernación, solo en estos sitios clareados.

De acuerdo con los puntos desarrollados hasta aquí, es posible afirmar que tanto la REBMM como la RBMM no han resultado ser efectivas como ANP desde el criterio de que no han podido alcanzar los objetivos para los cuales fueron creadas: no han logrado conservar los bosques que sirven de hábitat de hibernación de la mariposa Monarca ni de frenar su degradación, con lo cual se ha puesto en riesgo a la mariposa y a su fenómeno migratorio. Esto considerando que la mayoría de los estudios citados en este apartado señalan la significativa influencia que puede representar el bosque sobre el éxito de la hibernación de las mariposas Monarca. Por lo cual la degradación de la cubierta boscosa puede resultar en condiciones que vulneren seriamente a la mariposa, especialmente ante condiciones climatológicas extremas y que por tanto, dichos efectos deben tomarse en cuenta al evaluar la efectividad de la Reserva.

5.1.6. Perspectivas

La mariposa Monarca ha adquirido gran importancia a nivel internacional por el fenómeno que significan sus movimientos de migración, lo que ha conllevado a buscar su conservación y la de sus sitios de hibernación en México. Sin embargo, la conservación de su hábitat no debe fundamentarse solo en ella, dado que el bosque mismo representa también muchas otras funciones: es el hábitat de gran diversidad de especies de flora y fauna, además de ofrecer una gran variedad de servicios ambientales y económicos. La conservación de estos sitios de hibernación y los conflictos sociales y económicos presentes en la región han resultado ser totalmente antagonistas. Ha sido el entorno natural quien la mayoría de las veces ha sido el mayor afectado, y sin lograr dar solución alguna a los problemas sociales. El monitoreo de la dinámica de la vegetación se hace entonces necesario para identificar la manera en la que dicha problemática ha incidido sobre los ecosistemas boscosos de esta región, y si las ANP decretadas algo han podido ayudar a disminuir sus efectos negativos.

Por el área en estudio han pasado ya tres decretos muy distintos entre sí. Aquí se ha analizado el impacto de los dos últimos, pero ante la ausencia del análisis del primero, ha quedado inconcluso el entendimiento de la dinámica completa en la historia de esta zona como área protegida. Respecto al último decreto, este trabajo solo observó los primeros tres años, de manera que representaría una gran utilidad con fines comparativos y de comprensión del comportamiento de las cubiertas del suelo el poder continuar con el monitoreo a largo plazo. Para el caso de las ANP protegidas en México y de ésta en especial, en relación de los

periodos sexenales de gobierno, por los cambios en las políticas ambientales que éstos conllevan.

Con miras a mejorar este trabajo y poder considerar su aplicación en el análisis de otros casos, será importante identificar las limitaciones y ventajas del método seguido y las debilidades de este estudio en general. Podría considerarse la integración de otros factores cuantitativos y cualitativos de índole biológica, social o económica, con el objetivo de poder realizar evaluaciones de efectividad en sentido más estricto, encaminados al mejoramiento de la RBMM o cualquier otra ANP donde fuesen aplicadas.

Es importante que esta clase de estudios regionales y multitemporales continúe realizándose, ya que son los que permiten identificar el grado de vulnerabilidad de las ANP por medio de la información sobre la extensión y dinámica de los procesos de cambio dentro y fuera de éstas (Sánchez-Azofeifa et al., 2002) y a lo largo del tiempo.

5.2. CONSIDERACIONES FINALES

En el presente trabajo se alcanzaron las metas planteadas en los objetivos, teniendo como resultados principales los siguientes:

La vegetación de la REBMM y de la RBMM fue cartografiada, así como sus correspondientes áreas de influencia forestal. En conjunto el periodo de observación, iniciado en 1986, alcanzó los 17 años. Dicho periodo involucró el monitoreo en cuatro fechas distintas, mismas que permitieron caracterizar el estado de conservación de las cubiertas vegetales para los dos últimos decretos de protección del área de hibernación de la mariposa Monarca. En el caso del decreto de 1986, se abarcó la totalidad de la vigencia de éste. Respecto a la declaratoria de 2000, este trabajo cubre los primeros 3 años de funcionamiento como Reserva de la Biósfera.

En esta fase del trabajo, el empleo de imágenes de satélite Landsat TM y ETM mostraron ser el insumo más adecuado. Esto, principalmente en función de que la superficie del área en estudio resulta considerable cuando esta alcanza las 343,192 hectáreas. Si bien existen otros insumos que pueden por mucho mejorar la resolución de 28.5 metros por píxel de las imágenes Landsat, su uso no resultaría adecuado en este caso. Esto toda vez que una imagen de mayor resolución implica un mayor detalle de interpretación, que a su vez resultaría mucho más costoso en términos económicos y en horas-hombre invertidas en una superficie tan amplia como la considerada aquí. Más aún, las imágenes Landsat ofrecieron el detalle necesario para cubrir los objetivos respecto a la densidad en la cubierta vegetal, y donde la clasificación de los tipos de comunidades vegetales resulta un elemento secundario.

La aplicación del método de fotointerpretación interdependiente facilitó a gran manera la interpretación de las imágenes de las distintas fechas, evitando redundar innecesariamente en los casos donde la vegetación no sufrió cambios. Además con esto se redujeron los errores de posición así como de clasificación debidos a etiquetados equívocos accidentales.

Aunque se recurrió al empleo de los Índices de Vegetación Normalizados, para el presente trabajo fue de mayor utilidad la interpretación de las imágenes expuestas en el compuesto de color 453, también con apoyo principal del espectro infrarrojo.

El uso como verdad de campo de la fotografía aérea, de un metro de resolución, interpretada en pantalla y estereoscópicamente, fue una herramienta de apoyo sumamente útil y un complemento importante al trabajo de campo. Este último resulta fundamental en análisis espaciales, ya que el uso de las fotografías resultaría inútil sin la experiencia en campo que permite la interpretación confiable, tanto de las fotografías como de las imágenes satelitales. Sin embargo, considerando la superficie de estudio habría resultado muy costoso muestrearla completamente con trabajo de campo. En este sentido, el conocimiento de las comunidades vegetales involucradas y su dinámica adquirido de la formación académica y la revisión bibliográfica representan otro elemento fundamental en la fotointerpretación.

