



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**LA RED DE CAMINOS EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA
MARIPOSA MONARCA Y SU RELACIÓN CON LA
PERTURBACIÓN DEL BOSQUE, 2003.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA**

**PRESENTA:
MARGARITA JIMÉNEZ CRUZ**

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. MARIA ISABEL RAMÍREZ RAMÍREZ**

MÉXICO, D. F. AGOSTO 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Dedicatoria

*A mi padre y abuelos, a quienes
aun con vida les prometí este logro
y que desde cielo guiaron
mis pasos para lograrlo*

*A mi madre, hermanas y sobrina
que son lo que
más quiero en esta vida*

y

A toda mi familia que siempre confió en mi

*Especialmente a mis amigas y amigos
y a todas personas que creyeron en mí.*

Agradecimientos

Agradezco enormemente a la Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Filosofía y Letras por ser la casa de mi formación profesional.

Al Instituto de Geografía por abrirme sus puertas para la elaboración de esta tesis.

A la World Wildlife Found-México (WWF-México), por haber financiado el proyecto de caminos en el cual tuve una participación y fue la base para la elaboración de esta tesis.

A la Dra. María Isabel Ramírez Ramírez del Instituto de Geografía-Dpto. de Geografía Física, por haber confiando en mi y aceptado dirigir esta tesis, por su paciencia pero sobre todo su apoyo incondicional durante la elaboración del mismo.

Al Dr. Luis Chias Becerril del Instituto de Geografía-Dpto. de Geografía Económica por aceptar revisar este trabajo y por sus valiosas observaciones.

Al Biol. Armando Peralta Higareda del Instituto de Geografía-Dpto. de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota por la revisión de esta tesis y por sus atinadas observaciones.

Al Mtr. José Manuel Espinoza coordinador del Colegio de Geografía y a la Lic. María Teresa López Castro del mismo colegio por haber revisado este trabajo y por sus valiosas observaciones y sugerencias.

Especialmente quiero agradecer al Geog. Enrique Muñoz López de la subdirección de Sistemas de Información Geográfica- Conabio, por su apoyo y por haberme dado la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A Raúl Jiménez Rosemberg de la Dirección de Bioinformática-CONABIO y Rainar Ressel del Dpto. de Sistemas de información Geográfica y Percepción Remota-CONABIO por su confianza en mi para obtener el título.

A los del área del SIG- Conabio, Javier Colín por tu tiempo dedicado a resolver mis dudas, a Daniel Ocaña, Norma Moreno y Pedro Díaz, por que no olvido sus enseñanzas, muchas gracias.

Al Geog. Anuar Iram Martínez Pacheco por su tiempo dedicado a enseñarme a utilizar los SIG y su apoyo en mis múltiples dudas.

A los ejidatarios de la RBMM que amablemente me brindaron su apoyo para recorrer los caminos de la Reserva en la practica de campo, en particular a los de El Paso, Rosa de Palo Amarillo, Las Rosas, Palo Seco etc.

A mis hermanitas Francisca, Basiliza, Claudia, y María Dominga por que siempre confiaron en mi y estuvieron a mi lado apoyándome; aquí esta el producto de tantos desvelos, las quiero mucho a todas.

A mis amigas y amigos

De la carrera de Geografía:

En primer lugar a Carmen Luz Martínez, mil gracias por ayudarme y apoyarme siempre, a Luz María Gutiérrez hermanita gracias por confiar en mí, a Héctor Soto, Nadya Moreno, Beatriz Mejía y Asunción muchas gracias por su cariño. De la Conabio: A Alejandra Núñez y Laura Herrera, chicas gracias por permitirme estar en sus vidas.

A todo el equipo que formó y forma parte del área de Georreferenciación por que son parte de mi presente.

A los Biólogos Mirelle Martell y Raúl Zubieta.

Y por último pero el mas importante de todos a DIOS por permitirme estar viva.

Índice
Introducción
I. Área de estudio
Localización geografía
Geología y relieve
Climas
Suelos y vegetación
Hidrografía
Fauna
Aspectos sociodemográficos
Conformación histórica en el área en estudio
Distribución de la población
Grupos étnicos y lengua indígena
Educación
Marginación, pobreza y migración
Principales actividades económicas
Explotación forestal
Agricultura y ganadería
Fruticultura
Turismo
Comercio, artesanías y astronomía
II. Marco Teórico
Ecología de caminos
Antecedentes: Ecología del paisaje
Ecología de caminos
Efectos ecológicos de los caminos
La red de caminos
Redes y estructura
Influencia del medio en la configuración de la red de caminos
Vías de comunicación
Clasificación de los caminos
Densidad e influencia de los caminos
III Materiales y Métodos
Materiales
Método
Fotointerpretación
Digitalización
Verificación en campo
Calculo de la densidad e influencia de los caminos
V Caminos y perturbación forestal
Características y funcionalidad de la red de caminos
Longitud de la red de caminos
Los caminos dentro de los límites de la RBMM
La red de caminos a nivel predio
Superficie ocupada por los caminos
Densidad de la red de caminos
Densidad de caminos dentro de la RBMM
Densidad de caminos por predio
Cubierta del suelo y densidad de caminos

Cubiertas del suelo
Influencia de los caminos sobre la cubierta del suelo
Conclusiones
Bibliografía
Anexos

Introducción

Los bosques y las selvas son dos de los recursos naturales más importantes del planeta debido a los bienes y servicios ambientales que proveen, como la captación de carbono, la regulación del ciclo hidrológico y la aportación de otros recursos como madera, leña, carbón, gomas, resinas y plantas medicinales, entre otros (Peñaranda 2000, Fregoso *et al.* 2001). Por lo anterior, es de suma importancia su conservación.

Actualmente, los bosques del territorio nacional se pierden de manera constante por la deforestación, causada por actividades forestales y agropecuarias, incendios forestales y por el desconocimiento del valor del bosque. De estos problemas, los más agudos son el cambio de uso del suelo y la sobreexplotación (Moran y Galletti 2001; WWF-México, 2002). Así mismo, se suma la pérdida de la biodiversidad (Maser 1992 *cit. pos.* Fregoso *et al.* 2001), la degradación de los suelos, la incidencia en el cambio climático, entre otros (Spurr *et al.* 1982).

Por su parte, Aguilar *et al.* (2000) mencionan que la deforestación en México es un problema que se ha presentado desde tiempos precolombinos, más en las últimas cuatro décadas las estimaciones señalan que las tasas de deforestación han aumentado. Así, la destrucción de los bosques y selvas del país han dejado un paisaje fragmentado en los que sólo persisten remanentes de la vegetación original. Para evitar que esta destrucción continúe, como principal estrategia de conservación se han constituido numerosas reservas biológicas (Ceballos, 2000). Así, el gobierno federal, instituciones académicas y organismos no gubernamentales (ONG), buscan medidas para disminuir la pérdida y la perturbación de los recursos forestales, que van desde leyes de conservación y sanciones a quienes las infrinjan, financiamiento para la administración de Áreas Naturales Protegidas (ANP) hasta incentivos económicos para aquéllos que conserven (Hardner y Rice, 2002).

La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) es una de las ANP más conocidas de México, debido a su papel fundamental para la conservación del fenómeno de migración e hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.). Esta reserva se localiza en el límite entre los estados de México y Michoacán, entre los 19° y 20° de latitud norte y los 100° y 101° de longitud oeste. Incluye más de 56, 000 hectáreas, con el carácter de Reserva de la Biosfera, declaradas en noviembre del 2000 (Diario Oficial, 10-Nov-2000).

A pesar de ser un área natural protegida desde 1980, esta Reserva enfrenta serios problemas de fragmentación, perturbación y pérdida de sus bosques, debido principalmente a las actividades de extracción de madera, tanto de forma legal o como ilegal, y al cambio de uso del suelo hacia superficies no forestales (Ramírez y Zubieta, 2005). Así mismo, la crítica situación económica de la población que vive alrededor de los sitios de hibernación, ha generado una creciente presión sobre los recursos naturales que sostienen el habitat de la mariposa (Semarnap 1997, Merino 1999, Romo 1998). Estas circunstancias pueden amenazar al fenómeno de hibernación y migración de la Mariposa Monarca (Brower *et al.* 2002).

Las actividades agropecuarias y de explotación forestal que se llevan a cabo, requieren necesariamente de vías de acceso y transporte, lo que ha dado lugar a la conformación de un sistema de caminos para el aprovechamiento de los recursos.

La construcción de los caminos tiene diversos beneficios económicos en relación con los costos de transportación; sociales, al ser vías de comunicación entre localidades; e incluso de conservación, como

en la prevención y control de incendios forestales, ya que permite la penetración rápida a los bosques (Alcántara, 1999 y Tchikoué, 2002)

Sin embargo, la apertura de caminos también provoca perturbaciones sobre los ecosistemas tanto al momento de su construcción, como a corto y largo plazo. Algunos de los efectos ecológicos inmediatos provocados por la construcción de caminos son los siguientes: a) pérdida directa de hábitat y biota; b) modificaciones a la red hidrográfica; y, c) extracción y compactación de la capa edáfica. Además, tienen efectos a corto plazo como: i) cambio en las condiciones microclimáticas a lo largo del camino y en función de las dimensiones de éste; ii) cambios en la composición florística de las comunidades vegetales, dado tanto por la invasión de plantas exóticas como por la mortandad de especies nativas sensibles a la perturbación y la expansión de las más adaptables; iii) pérdida y cambio de hábitos de la fauna por alteraciones en su hábitat, así como incremento de la probabilidad de muerte directa o captura; y iv) facilidad de acceso a actividades humanas destructivas, como provocación de incendios y extracción excesiva o ilegal de recursos (Gutman, 1986; Reid, 1997; Spellerberg, 1998; Peñaranda, 2000; Séiler, 2001 y Dajoz, 2002).