En concreto, en torno al primer objetivo de esta tesis, es posible señalar que la calidad del bosque ha ido en decremento, donde la superficie de bosques densos disminuye mientras que los bosques perturbados se incrementan substancialmente.

Esta disminución en las superficies forestadas puede solo ser resultado de la extracción ilegal, donde ni las cubiertas de uso agropecuario ni los núcleos urbanos mostraron un avance significativo sobre los bosques del área en estudio. Además, las comunidades de mayor interés comercial como el oyamel y el pino-encino, han sido los bosques mas degradados, en especial el primero de éstos.

Ahora bien, en lo que al segundo objetivo particular concierne, con base en la cartografía de las cubiertas vegetales, se identificaron cuatro procesos de cambio en la vegetación que se presentaron durante el periodo de observación. Para ello, el empleo de las matrices de cambio fue fundamental, representando un método ágil y confiable de identificación de procesos, a la vez que permitió reconocer errores cometidos en las fases previas del tratamiento.

De lo identificado en esta etapa, resalta el hecho de que la perturbación presentó tasas elevadas de manera constante y su superficie registrada fue la mayor, a pesar de que la recuperación fue el proceso que alcanzó la mayor tasa en el periodo 1986-1993. Dicho proceso de perturbación afectó principalmente al bosque de pino-encino y al bosque de oyamel, teniendo como causa la tala ilegal presente en esta región, ya que al ser ANP la extracción de esas características está prohibida.

Aunque la deforestación se identificó en tasas relativamente bajas, su impacto ecológico negativo es de mayor repercusión. En conjunto con los efectos de la perturbación, han degradado en poco tiempo los ecosistemas boscosos. Algunas consecuencias son ya evidentes como erosión del suelo y en un drenaje sensiblemente disminuido.

El crecimiento urbano no se ha desarrollado en grandes superficies, aunque sí las áreas de transición, identificadas como una mezcla de parches de agricultura, bosque y urbano. Las cuales, junto con áreas de agricultura temporal, son los tipos de cubierta más asociados a dicho crecimiento urbano. Por ello, a éste último no puede atribuírsele tener efectos negativos directos sobre la perturbación del bosque.

En tanto, en lo que al tercer objetivo concierne, desde la perspectiva de la dinámica de las cubiertas del suelo, los decretos de protección emitidos en 1986 y 2000 mostraron no haber sido lo efectivos que se esperaba. Las tasas de pérdida del oyamel, de pino-encino y encino, han sido por mucho superiores en las áreas de protección, con respecto a las de influencia. En los periodos 1986-1993 y 2000-2003 la perturbación más alta fue registrada en las áreas núcleo respectivas.

La degradación del bosque se mostró a la alza en relación con el tiempo. Las mayores tasas de perturbación y deforestación se registraron en el periodo 2000-2003, en lo que corresponde a la actual RBMM, además de presentar las menores tasas de recuperación y revegetación. Aunque esto último puede deberse también a que, por lo corto del periodo de observación, el método utilizado no permite observarlos.

Considerar el estudio del área de influencia forestal resultó muy conveniente por los datos que arrojó. En primer lugar, representa un análisis de carácter regional que abarca en conjunto el 34% del País de la Monarca. Ello permitió identificar la dinámica de las cubiertas vegetales a escala más detallada, que la utilizada para los estudios del País de la Monarca. Y, porque hizo posible comparar el comportamiento de dicha dinámica dentro y fuera de las áreas protegidas, convirtiéndose en un parámetro de control.

De esta manera, respondiendo al objetivo general, es posible afirmar que en función de la dinámica de la vegetación, las declaratorias de protección de 1986 y 2000 mostraron haber tenido más un efecto negativo. Que incluso han tenido un papel como detonante de degradación del bosque y que, por ende, no han logrado tener éxito en la protección de la cubierta vegetal del hábitat de hibernación de la mariposa Monarca.

A manera de recomendación, monitoreos de este tipo pueden ser empleados para identificar puntos críticos de devastación del bosque, dado que los sitios en conflicto donde la explotación es intensiva están circunscritos a ciertos predios o áreas. De manera que éstas son perfectamente evidentes desde la perspectiva de la percepción remota, incluso con insumos de resolución media como los que utilizamos.

Este estudio fue realizado de manera tal que puede representar la base de múltiples análisis encaminados al entendimiento y monitoreo de la dinámica de la vegetación de la región. Puede ser pie para el estudio de esta última en función de factores como la tenencia o la división política municipal y estatal. Por el método utilizado, es, además, susceptible de actualización, incluso llevado a cabo con otros materiales similares o por otro intérprete. Asimismo, a manera de perspectivas futuras sería de interés identificar la dinámica vegetal, de forma retroactiva, desde antes de los decretos de protección, y actualizar la cartografía e identificación de la dinámica a la fecha.

6. ANEXOS

Clave	Cubierta
11	Oyamel denso
12	Pino-encino denso
14	Encino denso
15	Cedro denso
41	Matorral denso
31	Oyamel abierto
32	Pino-encino abierto
34	Encino abierto
35	Cedro abierto
22	Pino-encino fragmentado
24	Encino fragmentado
81	Arbustos secundarios
82	Arbustos secundarios/Sin vegetación
42	Matorral fragmentado
51	Pastizal inducido
61	Agricultura de temporal
63	Agricultura de regadío
64	Plantaciones arbóreas
65	Agricultura-Bosque-Urbano
66	Agricultura-Bosque
71	Urbano
72	Agua
73	Sin vegetación aparente

Claves empleadas en la clasificación de las cubiertas del suelo.

1986 / 1993	11	12	14	15	41	31	32	34	35	22	24	81	82	42	51	61	63	64	65	66	71	72	73	Total general	
11	18518	6				1019	4					473			5	13			6						20045
12	0	39628					2447			8		648			14	100	13	11		9					42878
14			5317				22	212			10	7				10	1			2				2	5583
15				1114						12															1126
41					7650												77								7727
31	701					1848						81					18			2					2649
32	1	3286					13880			23		721			30	81	3	20	2	25				10	18082
34		52	991				0	3964			7	26				4				4					5048
35									80																80
22		29					8			1395		12					3								1446
24			30					142			344														516
81	45	495	105			92	1282	549		95	6	16580	8		3	16		6		10	5	4	4	4	19306
82													85												85
42														2627											2627
51	7	12	3				3					41			11099	1				1			3		11171
61	7	18	4	1		1	40	3		0		42			15	145358	1060	418	3		194	138			147303
63		0					1			6		2				116	41120	339	45		108	60			41797
64		1										2						5538	24						5565
65																			2409			115			2524
66		11	1							14						11			13	1600					1650
71																					2303				2303
72																							3107		3107
73																						401	173		574
Total general	19281	43538	6452	1116	7650	2960	17688	4869	92	1541	367	18634	93	2627	11166	145731	42274	6331	2504	1651	2726	3713	189	343192	
%	5.62	12.69	1.88	0.33	2.23	0.86	5.15	1.42	0.03	0.45	0.11	5.43	0.03	0.77	3.25	42.46	12.32	1.84	0.73	0.48	0.79	1.08	0.06	100.00	

Anexo 1. Matriz de transición correspondiente a la REBMM en el periodo 1986-1993.

1993 / 2000	11	12	14	15	41	31	32	34	35	22	24	81	82	42	51	61	63	64	65	66	71	72	73	Total general	
11	17482	4				1115	32			4		542	89		9	4									19279
12	1	40944				27	2010	0		10		380	4		35	72	2	34	2	5			5	43531	
14			6236					164			9	18			6	12	6								6452
15				828					268			20				1									1116
41					7650																				7650
31	149	8				2080	8					641	49		17	9									2961
32		1692				8	15126	0				683	0		18	132	2	8		19					17690
34			427				2	4320			22	64			3	31									4869
35									91			1													92
22		26								1507		2				6									1541
24											367														367
81	34	318	84			70	839	147				17029	30		37	41	0	1						5	18635
82													94												94
42														2627											2627
51	7	12	4				12					67			11057	8									11166
61	2	60	2			0	37	3		0		45			1	145032	293	40	72	1	134	13		145736	
63		2	0				3									120	41764		82		302	1		42275	
64		6					6									1		6310			7			6331	
65																8			2280		216				2504
66			0									0			20	239			7	1384					1651
71																					2726				2726
72					0											126	58					3404	124		3712
73																							189		189
Total general	17676	43071	6754	828	7651	3301	18074	4635	359	1521	398	19492	266	2627	11202	145841	42125	6394	2443	1410	3386	3418	322	343191	
%	5.15	12.55	1.97	0.24	2.23	0.96	5.27	1.35	0.10	0.44	0.12	5.68	0.08	0.77	3.26	42.50	12.27	1.86	0.71	0.41	0.99	1.00	0.09	100.00	

Anexo 2. Matriz de transición correspondiente a la REBMM en el periodo 1993-2000.

2000 / 2003	11	12	14	15	41	31	32	34	35	22	24	81	82	42	51	61	63	64	65	66	71	72	73	Total general	
11	16632	8				688	12					293	39		1										17672
12	9	41301				32	1138			18		483			38	32	4	7				1	3		43065
14			6460				4	178				51			4	48	1					7			6753
15				824					3																828
41					7639												3						8		7650
31	3					2673	8					504	108		5	0									3301
32		145					17015			69		722			26	48	1	13		22	11		3		18075
34			75					4440				84			11	19	6								4634
35									355			3													359
22										1521															1521
24											398														398
81		10				1	49					18713	573		103	50									19498
82												1	265												266
42														2625										2	2627
51							1								11201										11202
61		1	0			0	1	0				1			7	145534		3			2	297			145847
63												1				140	41840				23	120			42124
64																65		6326			1				6392
65																			2424		19				2443
66																				1410					1410
71																					3386				3386
72																0						3418			3418
73																						108	213		321
Total general	16644	41465	6535	824	7639	3393	18228	4618	359	1608	398	20855	985	2625	11396	145937	41855	6350	2424	1432	3442	3958	220		343191
%	4.85	12.08	1.90	0.24	2.23	0.99	5.31	1.35	0.10	0.47	0.12	6.08	0.29	0.76	3.32	42.52	12.20	1.85	0.71	0.42	1.00	1.15	0.06		100.00

Anexo 3. Matriz de transición correspondiente a la RBMM en el periodo 2000-2003.

1986 / 1993	11	12	15	31	32	81	51	61	Total general
11	2471	6		253		235	1		2966
12		833			4	1			837
15			13						13
31	130			234		17			381
32		18			46	0			64
81	2			2		167			172
51	1						75		77
61								4	4
Total general	2605	856	13	489	50	420	76	4	4514

A

1993 / 2000	11	12	15	31	32	81	51	61	Total general
11	2434	0		128		39	4		2605
12		840			13	3			857
15			13						13
31	22			294	0	173			490
32		13			36	0			50
81	1			33	6	372	8		420
51	0						76		76
61								4	4
Total general	2457	854	13	455	55	588	88	4	4514

B

2000 / 2003	11	12	15	31	32	34	22	81	82	51	61	73	Total general
11	5351	5		235				66	25				5683
12		3824		18	98			29					3969
15			13										13
31	1			1011	0			225	59	1			1296
32		16			530			28		0			575
34						36							36
22							24						24
81		5			4			939	293	14	3		1258
82									95				95
51										308			308
61											293		293
73												2	2
Total general	5351	3850	13	1265	632	36	24	1288	471	323	296	2	13552

C

Anexo 4. Matrices de transición correspondientes a las zonas núcleo de la REBMM en los periodos 1986-1993 (A) y 1993-2000 (B) y de la RBMM en el periodo 2000-2003 (C).