Para el caso específico de la Reserva, Chapela y Barkin en su trabajo publicado en 1995 hacen una breve mención a la situación de los caminos en esta ANP. Refiriéndose al municipio de Ocampo en estado de Michoacán, señalan que, la deficiencia que tienen los caminos de acceso resulta muy conveniente para la conservación de áreas de particular fragilidad en la Reserva. Sin embargo, actualmente este municipio es uno de los que mayor presencia de caminos tienen y una de las zonas más perturbadas y degradadas de la RBMM. Por lo tanto, tener caminos deficientes para el tránsito vehicular no siempre asegura la conservación de los bosques.

Por ello, es muy importante analizar el papel que juegan los caminos en el proceso de aprovechamiento de los bosques y en la prevención de impactos negativos sobre él, y así contribuir a mejorar las medidas de gestión y conservación del bosque.

Debido a lo anterior, surgen algunos cuestionamientos que han motivado la presente investigación: ¿Cuál es la estructura de la red de caminos en esta ANP?, ¿Cuál es la relación entre dicha estructura y los procesos de extracción forestal?, ¿Qué tanto influye la densidad y la cercanía a los caminos en la perturbación y pérdida de los bosques?.

De tal forma, el objetivo de la presente investigación es analizar la estructura, densidad e influencia de la red de caminos en la RBMM y su relación con el grado de conservación del bosque. Para dicho análisis, se basó en los principios de la ecología del paisaje y del análisis de redes. El trabajo se llevó a cabo mediante fotointerpretación de los caminos utilizando mosaicos de fotografías aéreas digitales de marzo 2003 (resolución de un metro) e imágenes *Ikonos* de marzo de 2004 (resolución de cuatro metros). Los resultados de lo anterior se incorporaron a un sistema de información geográfica (ArcView 3.1 y ArcInfo 8.0) para su edición, análisis y presentación.

Así, en este documento se presentan los planteamientos teóricos que sustentan el análisis, el método utilizado y los resultados obtenidos, lo cual está organizado de la siguiente manera: en el primer capítulo se mencionan las generalidades físicas, sociales y económicas del área en estudio, para poder comprender como se da esta relación con la red de caminos. En el segundo capítulo se realiza una revisión teórica de la ecología de caminos y se resalta la importancia de su estudio como tema relevante en el campo ecología aplicada a la conservación de los ecosistemas; en este capítulo también se mencionan antecedentes y generalidades sobre las vías de comunicación, las estructuras y clasificaciones que pueden tener, así como la importancia de los caminos forestales. En el tercer

capítulo se hace referencia a los materiales y métodos utilizado para la fotointerpretación de los caminos, además de los cálculos aplicados para obtener la densidad y rango de influencia de los caminos. Finalmente, en el capítulo cuatro, como resultado del análisis, se mencionan las características que presenta la red de caminos en la RBMM, y su influencia sobre el grado de conservación o perturbación del bosque.

CAPITULO I: ÁREA DE ESTUDIO

1.1 El área protegida de la Mariposa Monarca

En 1975 se descubrió la primera colonia de hibernación de mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.) en México, por los científicos canadienses Urquhart y Brugger. Desde entonces, se ha considerado conveniente la protección de la región de hibernación de dicho insecto (Brower 1999).

El 9 de abril de 1980 se publicó el primer decreto para proteger a la mariposa monarca. Posteriormente, el 9 de octubre de 1986, se emitió un nuevo decreto, donde se declara Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca con una superficie de 16,010 hectáreas, distribuidas en 5 santuarios (lugar en donde se encuentran las colonias de mariposas abiertas al público) , con el fin de preservar y proteger a la mariposa monarca y su habitat de hibernación (Diario Oficial, 09-Oct-1986).

Debido a que los dos decretos anteriores no cumplieron plenamente con su objetivo, el 10 de noviembre del 2000 se emitió otro decreto más, en el que se le dio el carácter de Reserva de la Biosfera. En este último, se delimitó una extensión total de 56,259 hectáreas, casi 4 veces la extensión de 1986, divididas en tres zonas núcleos (13,551 hectáreas) y dos zonas de amortiguamiento (42,707 hectáreas) (Diario Oficial, 10-Nov-2000).

Autores como Chapela y Barkin (1995), De la Maza (1995), Merino (1999), y Brower (2002), han considerado muy importante la conservación del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en la reserva, y las relaciones que tiene con la población de la región, ya que, para proteger a la mariposa, se debe proteger su habitat de hibernación.

1.1.1 Localización geográfica

Describir las generalidades físicas del área en estudio es de gran relevancia, pues ello nos proporciona los elementos necesarios para analizar las condiciones específicas de la red de caminos y su relación con la conservación del bosque.

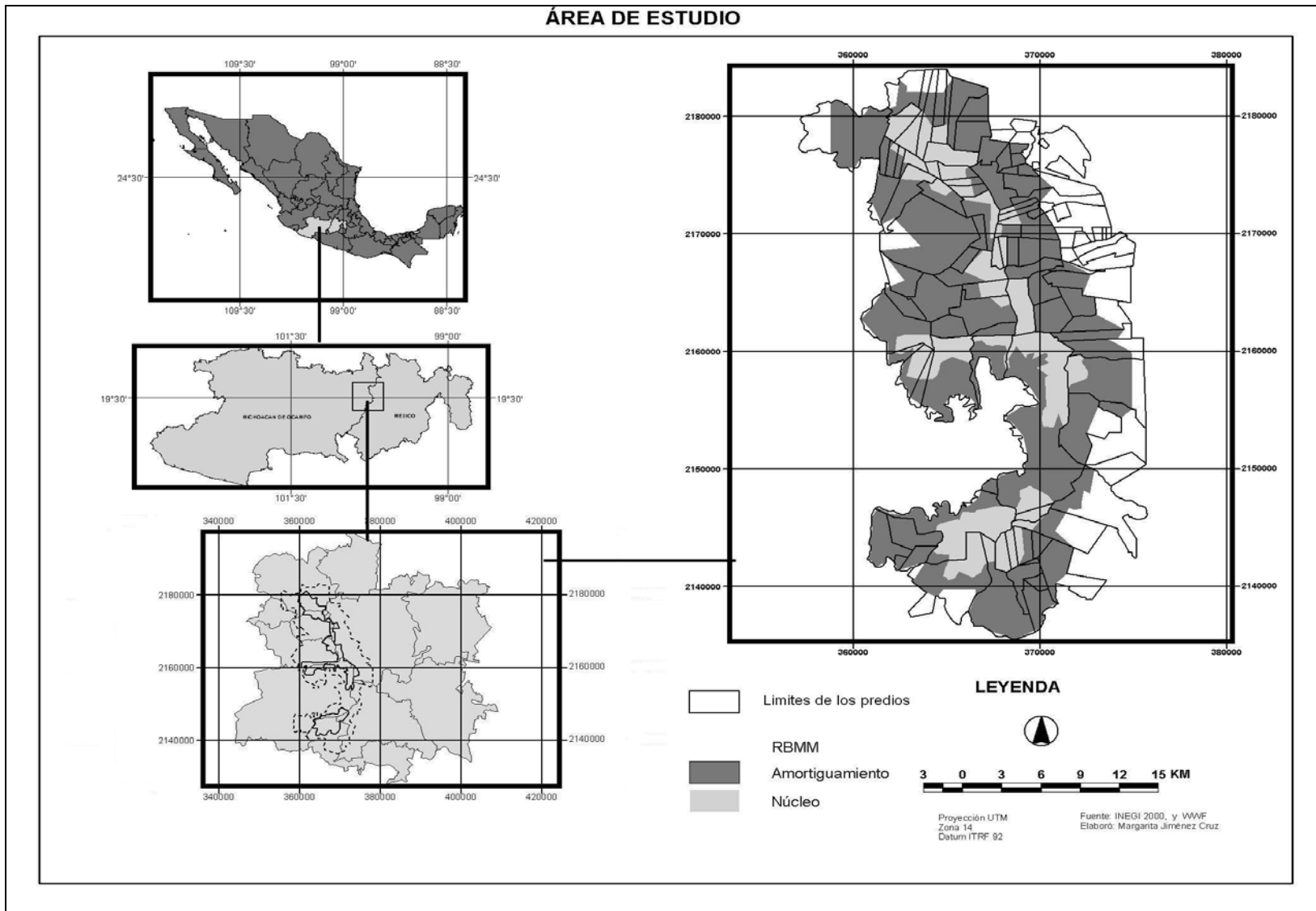


Figura 1.1 Localización del área en estudio

Para llevar a cabo la actualización de la red de caminos, se decidió considerar sólo el conjunto principal, que cubre el 97 % de la Reserva, dejando fuera el 3 % correspondiente a la porción aislada de Cerro Altamirano. El área en estudio abarca parcialmente 5 municipios de Michoacán: Angangueo, Aporo, Ocampo, Senguio y Zitácuaro, así como 3 municipios del Estado de México: Donato Guerra, San José del Rincón y Villa de Allende (Figura 1.1, Anexo 1).

El área en estudio se localiza en el centro-occidente de la República Mexicana, en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal. Sus coordenadas extremas son 19° 18' a 19° 45' de latitud norte y 100° 08' a 100° 24' de longitud oeste.

Un elemento importante del área en estudio es la tenencia de la tierra. En el bloque principal de la reserva hay cerca de cien propiedades (algunos ejidos tienen dos o más dotaciones separadas entre sí). Alrededor de 86% de los terrenos de la reserva son de propiedad social: 50% corresponden a tierras ejidales y 36% a comunidades indígenas. Del resto, 7% son propiedad privada, 3% propiedad federal y el 3% restante corresponde a zonas en litigio entre los estados de Michoacán y México (Diario Oficial, 10-Nov-2000) (Figura 1.2). Algunos ejidos tienen el total de su superficie dentro de la zona núcleo de la Reserva, mientras que otros un mínimo porcentaje distribuido entre la zona núcleo y la zona de amortiguamiento (Anexo 2).

1.1.2 Geología y relieve

El área en estudio pertenece a la provincia morfotectónica del Sistema Volcánico Transversal (SVT) que se formó en la Era Cenozoica, en los períodos Terciario y Cuaternario. Se caracteriza por la presencia de rocas ígneas extrusivas como basaltos, andesitas, tobas y riolitas (Corona e Israde, 1999 y Conanp, 2001).