1986 / 1993	11	12	31	32	34	22	81	51	61	64	Total general
11	5333	0	430	2			155	0	0		5921
12		3566		178			28		2		3774
31	230		609				40				879
32		188		154			3				346
34					4						4
81	13	18	32	31			179				272
51	0							129			129
61	1	1							134		135
64										2	2
66		2				8					10
Total general	5577	3775	1071	365	4	8	405	129	137	2	11473

Anexo 5A. Matriz de transición correspondiente a la zona de amortiguamiento de la REBMM en el periodo 1986-1993.

1993 / 2000	11	12	31	32	34	81	82	51	61	64	Total general
11	4443	3	617	3		422	89				5576
12	1	3486	18	242		21	4		4		3775
31	44		622	6		351	49				1071
32		23	8	298		36	0				366
34					4						4
22		8									8
81	5	15	7	25		324	30				406
82							0				0
51	3							126			129
61				0		0			136		136
64										2	2
Total general	4494	3536	1272	573	4	1154	172	126	140	2	11473

Anexo 5B. Matriz de transición correspondiente a la zona de amortiguamiento de la REBMM en el periodo 1993-2000.

2000 / 2003	11	12	14	31	32	34	22	81	82	51	61	63	64	65	66	71	72	73	Total general
11	8785	2		421				224	14	1									9448
12	9	13150		13	462		3	314		8	10	1	0						13970
14			16		4														19
31	3			1320	8			266	49	4	0								1650
32		39			3640		14	164		9	17	0	0						3883
34						63													63
22							949												949
81		1		1	12			1604	280	28	10								1935
82								1	77										78
51					1					1044									1045
61		0		0	1			1		7	8219								8228
63												484							484
64													443						443
65														214					214
66															193				193
71																67			67
72																	6		6
73																		31	31
Total general	8797	13193	16	1755	4128	63	967	2575	420	1101	8256	484	443	214	193	67	6	31	42707

Anexo 5C. Matriz de transición correspondiente a la zona de amortiguamiento de la RBMM en el periodo 2000-2003.

1986 / 1993	11	12	14	15	41	31	32	34	35	22	24	81	82	42	51	61	63	64	65	66	71	72	73	Total general	
11	10714	0				337	2					82			4	13			6						11158
12	0	35230					2265			8		619			14	98	13	11		9					38267
14			5317				22	212			10	7				10	1			2				2	5583
15				1102						12															1114
41					7650												77								7727
31	341					1005						24				18			2						1389
32	1	3080					13680			23		718			30	81	3	20	2	25				10	17672
34		52	991				0	3959			7	26				4				4					5044
35									80																80
22		29					8			1395		12				3									1446
24			30					142			344														516
81	30	477	105			57	1252	549		95	6	16234	8		3	16		6		10	5	4	4		18861
82													85												85
42														2627											2627
51	6	12	3				3					41			10895	1				1					10965
61	6	17	4	1		1	40	3		0		42			15	145221	1060	418	3		194	138			147164
63		0					1			6		2				116	41120	339	45		108	60			41797
64		1										2						5536	24						5563
65																			2409		115				2524
66		8	1							6						11			13	1600					1639
71																					2303				2303
72																						3107			3107
73																						401	173		574
Total general	11099	38906	6452	1103	7650	1399	17273	4865	92	1533	367	17809	93	2627	10961	145591	42274	6329	2504	1651	2726	3713	189	327205	

Anexo 6A. Matriz de transición correspondiente a la zona de influencia de la REBMM en el periodo 1986-1993.

1993 / 2000	11	12	14	15	41	31	32	34	35	22	24	81	82	42	51	61	63	64	65	66	71	72	73	Total general	
11	10605					371	29			4		81			5	4									11099
12		36618				10	1755	0		10		352	0		35	68	2	34	2	5			5	38896	
14			6236					164			9	18			6	12	6								6452
15				815					268							1									1103
41					7650																				7650
31	84	8				1164	3					116			17	9									1400
32		1656					14791	0				647	0		18	132	2	8		19					17274
34			427				2	4315			22	64			3	31									4864
35									91			1													92
22		18								1507		2				6									1533
24											367														367
81	29	302	84			30	809	147				16333			29	41	0	1					5	17809	
82													93												93
42														2627											2627
51	4	12	4				12					67			10855	8									10961
61	2	60	2			0	36	3		0		49			1	144892	293	40	72	1	134	13		145599	
63		2	0				3									120	41764		82		302	1		42275	
64		6					6									1		6308			7			6329	
65																8			2280		216			2504	
66			0									0			20	239			7	1384					1651
71																					2726				2726
72					0											126	58					3404	124		3712
73																							189		189
Total general	10724	38681	6754	815	7651	1574	17445	4630	359	1521	398	17750	94	2627	10988	145698	42125	6392	2443	1410	3386	3418	322	327204	

Anexo 6B. Matriz de transición correspondiente a la zona de influencia de la REBMM en el periodo 1993-2000.

2000 / 2003	11	12	14	15	41	31	32	34	35	22	24	81	82	42	51	61	63	64	65	66	71	72	73	Total general	
11	2496					31	12					2												2542	
12		24328					579			15		139			30	22	3	7					1	3	25126
14			6375				1	247				51			4	48	1						7		6734
15				812																					815
41					7639												3						8		7650
31						341						13													354
32		90					12844			55		529			17	31	1	13						3	13617
34			75					4340				84			11	19	6								4535
35												3													359
22										548															548
24											398														398
81		4					33					16169			61	38									16305
82														93											93
42														2625											2627
51															9849										9849
61		0	0					0								137022		3			2	297			137325
63												1				140	41356				23	120			41641
64																65		5883			1				5949
65																			2210		19				2229
66																						1217			1217
71																					3319				3319
72																0							3413		3413
73																						108	180		288
Total general	2496	24422	6450	812	7639	373	13469	4587	359	618	398	16992	93	2625	9973	137386	41370	5906	2210	1239	3375	3952	187	286932	

Anexo 6C. Matriz de transición correspondiente a la zona de influencia de la RBMM en el periodo 2000-2003.