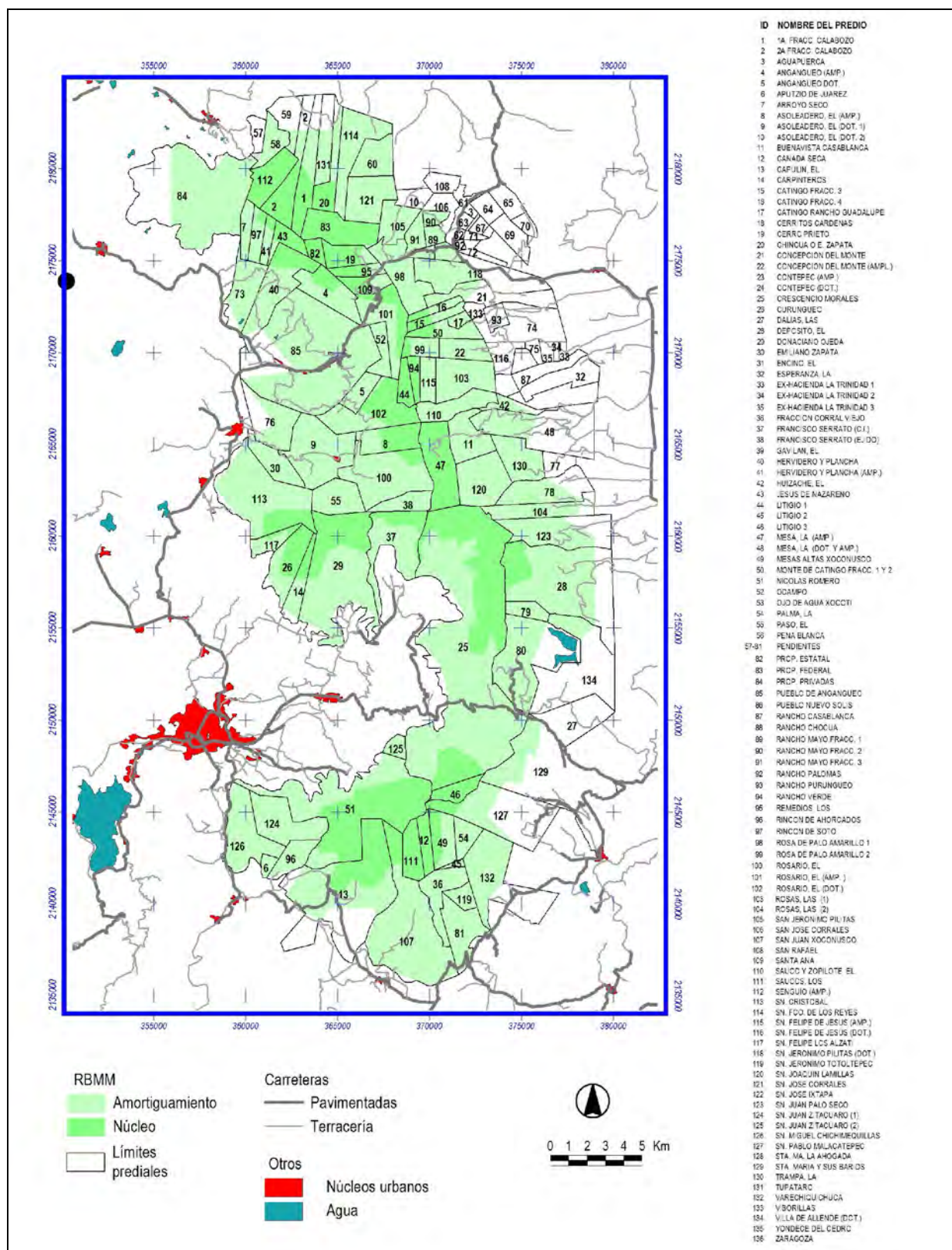


Figura 1.2 Propiedad de la tierra en la RBMM

Según Ramírez (2001), haciendo referencia a varios autores, en toda la provincia del SVT predominan los materiales calcoalcalinos: basaltos, andesitas, dacitas y riolitas, los cuales están sobrepuestos a un basamento pre-volcánico que llega a aflorar tanto al norte como al sur del arco volcánico. Las partes

occidental y central del SVT se ubican sobre rocas formadas por el vulcanismo Cenozoico de la Sierra Madre Occidental, así como sobre las rocas más antiguas asociadas a la Sierra Madre del Sur, metamórficas, sedimentarias e intrusivas.

Esta provincia tiene una distribución general este-oeste y ha sido generada por la subducción Pacífica de la Placa de Cocos. El Terciario está representado por una cubierta volcánica del Terciario Medio Superior que descansa discordantemente sobre basamento metamórfico antiguo que forman algunos de los macizos montañosos del Sistema Volcánico Transversal; en el área de estudio, corresponde a la Sierra de Angangueo (conformada por las sierras Chincua y Campanario y los cerros Chivatí y Huacal) y al complejo volcánico Pelón-Cacique (Ramírez, 2001)

Por su parte, el relieve es una de las características físicas más sobresalientes de la zona. Se trata de un sistema montañoso discontinuo, compuesto por un conjunto de serranías y aparatos volcánicos separados al norte y sur por planicies y valles intermontanos. Las máximas elevaciones corresponden al corredor Sierra Chincua-Campanario-Chivatí-Huacal, donde destacan el Cerro Campanario (3,640 msnm), el Cerro El Mirador (3,340 msnm), el cerro Huacal (3,200 msnm), el cerro Chivatí (3,180 msnm) y Cerro Los Madroños (3,040 msnm). En la porción sur sobresalen el Cerro Pelón (3,500 msnm), el cerro Cacique (3,300 msnm), el cerro El Piloncillo (3,300 msnm) y el Cerro La Palma (3,300 msnm). Las altitudes dentro de la Reserva van desde los 2000 hasta los 3640 msnm las más altas; una gran parte se ubican del lado del Estado de México, pero sobre todo en la zona núcleo (Figura 1.3)

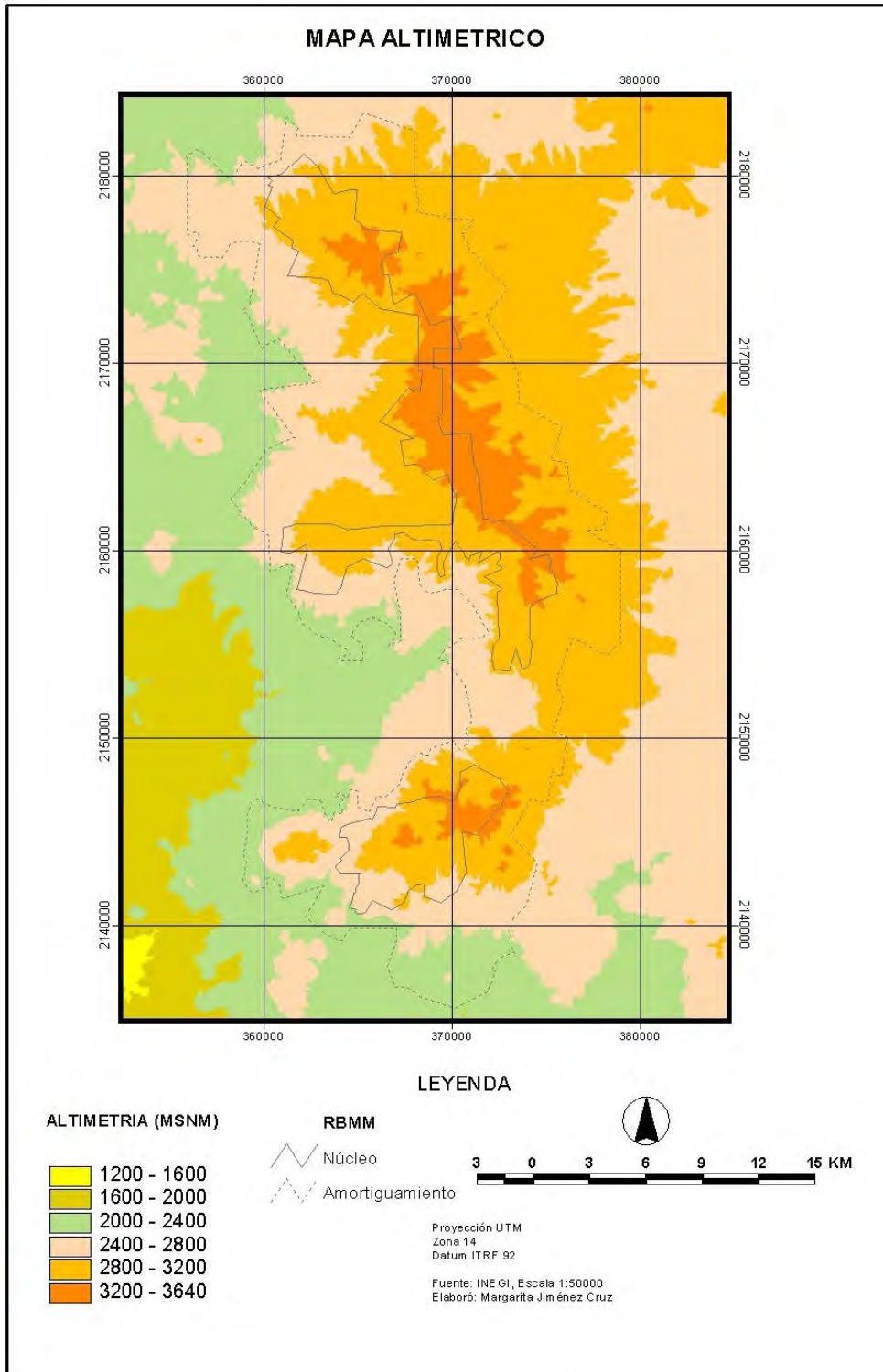


Figura 1.3 Mapa de altimetría

1.1.3 Climas

La región se caracteriza por la predominancia de un clima templado. Presenta en general un clima Cw, templado subhúmedo con lluvias en verano, temperaturas medias anuales de 8° a 22° C, precipitaciones desde 700 mm hasta 1 250 mm. Este tipo de clima se modifica en distancias relativamente cortas debido a cambios contrastados en altitud y pendientes del relieve. Produce variantes microclimáticas muy sensibles, sobre todo en lo que se refiere a grados de humedad. Debido a esta situación, prevalecen tipos climáticos que resultan de la combinación entre tres franjas térmicas, semitemplada, templada y semifría y cuatro niveles de humedad, tres subhúmedos y uno húmedo (Semarnat, 2001).

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García, se presentan tres tipos de clima: 1) Semifrío subhúmedo C(w2)(w)b'(1'); 2) Templado subhúmedo, C(w2)(w)b(1'); y, 3) Templado subhúmedo C(w1)(w)b(1'), todos ellos con régimen pluvial de verano y menos de 7° de oscilación térmica anual (García, 1997 *cit. pos.* Ramírez, 2001).

1.1.4 Suelos y vegetación

La formación de los suelos responde tanto a los intensos y acelerados procesos de descomposición de la abundante materia orgánica, como a la composición litológica de la zona que incluye andesitas, basaltos, riolitas, granitos, esquistos y tobas (Semarnat, 2001)

Lo anterior da lugar a la presencia predominante de andosoles húmico y órtico; estos son suelos humíferos desaturados que se localizan especialmente en montañas húmedas, sobre rocas volcánicas efusivas vítreas, lavas, escorias y cenizas. Tienen buen drenaje y valores elevados de porosidad y permeabilidad. En menor proporción encontramos los acrisoles y planosoles, que se distinguen por su alto contenido de arcillas, y porque son los suelos más fértiles de las regiones cálidas. También se encuentran los feozem y los litosoles, los primeros se desarrollan principalmente sobre sedimentos poco estratificados y los segundos se caracterizan por presentar una pequeña capa de materia orgánica de poco espesor, que en pendientes demasiado fuertes puede no existir. Presentes en mucho menor proporción que las anteriores, están los luvisoles, que se desarrollan sobre materiales de naturaleza y composición muy diversa. Son suelos bien drenados que se caracterizan por un humus mull moderadamente ácido. Estos suelos, en condiciones de fuertes pendientes, son muy susceptibles a erosionarse (Duchaufour, 1987 *cit. pos.* Ramírez 2001). Finalmente, hay cambisoles, regosoles y vertisoles, todos ellos derivados de cenizas volcánicas, muy ligeros y con alta capacidad de retención de agua (Semarnat, 2001).

Desde el punto de vista florístico, el área forma parte de una zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical, adscrita a la provincia de las Serranías Meridionales, pertenecientes a la Región Mesoamericana de Montaña. Lo anterior se expresa en la enorme biodiversidad de la zona. La complejidad del conjunto de elementos abióticos y los procesos biogeográficos ha dado lugar a diferentes tipos de vegetación (Rzedoswki y Rzedoswki 2001).

Los diferentes pisos altitudinales del área en estudio traen como consecuencia diferentes tipos de vegetación: bosque de oyamel (*Abies religiosa*) acompañada por manchones de pino (*Pinus pseudostrabus* y *Pinus montezumae*), cuya estructura mantiene la temperatura y humedad apropiadas para que la mariposa monarca sobreviva durante la estación invernal. En el bosque de latifoliadas predominan las siguientes especies: encino (*Quercus sp.*), tepozán (*Buddleia cordata*), aile (*Alnus sp.*),

manchones de cedros (*Cupressus lindleyi*) y senecios (*Senecio angulifolis*, *Senecio cardiophyllus*, *Senecio barbajohannis*) (Semarnat 2001; Azcárate *et al.*, 2003); finalmente, también se encuentran comunidades secundarias clasificadas como matorrales de *Juniperus* y pastizales (Ramírez, 2001)

1.1.5 Hidrografía

La porción sur y suroeste de la zona de estudio pertenece a la cuenca hidrológica del río Balsas y la parte norte a la cuenca hidrológica del Lerma. La red hidrológica que drena la zona estudiada corresponde a los afluentes del río Balsas que, a través del río Zitácuaro aportan aguas al río Cutzamala, uno de los principales afluentes del río Balsas. Además, a nivel comunidad existen riachuelos que ahí tienen su nacimiento, dando lugar a ríos locales que se unen posteriormente a ríos como el río San Andrés, que aguas abajo cambia su nombre a río Zitácuaro (INEGI, 1995 y Conanp, 2001). Así, en los patrones de drenaje en la región destacan la altitud, lo accidentado del relieve y la permeabilidad de los suelos, factores que hacen de la zona una importante área de captación pluvial y recarga de acuíferos.

1.1.6 Fauna

Entre la fauna de mayor relevancia puede mencionarse la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el coyote (*Canis latrans*), el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), la comadreja (*Mustela frenata*), el conejo (*Sylvilagus sp*), el aura (*Cathartes aura*), el tecolote (*Bubo virginianus*), el cuervo (*Corvus corax*) y diversos colibríes. Hay además lagartijas y serpientes. Los depredadores de la monarca son la calandria (*Icterus abeillei* e *Icterus parisorum*), el ave tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*), así como una especie de ratón (*Peromyscus melanotis*). La fauna histórica del área era más rica y compleja. La deforestación y el exterminio han extinguido muchas especies de gran importancia ubicadas hacia la cúspide de las cadenas alimenticias. Tal es el caso del puma (*Felis concolor*), el lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*), el oso negro (*Ursus americanus*) y el águila dorada (*Aquila chrysaetos*), mismas que podrían reintroducirse (Semarnat, 2001).

1.2 Aspectos sociodemográficos

1.2.1 Conformación histórica del área en estudio

Hablar de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca es descubrir dos milagros: la supervivencia de la mariposa y la persistencia de la población campesina. Los dos fenómenos son extraordinarios: la mariposa, por su perseverancia milenaria de emprender dos veces al año un largo vuelo de más de 5,000 kilómetros; los campesinos, por su capacidad para resistir el embate político, recrudescido en los últimos años, en contra de los productores tradicionales. Cada uno batalla por la supervivencia a conciencia de las amenazas y sin muchas armas (Chapela y Barkin, 1995).

En general existe poca documentación acerca de la historia y conformación territorial de la región siendo aún más escasa para las unidades agrarias. Por tal motivo, sólo se mencionan algunos aspectos generales de la historia de los municipios.

Los municipios que comprenden el área en estudio del estado de Michoacán son: Senguio con el 28% de su territorio dentro de la Reserva, Angangueo con el 84%, Ocampo con el 48%, Zitácuaro con el 24% y Aporo con el 5%; del estado de México son: Donato Guerra con el 33%, Villa de Allende con el 14% y San José del Rincón con el 21% (Anexo A.2.1).

Estos municipios tienen características en común, sus primeros pobladores fueron poblaciones indígenas mazahuas, otomíes, chichimecas y purépechas (Centro Nacional de Desarrollo Municipal, 2001). Posteriormente, con la conquista y evangelización por parte de los españoles (Secretaría de Gobernación y Gobierno del estado de Michoacán, 1988) los municipios sufrieron un cambio radical que repercutió en su desarrollo y evolución. A mediados del siglo XVIII, la población indígena de los valles prácticamente se había perdido, quedando predominantemente conformada por mestizos. Los escasos grupos indígenas que aún permanecían fueron desplazados hacia algunos sitios de laderas montañas en donde, en la actualidad, algunos se han conservado (Ramírez, 2001).

La mayoría de los municipios, durante su consolidación, modificaron sus límites y nombres hasta llegar a la actualidad, ejemplo de ello es el municipio de San José del Rincón que a principios de 2001 aún formaba parte de San Felipe del Progreso en el Estado de México (Centro Nacional de Desarrollo Municipal, 2001).

1.2.2 Distribución de la población

En el 2000 la población en los ejidos y en las comunidades indígenas involucrados en el bloque principal de la RBMM sumaban 32,689 personas. El 51% de la población habitaba en Michoacán y el 49 % restante en el estado de México. La población de la región era fundamentalmente rural.

Las principales localidades de la región por su número de habitantes son las siguientes: Heroica Zitácuaro con casi 70000 habitantes, Aporo, Curungueo, Sengio, Donaciano Ojeda, San José del Rincón, Ocampo, Crescencio Morales, San Jerónimo Toltepec y Mineral de Angangueo, con poblaciones de entre 1500 y 5000 habitantes. De tal forma, Zitácuaro es el centro más importante de la región, en la prestación de servicios públicos y privados de salud, educación, financieros, comerciales, etc. (Ramírez, 2001). Zitácuaro se localiza a 7 kilómetros en línea recta de los límites de la Reserva. La mayoría de las localidades antes mencionadas se ubican en el lado michoacano; sólo San José del Rincón y San Jerónimo Toltepec están dentro del estado de México (INEGI, 2000).

Según los datos de INEGI (2000), se puede mencionar que la mayor concentración de la población del bloque principal de la Reserva esta en lado michoacano, es decir sobre ella se localizan las poblaciones con mayor número de habitantes (Figura 1.4). Esto puede dar pie a pensar que la población ejerce presión sobre los recursos forestales ya que sobre esa misma zona en donde los recursos forestales se encuentran más perturbados.

1.2.3 Grupos étnicos y lengua indígena

En algunas comunidades la lengua indígena ha sobrevivido desde la colonia hasta nuestros días. La población indígena pertenece a la etnia mazahua (familia otomí-mazahua) cuyo lenguaje pertenece al grupo lingüístico otomangué, del que deriva el tronco otopame. Esta lengua se encuentra emparentada con las lenguas otomí, pame, matlatzinca, pirinda, ocuiteca y chichimeca (Angeles, 1994 *cit. pos.*

Farfán, 2002). Así, una parte significativa de la población continúa hablando las lenguas mazahua y otomí en las comunidades indígenas.