LITERATURA CITADA

- Alonso, A. y A. Arellano. 1989. Mariposa Monarca. Su hábitat de hibernación en México. *Ciencias* 15: 6-11.
- Alonso-Mejía, A., A. Arellano y L. Brower. 1992. Influence of temperature, surface body moisture and height aboveground on survival of monarch butterflies overwintering in Mexico. *Biotropica* 24 (3): 415-419.
- Alonso, A., E. Rendón y E. Montesinos. 1995. Realidades energéticas de la mariposa monarca. *Ciencias* 39:48-49.
- Alonso-Mejía, A., E. Rendón-Salinas, E. Montesinos-Patiño y L. Brower. 1997. Use of lipid reserves by monarch butterflies overwintering in México: Implications for conservation. *Ecological Applications*. 7 (3): 934-947.
- Álvarez, R., R. Bonifaz, R. Lunetta, C. García, G. Gómez, R. Castro, A. Bernal y A. Cabrera. 2003. Multitemporal land-cover classification of Mexico using Landsat MSS imagery. *Internacional Journal of Remote Sensing* 24 (12): 2501-2514.
- Anderson, J. y L. Brower. 1996. Freeze-protection of overwintering Monarch butterflies in Mexico: Critical role of the forest as a blanket and an umbrella. *Ecological Entomology* 21: 107-116.
- Barkin, D. 2001. El turismo social en México: una estrategia necesaria. En: Memorias del seminario internacional de ecoturismo: políticas locales para oportunidades globales, mayo de 2001. CEPAL- Serie seminarios y conferencias. Pp. 77-92.
- Bassols, A. 1985. Recursos naturales de México, teoría, conocimiento y uso. Editorial Nuestro Tiempo. México. 361 pp.
- Betts, R. 2004. Global vegetation and climate: self-beneficial effects, climate forcings and climate feedbacks. *Journal de Physique IV*. 121: 37-60.
- Bounoua, L., R. Defries, G. Collatz, P. Sellers y H. Khan. 2002. Effects of land cover conversion on surface climate. *Climatic change* 52: 29-64.
- Brower, L. 1995. Revisión a los mitos de Jurgen Hoth. *Ciencias* 39:50-51.
- Brower, L. 1999. Para comprender la migración de la mariposa monarca (1857-1995). Instituto Nacional de Ecología. Red para el Desarrollo Sostenible-PNUD. México.
- Brower, L., G. Castilleja, A. Peralta, J. López-García, L. Bojorquez-Tapia, S. Díaz, D. Melgarejo y M. Missrie. 2002. Quantitative changes in forest quality in a principal overwintering area of the Monarch butterfly in Mexico, 1971-1999. *Conservation Biology* 16 (2): 346-359.
- Brower, L. y W. Calvert. 1985. Foraging dynamics of bird predators on overwintering monarch butterflies in Mexico. *Evolution* 39(4): 852-868.
- Bruner, A., R. Gullison, R. Rice y G. da Fonseca. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291 (5501): 125-128.

- Calvert, W., S. Malcom, J. Glendinning, L. Brower, M. Zalucki, T. Van Hook, J. Anderson y L. Snook. 1989. Conservation biology of Monarch butterfly overwintering sites in Mexico. *Vida Sylvestre Neotropical* 2(1): 38-48.
- Calvert, W., W. Zuchowski y L. Brower. 1983. The effect of rain, snow and freezing temperatures on overwintering monarch butterflies in Mexico. *Biotropica*. 15(1): 42-47.
- Calvert, W. y L. Brower. 1986. The location of monarch butterfly (*Danaus plexippus* L.) overwintering colonies in Mexico in relation to topography and climate. *Journal of the Lepidopterist Society* 40 (3): 164-187.
- Camarillo, J. y F. Rivera. 1990. Áreas Naturales Protegidas en México y especies en extinción. Proyecto Conservación y Mejoramiento del Ambiente (CyMA). Unidad de Investigación ICSE, ENEP Iztacala. México.
- Carabias, J., V. Arriaga y V. Cervantes, 1994. Los recursos naturales de México y el desarrollo. En: Pascual, P. y J. Woldenberg (coords.) Desarrollo, desigualdad y medio ambiente. Editorial Cal y Arena. México. 303-345.
- Carachure, J. 1996. Estudio geográfico de la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca y su impacto socioeconómico en el municipio de Ocampo, Michoacán. Tesis de Licenciatura (Geografía). Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México.
- CFEM. 1983. Consideraciones sobre la protección y conservación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.), en el Estado de Michoacán (México). Comisión Forestal del Estado de Michoacán. México.
- Collantes, A. 1997. Modelaje espacial dinámico para la conservación: el caso de la mariposa monarca. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- CONABIO. 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 103 pp.
- CONANP. 2001. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Constanza, R., R. Arge, R. Groot, S. Farber, M. Grassot, B. Hannon, K. Limburg, S. Naem, R. O'Neill, J. Paruelo, R. Raaskin, P. Sutton y M. Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Cornejo-Tenorio, G., A. Casas, B. Farfán, J. Villaseñor y G. Ibarra-Manríquez. 2003. Flora y vegetación de las Zonas Núcleo de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* 73: 43-62.
- Curiel, A. 1990. Degradación de las Áreas Naturales Protegidas. En: Rojas, R. (Coord.). En busca del equilibrio perdido. El uso de los recursos naturales en México. Editorial Universidad de Guadalajara. México. pp.197-208.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. CONABIO, UNAM, Sierra Madre A.C. México.