Existen comunidades indígenas mazahuas, principalmente al sur de la RBMM, en Cerro Pelón y Chivatí-Huacal. Dentro de la región, éstas tienden a distinguirse como las zonas de mayor densidad poblacional y de niveles de pobreza y deterioro ambiental más acuciantes (Merino, 1999).

1.2.4 Educación

El nivel educativo de los pobladores es uno de los mayores problemas de la zona. De manera general, toda el área se caracteriza por los bajos índices de escolaridad, elevados grados de ausentismo y deserción escolar. Esto se debe a que parte de la población en edad escolar debe comenzar a colaborar en la economía familiar a muy temprana edad y, por otra, a la escasez y ausentismo del profesorado en las localidades más alejadas de los núcleos urbanos (Ramírez, 2001)

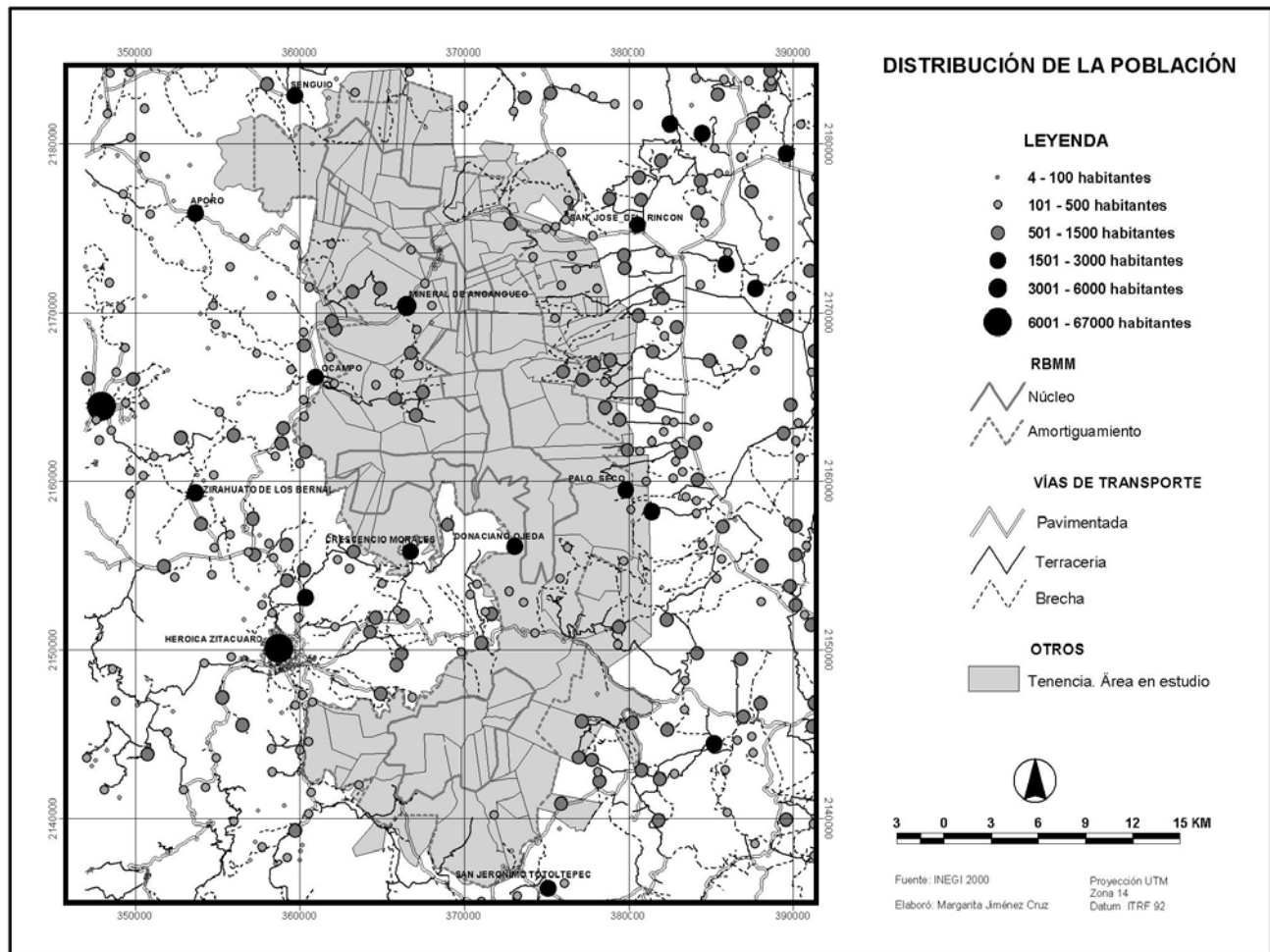


Figura 1.4 Mapa de distribución de la población

1.2.5 Marginación, pobreza y migración

La región donde se ubica la RBMM constituye hoy en día una zona de fuerte expulsión de población. Por lo menos 50% de los jóvenes (tanto hombres como mujeres) la abandonan en busca de empleos, inexistentes en sus pueblos. Un porcentaje muy elevado de comuneros, ejidatarios y jefes de familia sin derechos agrarios, también se emplean temporalmente fuera de la región, aunque sus familias continúan habitando allí y desarrollando algunas actividades productivas. Los migrantes representan una contribución indispensable en la economía de las familias de la región, mientras que en muchas comunidades representan la principal fuente de ingresos (Barkin y Chapela, 1995).

A partir de 1986, cuando las restricciones impuestas por la REBMM (actualmente RBMM) entran en vigor, las condiciones de pobreza en algunas localidades se agudizan. La implementación de estas restricciones en la zona central coincidió con la clausura de las principales fuentes de empleo regional, como la Compañía Minera de Angangueo, que ocupaba a 800 trabajadores; los viveros frutícolas "Cariflor", donde laboraban 200 empleados; y las instalaciones industriales de la "Unión de Ejidos Melchor Ocampo" que ofrecía 170 plazas. A estos factores debe agregarse, para los ejidos y comunidades, la promulgación de la veda total para actividades forestales en 1990 (Merino, 1999).

San José del Rincón y Donato Guerra ocupan el tercer y cuarto lugar respectivamente entre los municipios más pobres del estado de México. El acceso a servicios básicos como agua potable y drenaje es precario. No se cuenta con servicios de atención a la salud en la gran mayoría de las localidades, además que las clínicas son distantes de la mayoría de los pueblos (Semarnap, 1997 y Semarnat, 2001).

1.3 Principales actividades económicas

Conocer las principales actividades económicas que se llevan a cabo en la región de la Reserva permite entender los constantes cambios de usos del suelo, principalmente el aumento de la frontera agrícola y la transformación de bosques conservados a bosques perturbados, así como la pobreza en que vive buena parte de la población.

1.3.1 Explotación forestal

La RBMM es una zona forestal con una fuerte tradición de aprovechamientos forestales y una presión demográfica significativa. Esta zona es, además, vecina del mercado más importante de productos forestales maderables, el área metropolitana del D.F. y de los municipios conurbados del estado de México. La región cuenta con un inventario de industrias forestales cuya demanda de materias primas supera varias veces la capacidad productiva sostenida de los recursos forestales, y que opera con maquinaria y equipos obsoletos. Esta industria presenta una insignificante integración vertical y una escasa generación de productos con valor agregado, desvinculada de los propietarios de los bosques, provocado un deterioro creciente del recurso forestal. Los aprovechamientos clandestinos y los cambios de uso de suelo para ampliación de la frontera agrícola han sido los mecanismos más importantes de este proceso de deterioro (Semarnat, 2001).

El aprovechamiento de los recursos forestales comenzó en la época de la Colonia y se mantuvo e incrementó hasta los años cincuenta. El estado de Michoacán estuvo sujeto a una larga veda forestal que dio pie al crecimiento de los aprovechamientos clandestinos del bosque. En el estado de México se decretó también, casi al mismo tiempo, una veda forestal con consecuencias similares. Dos décadas

más tarde, con la escasez de fuentes de trabajo, la instalación de industrias forestales y el aumento en la demanda de materias primas para las mismas, hicieron de la actividad forestal el eje rector de la economía regional y en algunos casos, el regulador de procesos políticos (Semarnat, 2001).

En síntesis, el recurso forestal de la región está sujeto a una serie de presiones como son: la creciente demanda de materia prima por parte de los industriales de madera establecidos en la región; políticas inadecuadas de aprovechamiento forestal y corrupción de autoridades oficiales, aunadas a la compra de conciencias de ciertas autoridades ejidales y comunales; el cambio de uso de suelo para la agricultura; el despojo del derecho de usufructo a los propietarios de los terrenos forestales; y la fuerte demanda social de fuentes de empleo, que encuentran en el aprovechamiento forestal clandestino una salida rápida aunque parcial a sus necesidades inmediatas.

1.3.2 Agricultura y ganadería

La agricultura es una de las actividades en la RBMM que incide a la deforestación a través del sistema de roza, tumba y quema. La mayor parte de los ejidos y comunidades de la región de la RBMM tienen pocas tierras de aptitud agrícola, los manantiales son escasos, la topografía irregular y las temperaturas poco favorables durante el invierno. Sin embargo, la agricultura es la actividad más importante en la región.

El maíz es uno de los productos locales que son aprovechados en sus diferentes etapas de maduración para elaborar distintos alimentos. El uso específico de distintos maíces para preparar una variedad de alimentos, es una de las bases de la resistencia de las poblaciones locales, especialmente en las comunidades mazahuas, a aceptar maíces híbridos.

El frijol es un producto de importancia básica que se siembra asociado al maíz en la mayor parte de la región; sin embargo, los bajos rendimientos han provocado que cada vez se siembre en menores cantidades. El chilacayote es otro de los productos asociados al maíz y su importancia para la dieta familiar se percibe en el hecho de que se cultiva en todas las zonas de la RBMM (Semarnat, 1997).

Otros productos que se siembran son: nopales, haba, jitomate, avena forrajera, chícharo, papa, maguey y frutos (durazno, pera, ciruela, aguacate, manzana, granada e higo) (Merino, 1999, *comm. pers.*).

Por su parte, la ganadería es una actividad complementaria a la agricultura. El tipo de ganado más abundante es el que se utiliza tanto para la alimentación como para el trabajo. Las razas bovinas más comunes son las criollas, que se crían en las zonas donde hay pastizales nativos; y el mejorado, del que solamente disponen algunas familias y cuyo principal propósito es lechero. Este último se maneja en los terrenos de cultivo que están en descanso. El ganado ovino también es frecuente, especialmente en las comunidades mazahuas.

La ganadería campesina, ya sea de ovinos o bovinos, cumple diversas funciones en la economía familiar: constituye un sistema de ahorro que permite a la familia enfrentar situaciones de emergencia, al mismo tiempo que proporciona alimentos y algunos productos susceptibles de comercialización. Cabe señalar que, ante la falta de regulación del uso de los recursos, el pastoreo afecta al bosque, destruyendo el renuevo y dañando las áreas de reforestación (Semarnat, 2001).

1.3.3 Fruticultura

En el área en estudio existen huertas de manzana, pera, ciruela, chabacano, higo, zarzamora, durazno y membrillo. Algunas de ellas son de autoconsumo, mientras que otras son destinadas al comercio local. En Zitácuaro se produce principalmente aguacate, maguey, durazno, guayaba, granada roja, plátano, limón, manzana y café (Centro Nacional de Desarrollo Municipal, 2001). El principal fruto en el área bajo estudio son las huertas de aguacate las cuales han obtenido notables beneficios económicos en los últimos cinco años (INEGI, 2000), a tal grado de que en algunas comunidades han sustituido las huertas de duraznos por las de aguacate, y convirtieron este cultivo en las principales actividades de la zona

1.3.4 Turismo

A partir de 1977, al darse a conocer la existencia de estos lugares, empezaron a llegar visitantes a los diferentes santuarios de manera masiva. En esa época no existía ninguna reglamentación. En 1986, cuando se hizo la declaratoria de los santuarios, se cerró el acceso a éstos, no sólo al turismo sino también a los habitantes de la zona. A los santuarios cerrados sólo se permite la entrada a investigadores. Actualmente están abiertas al turismo 4 santuarios 2 en Michoacán (Chincua y El Rosario) y 2 en el estado de México (El Capulín y Las Mesas). La infraestructura turística es bastante limitada tanto en el número de hoteles como en su calidad (Semarnat, 2001).

1.3.5 Comercio, artesanías y gastronomía

En las comunidades indígenas mazahuas se utiliza una gran variedad de especies para la elaboración de fibras que se emplean en la cestería, que posteriormente servirá para hacer sombreros y algunos otros productos como los cestos o canastas (Semarnap, 1997).

También en estas comunidades aún hay familias que se dedican al tejido de la lana, elaborando gabanes, cobijas, morrales y rebozos. Casi todas las familias indígenas poseen un rebaño de borregos que trasquilan. Algunas veces venden el vellón, otras los cardan e hilan. Los hombres tejen en telar de pie, mientras que las mujeres lo hacen en telares de cintura. Los textiles de los mazahuas gozan de prestigio nacional e internacional por su calidad y belleza.

La recolección de orquídeas para la venta se realiza todo el año, ya que las distintas especies florecen en diferentes épocas. Existen nueve variedades de orquídeas en la región. La producción de miel tiene cierta importancia, es de buena calidad. La recolección de hongos también es importante, así como de frutas silvestres, quelites y plantas de uso medicinal (Semarnat, 2001).

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Ecología de caminos

2.1.1 Antecedentes: Ecología del paisaje

Este trabajo se enmarca dentro de los estudios de la Ecología del Paisaje. Esta rama de la ciencia considera al hombre como parte constituyente de los ecosistemas que forman la biosfera, por lo tanto, trata de integrar a las ciencias naturales y las sociales. Dice que el hombre es capaz de adaptarse a todos los medios, destruyendo, modificando, transformando e incluso creando ecosistemas enteros (Burel y Baudry, 2002).

A partir del siglo XIX, el término paisaje es utilizado en Geografía y en general se concibe como el conjunto de formas que caracterizan un sector determinado de la superficie terrestre (Forman y Godron, 1986). El término **ecología del paisaje** fue introducido por el biogeógrafo alemán Carl Troll en 1939. Nace para responder a las cuestiones sobre los efectos de la fragmentación forestal sobre las poblaciones animales y aportar elementos de respuesta relativas a las consecuencias ecológicas de las transformaciones del espacio agrícola (Burel y Baudry, 2002). Esencialmente combina la aproximación espacial del geógrafo con la aproximación funcional del ecólogo (Forman y Godron, 1986).

La ecología del paisaje intenta comprender de manera integral los patrones y procesos ecológicos del espacio que percibimos. En sus estudios se hace énfasis en las causas y consecuencias de la heterogeneidad espacial sobre un rango de escalas. El paisaje a distintas escalas es su unidad de estudio y es considerado como un mediato entre la naturaleza y la sociedad (Burel y Baudry, 2002).

La ecología del paisaje, de acuerdo con Forman (1986), se enfoca en las relaciones espaciales entre los elementos del paisaje o ecosistemas, los flujos de energía, los nutrientes minerales y las especies. Para dicho autor, el término paisaje “es un nivel de organización de los sistemas ecológicos superior al de ecosistema, que se caracteriza principalmente por su heterogeneidad y por su dinámica, controlada en gran parte por las actividades humanas y que existe independientemente de la percepción” (*idem*).

2.1.2 Ecología de caminos

Una de las ramas más recientes de la ecología del paisaje es la ecología de caminos, la cual se ocupa del estudio de los caminos y sus efectos ecológicos sobre los demás elementos del paisaje (Forman, 1998). Esta rama de la ecología ha desarrollado modelos espaciales, que podrían ser considerados como teorías diferentes, ya que cada uno de estos modelos tiene distintas líneas de evidencia, son ampliamente aplicables, tienen poder predictivo y son soportados por alguna evidencia empírica. Algunos pueden ser expresados como modelos matemáticos, otros como modelos gráficos con curvas y ejes. Algunos de los modelos espaciales de la ecología de caminos son: caminos perforados, la gigante red verde, las poblaciones hundidas, la zona de afectación del camino, la teoría de redes y nodos, la densidad de caminos y el tamaño de la malla, la disponibilidad de la red y por último el modelo de caminos adecuados (Forman s/f).

De tal forma, los caminos son elementos lineales que tienen un papel fundamental en el paisaje, influyen en la conectividad entre elementos, ejerciendo funciones de corredor de algunos procesos y de barrera para otros (Haas, 1995; Reed *et al.* 1996; Anderson y Danielson, 1997 *cit. pos.* Sastre y Martínez, 2002; y Burel y Baudry, 2002). Son indispensables tanto para la extracción de madera como para facilitar el acceso al bosque para su ordenación y control. Su construcción exige la eliminación de vegetación y el movimiento de tierras y rocas para conseguir estructuras capaces de soportar el paso de vehículos pesados. Los caminos se articulan en redes interconectadas que forman una estructura (Burel y Baudry, 2002). La planeación y conocimiento de ésta permite resolver problemas prácticos como la determinación de rutas óptimas, la delimitación de áreas de influencia, asignación de vías de distribución de algún producto, etc. (Bosque, 1992).

La esencia de la ecología de caminos es principalmente la interacción entre el ambiente natural y el sistema de caminos. El objeto de estudio de la ecología de caminos, va desde un segmento en particular del camino, una distancia de camino entre dos puntos (nodos o intersecciones o la red completa); y desde senderos hasta grandes autopistas.

Los caminos han sido incluidos en muchos estudios regionales, pero raramente han sido tan prominentes. Algunos trabajos han encontrado que los caminos son un elemento de análisis muy complejo y han elegido evitarlos (Heinz Center, 1999 y Jones *et al.* 1997 *cit. pos.* Heilman *et al.* 2002). Sin embargo, Trombulak y Frissell (2000) opinan que el estudio de los caminos es una contribución importante a la literatura científica, que describe los impactos negativos que crean en los ecosistemas naturales y que no deben ser ignorados.

Los impactos causados por los caminos sobre los que más se ha escrito son el cambio en la composición de la vegetación, la dispersión y el movimiento de los animales (Forman y Alexander, 1998, Trombulak y Frissell, 2000), el deterioro del hábitat causando por los procesos de erosión, la deforestación, la pérdida de vida silvestre y los cambios en el sistema hídrico (Spellerberg, 1998, Seiler, 2001).

2.1.3 Efectos ecológicos de los caminos

La presencia de caminos crea nuevos límites en la naturaleza, configurando líneas de distribución y corredores, que pueden reducir el hábitat, alterar el ciclo hidrológico y provoca perturbación en los procesos naturales de los ecosistemas (Seiler, 2001). También provocan efectos secundarios, tales como cambios en el uso de suelo, incremento de los asentamientos humanos y la utilización de los ecosistemas como recurso de explotación (Reid, 1997).

Autores como Trombulak y Frissell (2000) revisaron la literatura científica sobre los efectos ecológicos de las carreteras y concluyen que cualquier tipo de carretera ocasiona siete efectos generales:

1. Mortandad por la construcción de la carretera (sobre todo de organismos débiles o de lento movimiento)
2. Mortandad debida a la colisión con vehículos
3. Modificaciones en la conducta animal
4. Alteración del ambiente físico y químico (suelo, temperatura, sedimentación, etc.)
5. Dispersión de especies exóticas
6. Incremento en el uso de áreas intactas por el hombre que a su vez promueve el incremento de la caza y la pesca, hostigamiento de animales y modificaciones del paisaje.

En relación con los objetivos de nuestro trabajo, nos concentraremos en cuatro de los efectos ecológicos de los caminos: perturbación, fragmentación, deforestación y zona de efecto carretero.

a) **Perturbación**

De acuerdo con Seiler (2001), uno de los efectos más importantes de los caminos es la perturbación en los procesos naturales de los ecosistemas. La perturbación, según Dajoz (2002) son eventos separados en el tiempo que modifican una población, un ecosistema o un paisaje y que cambian su estructura, medio físico y su funcionamiento.