- Chapela, G. y D. Barkin. 1995. Monarcas y Campesinos. Estrategia de desarrollo sustentable en el oriente de Michoacán. Centro de Ecología y Desarrollo A.C. México.
- Chávez, O. 1999. Mastofauna silvestre del municipio de Tuxpan, Michoacán, Méx. Teis de Licenciatura (Biología). Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Chuvieco, E. 1995. Fundamentos de teledetección espacial. Segunda edición. Ediciones RIALP. Madrid. 453pp.
- Daily, G., S. Alexander, P. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. Matson, H. Mooney, S. Postel, S. Schneider, D. Tilman y G. Woodwell. 1997. Ecosystem Services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology 2: 1-16*.
- Daudy, V. 1992. Análisis del impacto ambiental de la explotación minera: estudio de caso Angangueo, estado de Michoacán, Méx. Tesis de Maestría (Geografía – Evaluación y Conservación de Recursos Naturales). Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México.
- De la Maza, R. 1995. La monarca del vuelo. *Ciencias 37: 4-18*.
- Diario Oficial de la Federación. 6 de octubre, 1986. Decreto que declara áreas naturales protegidas para fines de migración, invernación y reproducción de la Mariposa Monarca. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.
- Diario Oficial de la Federación. 7 de enero, 2000. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.
- Diario Oficial de la Federación. 9 de abril, 1980. Decreto que declara zonas de reserva y refugio silvestre los lugares donde la mariposa inverte y se reproduce. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.
- Diario Oficial de la Federación. 10 de noviembre, 2000. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Mariposa Monarca. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.
- Diario Oficial de la Federación. 22 de diciembre, 1992. Ley Forestal. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.
- Diario Oficial de la Federación. 30 de abril, 2001. Aviso por el cual se informa al público en general, que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ha concluido la elaboración del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.
- Díaz, F. 1998. Diversidad biológica y Conservación de la Biodiversidad. *En: Díaz, F., J. de Miguel y M. Casado (coords.). Diversidad biológica y cultura rural en la Gestión Ambiental del Desarrollo. Multimedia Ambiental. Mundi-Prensa. España.*
- Dirzo, R. 1990. La diversidad como crisis ecológica actual: ¿Qué sabemos? *Ciencias, especial 4: 48-55*.
- Dirzo, R. y M. García. 1992. Rates of Deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast Mexico. *Conservation Biology 6(1): 84-93*.

- Espejo, A., J. Brunhuber, G. Segura y J. Ibarra. 1992. La vegetación de la zona de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.) en la Sierra Chincua. *Tulane Studies in Zoology and Botany. Supplementary publication 1: 79-99*.
- Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 1995. Las Selvas tropicales húmedas de México. La Ciencia para Todos. Fondo de Cultura Económica. México.
- FAO. 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. FAO Forestry Paper No. 130. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- FAO. 2001. Global forest resources assessment 2000. Main report. FAO Forestry Paper No. 140. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 479 pp.
- Feddema, J., K. Oleson, G. Bonan, L. Mearns, L. Buja, G. Meehl y W. Washington. 2005. The importance of Land-cover change in simulating future climates. *Science 310: 1674-1678*.
- García, E. 1997. Climatología de la zona de hibernación de la mariposa monarca en la Sierra Transvolcánica de México, invierno 1991-1992. Instituto de Geografía. *Serie Varia No. 16: 5-26*.
- Galicia, L. y A. García-Romero. 2007. Land use and land cover change in highland temperate forests in the Izta-Popo National Park, Central Mexico. *Mountain Research and Development 27 (1): 48-57*.
- Graham, A. 1993. Historical factors and biological diversity in México. *En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). Biological diversity of México: origins and distribution. Oxford University Press. Nueva York. pp: 109-124*.
- Giménez, J. e I. Ramírez. 2004. Análisis fitosociológico de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schlecht.) de la Sierra de Angangueo, Región Central de México. *Fitosociología 41(1): 91-100*.
- Giménez, J., I. Ramírez y M. Pinto. 2003. Las comunidades vegetales de la Sierra de Angangueo (estados de Michoacán y México): clasificación, composición y distribución. *Lazaroa 24: 87-111*.
- Gómez, M. 1998. Evaluación de la extracción comercial de musgo en la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca, Sierra Chincua, Michoacán, Méx. Tesis de Maestría (Ciencias en conservación y manejo de recursos). Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Halfpter, G. 1995. Reservas de la biósfera y conservación de la biodiversidad en el siglo XXI. *Ciencias 39: 9-13*.
- Hoare, A. 2005. Irrational numbers: why the FAO's Forest Assessments are misleading. Reporte de Rainforest Foundation UK, Norway and US. 13 pp.
- Hocking, M., S. Stolton y N. Dudley (2000). Evaluating effectiveness: A framework for assessing the management of Protected Areas. IUCN. Cambridge.
- Honey-Rosés, J., E. Rendón, J. López, A. Peralta, P. Ángeles, I. Contreras, C. Galindo-Leal. 2004. Monitoreo forestal del Fondo Monarca 2003. WWF – Programa México.

- Hoth, J. 1995. Mariposa monarca, mitos y otras realidades aladas. *Ciencias* 37:19-28.
- Hoth, J. 1999. La monarca: oportunidad extraordinaria para trabajar juntos por la naturaleza. En: Hoth, J., L. Merino, K. Oberhauser, I. Pisanty, S. Price y T. Wilkinson (Comp.). 1997 North American Conference on the Monarch Butterfly. Commission for Environmental Cooperation. México.
- Hunter, M. 1996. Fundamentals of conservation biology. Blackwell Science Inc.
- Hurni, H. 1997. Concepts of sustainable land management. *T.C. Journal* 369-374.
- INEGI. 1998. Estadísticas del Medio Ambiente, México, 1997: Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1995-1996. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática – Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.
- Jardel, E. 1990. Conservación y uso sostenido de recursos forestales en ecosistemas de montaña. En: Rojas, R. (Coord.). En busca del equilibrio perdido. El uso de los recursos naturales en México. Editorial Universidad de Guadalajara. México. pp. 209-231.
- Klooster, D. y O. Masera. 2000. Community forest management in Mexico: carbon mitigation and biodiversity conservation through rural development. *Global environmental change* 10: 259-272.
- Lewis, S. 2006. Tropical forests and the changing earth system. *Philosophical transactions of the Royal Society* 361: 195-210.
- Liu, J., M. Linderman, Z. Ouyang, L. An, J. Yang y H. Zhang. 2001. Ecological degradation in protected areas: The case of Wolong Nature Reserve for Giant Pandas. *Science* 292 (5514): 98-101.
- Loa, E., M. Cervantes, L. Durand y A. Peña. 1998. Uso de la biodiversidad. En: CONABIO. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- López, J., I. Valdez y J. Ugalde. 1996. Corrección fotogramétrica de segmentos digitalizados de fotografías aéreas aplicando un SIG, para la determinación del uso del suelo en la Sierra de Quetzaltepec, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 33: 9-30.
- Lü, Y., L. Cheng, B. Fu y S. Liu. 2003. A framework for evaluating the effectiveness of protected areas: the case of Wolong Biosphere Reserve. *Landscape and Urban Planning* 63: 213-223.
- Lund, H., V. Torres, A. Turner y L. Wood. 2002. México. Análisis crítico de los estimados disponibles de deforestación. USAID. SEMARNAT. 32 pp.
- Malcolm, S. 1993. Conservation of monarch butterfly migration in North America: an Endangered phenomenon. En: Malcolm, S. y M. Zaluki. Biology and conservation of the monarch butterfly. Science papers No. 38. Natural History Museum, Los Angeles County. E.U.A.

- Mas, J-F. e I. Ramírez. 1996. Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital procesing. *ITC Journal* 3/4: 278-283.
- Masera, O., M. Ordoñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from mexican forests: current situation and long-term scenario. *Climatic Change* 35: 265-295.
- McKinney, M. 2002. Effects of natural conservation spending and amount of protected area on species threat rates. *Conservation Biology* 16 (2): 539-543.
- Melo, C. y J. López. 1989. Contribución geográfica al Programa Integral de Desarrollo Mariposa Monarca. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 19: 9-26.
- Merino, L. 1999. Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca: Problemática general de la región. En: Hoth, J., L. Merino, K. Oberhauser, I. Pisanty, S. Price y T. Wilkinson (Comp.). 1997 North American Conference on the Monarch Butterfly. Commission for Environmental Cooperation. México.
- Missrie, M. 2004. Design and implementation of a new protected area for overwintering monarch butterflies in Mexico. En: Oberhauser, K. y M. Solensky. The monarch butterfly. Biology and conservation. Cornell University Press. EUA.
- Mitchell, B. 1999. La gestión de los recursos y del medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Montesinos, E. 1996. Estudio de la depredación de la mariposa monarca *Danaus plexippus* por aves, en relación a la estructura del bosque de oyamel en un sitio de hibernación en el estado de Michoacán, México. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nagendra, H., J. Southworth y C. Tucker. 2003. Accessibility as a determinant of landscape transformation in western Honduras: linking pattern and process. *Landscape Ecology* 18: 141-158.
- Nagendra, H., S. Pareeth y R. Ghate. 2006. People within parks – forest villages, land-cover change and landscape fragmentation in the Tadoba Andhari Tiger Reserve, India. *Applied Geography* 26: 96-112.
- Neyra, L. y L. Durand. 1998. Biodiversidad. En: CONABIO. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Nixon, K. 1993. The genus *Quercus* in México. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). Biological diversity of México: origins and distribution. Oxford University Press. Nueva York. pp: 447-457.
- Novak, A y Y. Wang. 2004. Effects of suburban sprawl on Rhode Island's forests: a Landsat view from 1972 to 1999. *Northeastern Naturalist* 11(1): 67-74.
- Oberhauser, K. y M. Solensky. 2004. The monarch butterfly. Biology and conservation. Cornell University Press. EUA.
- Ortega, F. 2001. Los bosques; su valor e importancia. *Ciencias* 64: 4-9.

- Palacio-Prieto, J., G. Bocco, A. Velázquez, J-F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González-Medrano. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 43: 183-203.
- Peña, A. y L. Neyra. 1998. Amenazas a la Biodiversidad. *En: CONABIO. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.*
- Pielke, R. 2005. Land use and climate change. *Science* 310: 1625-1626.
- Provencio, E. y J. Carabias. 1992. El desarrollo sustentable: ¿Alternativa para América Latina? *Problemas del Desarrollo* 23 (91): 15-26.
- Ramírez, I. 2001. Los espacios forestales de la Sierra de Angangueo (estados de Michoacán y México), México. Una visión geográfica. Tesis de Doctorado. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid.
- Ramírez, I. 2001b. Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 45:39-55.
- Ramírez, I. y R. Zubieta. 2005. Análisis regional y comparación metodológica del cambio en la cubierta forestal en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca. Reporte Técnico preparado para el Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca. México.
- Ramírez, I., J. Azcárate y L. Luna. 2003. Effects of human activities on monarch butterfly habitat in protected mountain forests, Mexico. *The Forestry Chronicle* 79 (2):242-246.
- Ramírez, I., M. Jiménez y A. Martínez. 2005. Estructura y densidad de la red de caminos en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 57: 68-80.
- Ramírez, I., R. Miranda, R. Zubieta y M. Jiménez. 2006. Land cover and road network map for the Monarch Butterfly Biosphere Reserve in Mexico, 2003. *Journal of Maps* (2006): 181-190.
- Rodríguez, A., S. Andelman, M. Bakarr, L. Boltani, T. Brooks, R. Cowling, L. Fishpool, G. da Fonseca, K. Gaston, M. Hoffmann, J. Long, P. Marquet, J. Pilgrim, R. Pressey, J. Schipper, W. Sechrest, S. Stuart, L. Underhill, R. Waller, M. Watts y X. Yan. 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428: 640-643.
- Rzedowski, J. 1994. La vegetación de México. Limusa. México.
- Sánchez, A. 1992. Síntesis geográfica de México: Texto para las escuelas de segunda enseñanza, adaptado al programa vigente. Trillas. México.
- Sánchez-Azofeifa, G., B. Rivard, J. Calvo e I. Moorthy. 2002. Dynamics of tropical deforestation around national parks: Remote sensing of forest change on the Osa Peninsula of Costa Rica. *Mountain Research and Development*. 22 (4): 352-358.