Existen 2 tipos de perturbaciones:

- **Perturbaciones naturales:** como el fuego, las avalanchas de nieve, fenómenos meteorológicos extremos (vientos intensos, temperaturas anormalmente altas o bajas), inundaciones y deposición de partículas, las plagas de insectos, las enfermedades y algunos mamíferos.
- **Perturbaciones antrópicas:** como la tala, la contaminación (aire, agua, suelo) y la introducción y extinción de especies.

Para Spurr y Barnes (1982) las perturbaciones se dividen en tres:

- Las que alteran la estructura del bosque (incendios, viento, la explotación forestal)
- Las que alteran la composición de especies del bosque (introducción o eliminación de nuevas plantas o animales dentro del ecosistema forestal), y
- Las que alteran el clima en el cual crece el bosque (cambios climáticos bruscos).

El efecto de las perturbaciones sobre los ecosistemas depende de la magnitud del agente perturbador y de la susceptibilidad del ecosistema. Es decir, depende de las características de las especies y del tipo de perturbación. Las perturbaciones más obvias existentes en el bosque son aquellas que destruyen parcial o completamente la estructura forestal, matando y derrumbando los árboles de la masa arbórea, principalmente por actividades de desmonte para la agricultura o el aprovechamiento forestal. Estas actividades además de causar la destrucción forestal, inician la sucesión secundaria.

Los caminos provocan alteración y contaminación ambiental física, química y biológica, al crear condiciones diferentes al medio original para el establecimiento de especies diferentes. Con esto se pone en riesgo la sostenibilidad del habitat para muchas plantas y especies animales en una zona mucho mayor a la que el propio camino abarca (Seiler, 2001).

b) **Fragmentación**

La fragmentación en los ecosistemas terrestres es una de las amenazas más graves para la conservación de la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas (Riitters y Wickham, 2003). Conduce a la pérdida de especies nativas (especialmente en paisajes boscosos) y es una de las causas primarias de la actual crisis de la extinción (Wilcox y Murphy, 1985 *cit. pos.* Heilman *et al.* 2002)

Conservacionistas, planificadores y ecólogos se refieren a la pérdida de habitat y al aislamiento con el término fragmentación (Collinge, 1996, Ecotono, 1996, Burel y Baudry, 2002). Bustamante y Grez (1995) la definen como la transformación de un bosque continuo en muchas unidades más pequeñas y aisladas entre sí, cuya extensión agregada de superficie resulta ser mucho menor que la del bosque original. Dajoz (2002) y Burel y Baudry (2002) coinciden en que la fragmentación se caracteriza por la disminución de la superficie total de un habitat y su ruptura en fragmentos o manchones.

Múgica *et al.* (2002), consultando a varios autores, mencionan que la fragmentación de los habitats se ha estudiado desde los años sesenta bajo dos fundamentos teóricos: la teoría biogeográfica de islas y la teoría de las metapoblaciones. La teoría de islas estudia la influencia del aislamiento (distancia a otros fragmentos o habitats) y el tamaño de los fragmentos en la riqueza y composición de especies, considerando la colonización y extinción como procesos fundamentales y la teoría de las metapoblaciones, creada para describir las poblaciones compuestas por subpoblaciones, enfatiza en el concepto de conectividad y el intercambio entre poblaciones espacialmente separadas.

Las principales causas de la fragmentación son la expansión urbana, los procesos de industrialización, la agricultura y silvicultura intensivas, y las infraestructuras viarias, es decir, los caminos.

La ampliación de las redes de carreteras y de ferrocarriles es una de las causas de la fragmentación, no tanto por la pérdida de superficie neta sino por la ruptura en el funcionamiento del conjunto del territorio o continuidad. Sin embargo, el proceso de fragmentación no es al azar. Las áreas accesibles, de topografía poco accidentada, con alta productividad son las primeras en ser alteradas para utilizar la tierra en agricultura, asentamientos humanos o extracción forestal.

La fragmentación conlleva a unos efectos espaciales como:

- Disminución de la superficie de habitat
- Reducción del tamaño de los fragmentos
- Aislamiento de los fragmentos en el paisaje, y
- Efecto borde

Este último se define como zona de contacto entre dos comunidades estructuralmente diferentes (por ejemplo, un bosque y una zona de cultivo). Es decir, como una zona de amortiguamiento contra la propagación de una perturbación (Forman 1995 *cit. pos.* Múgica *et al.*, 2002; Williams, 1991).

Los procesos que se ven más afectados por los efectos de la fragmentación del paisaje son aquéllos que dependen de vectores de transmisión en el paisaje, como la dispersión de semillas, la polinización de las plantas, las relaciones depredador-presa etc. (Ecotono, 1996).

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la fragmentación aplica a diferentes escalas para distintas especies y distintos habitats: un paisaje fragmentado para una especie puede no serlo para otra con mayores capacidades de dispersión o requerimientos de habitats menos exigentes (Wiens y Milne, 1989).

Algunos de los autores han analizado los efectos de la fragmentación generada por los caminos sobre la fauna y la vegetación, así como sus diferentes grados de influencia. Paredes y Jones (2000), Gelbard y Belnap (2003) y Watkins *et al.* (2003) estudian el papel que juegan los caminos en la introducción de especies exóticas y, a su vez, en la disminución de especies nativas en ciertos ecosistemas. Toman como variables algunas características de los caminos como el tipo (caminos mejorados, y no mejorados) y el uso (frecuente y no frecuente). Concluyen que los caminos son un factor importante que contribuye a la continua dispersión de plantas exóticas a ciertas distancia. En particular Gelbard y Belnap (2003) observaron que a distancias de mil metros la presencia de especies exóticas fue mucho menor que a distancia de 50 metros del camino. Por lo tanto, a menores distancias a partir del camino mas presencia de especies invasoras y a mayor distancia de los caminos al bosque, más presencia de especies nativas y menos especies invasoras.

c) Deforestación

Según la FAO (1995), la deforestación se refiere a la conversión total de los bosques hacia otros usos. La deforestación es la pérdida permanente de la cubierta forestal, para ser dedicada a otros usos del suelo, como agricultura, pastizales, nuevos asentamientos humanos, infraestructura, etc.

Según Roper y Roberts (1999), entre los principales agentes de la deforestación se incluyen:

- Agricultores de roza y quema. Desmontan el bosque para sembrar cultivos de subsistencia y para su venta.
- Agricultores comerciales. Talan los bosques para plantar cultivos comerciales, y desplazan a los agricultores de roza y quema que se trasladan a su vez a los bosques.
- Ganaderos. Talan los bosques para sembrar pastos.
- Madereros. Cortan los árboles con valor comercial sin una planificación previa, lo cual causa daños severos.
- Recolectores de leña. La intensificación en la recolección de leña puede conducir a la deforestación.
- Planificadores de infraestructuras. Los caminos y carreteras construidos en áreas forestales dan acceso a áreas que antes eran inaccesibles y los hacen vulnerables.

Entre las condiciones que favorecen la deforestación se cuentan la pobreza, la codicia, la búsqueda de poder, el crecimiento demográfico y el analfabetismo. Las causas indirectas incluyen las políticas gubernamentales inadecuadas, la subvaloración de los bosques naturales y los factores sociales. Algunas de las causas directas más evidentes de la deforestación son otros usos de la tierra que compiten con los bosques naturales, por ejemplo, la agricultura, la ganadería, el desarrollo de infraestructuras y la exploración petrolera y minera (Roper y Roberts, 1999).

Muchos autores han mencionado la influencia que tienen los caminos en la deforestación de los bosques, principalmente de las carreteras. Así, Mas *et al.* (1996), en su estudio del proceso de deforestación el área del Pico de Orizaba (estados de Veracruz, Oaxaca, y Puebla), mencionan que encontraron una relación lineal entre las distancias a las carreteras y la conservación de bosques. Encontraron que la alteración es mayor cuanto menor sea la distancia a los caminos y señalan que la fuerte pendiente y la menor densidad de caminos o de población son factores relacionados.

Peñaranda (2000), por su parte, llevó a cabo un modelado de la deforestación por medio de un SIG considerando diez factores que influyen en la deforestación como son: 1) caminos principales, 2) caminos secundarios, 3) ríos principales, 4) ríos secundarios, 5) densidad poblacional, 6) incidencia de pobreza, 7) fertilidad del suelo, 8) áreas inundables, 9) pendientes y 10) áreas intervenidas. Encontró que el factor que más influye en la deforestación son los caminos, principales y secundarios, por encima de factores como la densidad de la población, pobreza, pendiente, ríos y fertilidad del suelo. Señala que cuando se construye un camino principal, inmediatamente se abren caminos secundarios perpendiculares. Éstos penetran más profundamente en el interior del bosque, produciendo un amplio margen de tierra deforestada a cada lado del camino. Y remarca que los caminos de aprovechamiento forestal son uno de los factores que facilitan más la deforestación.

Así mismo, realizó una clasificación de influencia en los caminos primarios y secundarios, para el riesgo de deforestación. Menciona que a una distancia de 2500 metros a caminos primarios se tiene un riesgo a sufrir deforestación entre severo y alto, mientras que a distancias mayores a los 7500 metros el

riesgo es bajo. Mientras que para los caminos secundarios, la distancia con influencia severa se reduce a 250 metros y con riesgo bajo a 750 metros. Esta diferencia en las distancias se debe a las características físicas que tienen los caminos (Tabla 1).

Tabla 2.1 Influencia de los caminos al riesgo de deforestación

Factor	Influencia en metros	Riesgo para la deforestación
Caminos Primarios	0-2500	Severo
	2500-5000	Alto
	5000-7500	Moderado
	7500-10000	Bajo
Caminos Secundarios	0-250	Severo
	250-500	Alto
	500-750	Moderado
	750-1000	Bajo

Fuente: Peñaranda (2000)

Por otra parte, Sader y Joyce (1988) y Fearnside (1987 y 1995) *cit. pos.* Mas *et al.* 1996 concluyen que la presencia de las vías de comunicación, así como su desarrollo y su distancia, tienen un papel importante como causante de la deforestación de los bosques. También hacen una referencia clara a que los caminos influyen en los procesos de deforestación y que esta influencia esta relacionada con factores físicos como la distancia y la pendiente.

d) Zona de efecto carretero

La zona de influencia de los caminos depende del proceso ecológico específico que se analice, el cual puede ser más o menos afectado por los caminos, dependiendo de su ubicación y su vulnerabilidad.