- Sarukhán, J., J. Soberón y J. Larson-Guerra. 1996. Biological conservation in a high Beta-Diversity country. *En: Castri, F. di y T. Younes. Biodiversity, science and development. Towards an new partnership. CAB International –IUBS. pp. 246-260.*
- Sarukhán, J. y J. Maass. 1990. Bases ecológicas para un manejo sostenido de los ecosistemas: el sistema de cuencas hidrológicas. *En: Leff, E (coord.) Medio Ambiente y Desarrollo en México. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades. UNAM.*
- Sáyago, R. 2001. Efecto de las colonias de Mariposa Monarca sobre la diversidad de las aves invernantes en la RBMM, México. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- SEDUE. 1989. Información básica sobre las Áreas Naturales Protegidas de México. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales. México.
- Sen, K., R. Semwal, U. Rana, S. Nautiyal, R. Maikhuri, K. Rao y K. Saxena. 2002. Patterns and implications of land use/cover change. A case study in Pranmati Watershed (Garhwal Himalaya, India). *Mountain Research and Development 22 (1): 56-62.*
- SEMARNAP. 1995. Reservas de la biósfera y otras áreas naturales protegidas de México. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 314 pp.
- SEMARNAP, 1996. Programa de Áreas Naturales Protegidas de México 1995-2000. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.
- SEMARNAP. 1997. Programa de conservación de la Vida Silvestre y diversificación productiva en el sector rural. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de Ecología. México.
- SEMARNAP. 1997b. Estrategia integral para el desarrollo sustentable de la Región de la mariposa monarca. Una propuesta para discusión. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México.
- Sigala, P. 1999. La conservación de la monarca, reto para la organización campesina. *En: Hoth, J., L. Merino, K. Oberhauser, I. Pisanty, S. Price y T. Wilkinson (Comp.). 1997 North American Conference on the Monarch Butterfly. Commission for Environmental Cooperation. México.*
- Simonetti, J. 1998. Áreas Silvestres Protegidas; ¿Protegidas y protectoras?. *En: Díaz, F., J. de Miguel y M. Casado (coards.). Diversidad biológica y cultura rural en la Gestión Ambiental del Desarrollo. Multimedia Ambiental. Mundi-Prensa. España.*
- Solensky, M. 2004. Overview of monarch migration. *En: Oberhauser, K. y M. Solensky. The monarch butterfly. Biology and conservation. Cornell University Press. EUA.*
- Song, C., C. Woodcock y X. Li. 2002. The spectral/temporal manifestation of forest succession in optical imagery. The potencial of multitemporal imagery. *Remote Sensing of Environment 82: 285-302.*

- Soto-Nuñez, J. y L. Vázquez-García. 1993. Vegetation types of Monarch Butterfly overwintering habitat in México. En: Malcolm, S. y M. Zaluki. Biology and conservation of the monarch butterfly. Science papers No. 38. Natural History Museum, Los Angeles County. E.U.A.
- Southworth, J., H. Nagendra, L. Carlson y C. Tucker. 2004. Assessing the impact of Celaque National Park on forest fragmentation in western Honduras. *Applied Geography* 24: 303-322.
- Styles, B. 1993. Genus Pinus: a Mexican purview. En: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). Biological diversity of México: origins and distribution. Oxford University Press. Nueva York. pp: 397-446.
- Toledo, V. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y desarrollo* 14 (81): 17-30.
- Toledo, V. 1994. La diversidad biológica de México; nuevos retos para la investigación en los noventas. *Ciencias* 34: 43-59.
- Trejo, I. y J. Hernández. 1996. Identificación de la selva baja caducifolia en el estado de Morelos, México, mediante imágenes de satélite. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Número especial 5: 11-25.*
- Tudela, F. 1992. La sustentabilidad del desarrollo. *Problemas del Desarrollo* 23 (91): 15-26.
- USFWS. 1998. 1997 North American Conference on the Monarch Butterfly. U.S. Fish & Wildlife Service. Estados Unidos de Norteamérica. 36 pp.
- Urquhart, F. 1976. Found at last: the Monarch's winter home. *National Geographic* 150 (2): 160-173.
- Velázquez, A., E. Durán, I. Ramírez, J-F. Mas, G. Bocco, G. Ramírez y J. Palacio. 2003. Land use-cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, Mexico. *Global Environmental Change* 13: 175-184.
- Velázquez, A., J. Mas, R. Mayorga, J. Palacio, G. Bocco, G. Gómez, L. Luna, I. Trejo, J. López, M. Palma, A. Peralta, J. Prado y F. González. 2001. El Inventario Forestal Nacional 2000. *Ciencias* 64: 13-19.
- Velázquez, A., J. Mas, J. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37.
- Villers-Ruiz, L. e I. Trejo-Vázquez. 1998. Climate change on mexican forests and natural protected areas. *Global environmental change* 8 (2): 141-157.
- Vucetich, J., D. Reed, A. Breymeyer, M. Degórki, G. Mroz, J. Solon, E. Roo-Zielinska y R. Noble. 2000. Carbon pools and ecosystem properties along a latitudinal gradient in northern Scots pine (*Pinus sylvestris*) forests. *Forest ecology and management* 136: 135-145.
- WCED. 1987. Our common future. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. Gran Bretaña.
- WCMC. 1992. Global biodiversity. Status of the Earth's living resources. World Conservation Monitoring Centre. Chapman & Hall. Londres.

- WWF. 2004. La tala ilegal y su impacto en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca. Informe preparado por WWF-Programa México.
- WWF. 2006. Pérdida y deterioro de los bosques en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca 2005-2006. Informe preparado por WWF.
- Yongnian, Z., F. Zhaodong y C. Guangchao. 2003. Land cover change and its environmental impact in the upper reaches of the Yellow River, Northeast Qinghai-Tibetan Plateau. *Mountain Research and Development* 23 (4): 353-361.
- Zelege, G. y H. Hurni. 2001. Implications of land use and land cover dynamics for mountain resource degradation in the Northwestern Ethiopian highlands. *Mountain Research and Development* 21 (2): 184-191.

OTRAS REFERENCIAS

- CONABIO. 2004. Regiones Terrestres Prioritarias. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/TIlistado.html>. Última actualización: 13 abril de 2004.
- CONANP. 2005. Áreas Naturales Protegidas. <http://www.conanp.gob.mx/anp/anp.php>. Última actualización: 28 de julio de 2005.