La mayoría de los estudios están enfocados en los impactos que causan las carreteras, principalmente en la introducción de especies exóticas y efecto barrera en la fauna. La mayor parte de la investigación en ese sentido se ha realizado por científicos de países desarrollados. De acuerdo con las revisiones bibliográficas de Spellerberg (1998) y Seiler (2001) destacan Inglaterra, Suecia, Holanda, Australia, Nueva Zelanda, Canadá, Estados Unidos y Chile. En ellos se aborda la problemática de los efectos ecológicos de los caminos en el ambiente.

Forman y Deblinger (2000) examinaron una “zona de efecto carretero” sobre la cual se extienden efectos ecológicos, en el que consideraron nueve elementos (humedales, arroyos, sales de la carretera, plantas exóticas y fauna como los alces, venados, anfibios, aves de bosque y aves de pastizal), medidos a lo largo de 25 km de una autopista muy utilizada al oeste de Boston, Massachussets. Concluyeron que los efectos en todos estos factores se extendieron a más de 100 metros de la autopista. Los efectos en los alces y en las aves de pastizal, así como las sales provenientes de la carretera, se extendieron a más de 1 km. Finalmente, mencionan que la zona de efecto carretero tiene un promedio de 600 metros de distancia hacia ambos lados de la carretera y es asimétrica, es decir, cuyas distancias varían principalmente por la influencia del relieve.

Actualmente, en los estudios ecológicos regionales, frecuentemente se considera a los caminos (Riitters y Wickham, 2003; Heilman *et al.*, 2002). Usando estadísticas de la longitud total de carretera de 1985,

la densidad, distribución espacial de los caminos, los volúmenes de tráfico, la distancia de las zonas de influencia y otros factores, Forman y Alexander (1998) y Forman (2000) estimaron que el 15-22% del área total de los E.U. estaba ecológicamente afectada por los caminos. Considerando distancias de afectación de 100 metros en caminos secundarios, 305-365 metros en caminos primarios y 810 metros en algunos caminos de áreas urbanas.

Riitters y Wickham (2003) llevaron a cabo un estudio sobre la influencia de los caminos en el territorio de los Estados Unidos; en el que definen áreas que son potencialmente influidas por los caminos. Consideraron nueve distancias distintas en donde la mayor distancia está a 5176 metros. Utilizaron mapas de uso del suelo, carreteras nacionales, un mapa nacional con líneas divisorias de aguas y otro con 164 ecorregiones. No consideraron información como tipo, número, volumen de tráfico o topografía, entre otros. Concluyen que el 88% del área total estaba a una distancia de 1061 m de algún camino, y sólo 3% se ubicó a más de 5176 m de distancia. Exclusivamente para las áreas de bosque las proporciones se diferenciaron por menos de 2% para todas las distancias. Señalan que las regiones con más de 60% de su área total del terreno a 382 metros de un camino pueden estar en gran riesgo de impactos ecológicos acumulativos.

2.2 La red de caminos

2.2.1 Redes y Estructura

Una red es un sistema interconectado de elementos lineales, que conforman una estructura espacial por la que pueden pasar flujos de algún tipo: personas y mercancías en el caso de los caminos o energía e información en otras redes. En una red se diferencian los elementos lineales o aristas, que interrelacionan las intersecciones (nodos), las cuales son elementos puntuales. En ella se sitúan los orígenes y los destinos de los flujos que pasan por la red. El atributo temático más importante asociado a las líneas de una red, es la longitud o costo de recorrerla. Además, puede llevar asociada atributos como la demanda de un bien o producto. De esta forma, una red puede ser un conjunto de puntos (intersecciones de las líneas) y un conjunto de relaciones (líneas) entre los puntos.

Los objetos lineales se pueden agrupar en tres tipos (Figura 2.1):

1. Líneas aisladas sin uniones entre ellas.
2. Árboles: los segmentos lineales tienen intersección, pero no llegan a formar ciclos. Un buen ejemplo es la red hidrográfica.
3. Circuitos o redes: donde las líneas están unidas y forman circuitos cerrados como las calles de las ciudades.

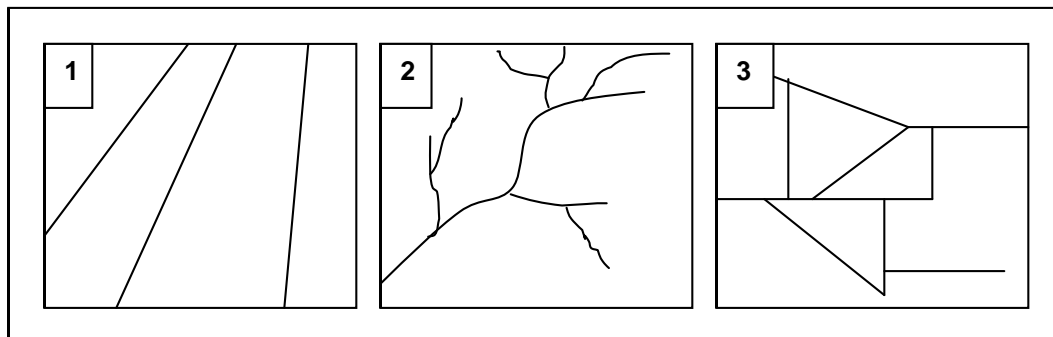


Figura 2.1 Representación de objetos lineales

La teoría de *grafos* es una de las ramas de la topología que puede utilizarse en el estudio morfométrico de redes y constituye un tipo de análisis explicativo que permite conocer, con base en datos espaciales, qué aspecto tiene la estructura completa de la red o su desarrollo (Seguí y Petrus, 1991)

Existen ciertos patrones naturales de estructuración espacial de una red. En la mayoría de las redes de transporte que existen en la naturaleza se observa una estructura arbórea, como en los ríos. Sin embargo, las redes de transporte construidas por los humanos tienden, en general, hacia una estructura más densa, ofreciendo caminos redundantes. Es común adoptar una serie de patrones usuales, como las mallas ortogonales, el sistema anular/radial o el sistema centro – rayo (IMT, 2003) (Figura 2.2).

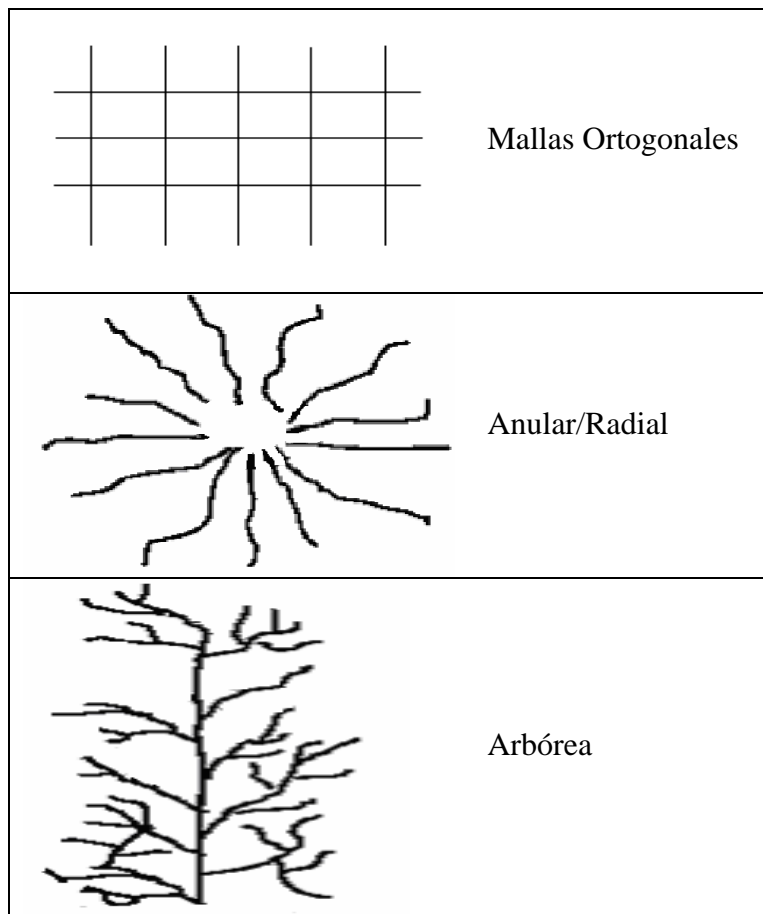


Figura 2.2 Estructuración espacial de la red de caminos

2.2.2 Influencia del medio en la configuración de la red de caminos

Los procesos de ocupación del espacio están vinculados tanto a la configuración del medio físico y a la distribución de los recursos, como a la dinámica de la formación social que los usa. Su secuencia está condicionada por múltiples factores, entre los que destacan los recursos disponibles, la estructura

socioeconómica, el grado de desarrollo tecnológico y la organización territorial de cada formación social (Santana, 1992 *cit. pos.* Moreno, 1997). En consecuencia, el desarrollo de las vías de comunicación, como proceso espacial estructurante del territorio, es fruto de la combinación de esa diversidad de factores.

El medio físico adquiere un significado especial como un todo integrado, fundamental para la distribución de la población y asentamientos y, en consecuencia, para el trazado de las diferentes vías de comunicación entre entidades o rutas de explotación de recursos. Así, la localización de los recursos constituye un factor esencial y estructurador de la red de comunicaciones.

De acuerdo con Moreno (1997), el proceso de conformación de una red se encuentra bajo influencia de factores internos, como son las condiciones físicas, la distribución de los recursos o la propia evolución de la población. Finalmente, la necesidad de utilización de los recursos forestales por la población hace necesario que los caminos se modifiquen en función de las nuevas exigencias y que otros caminos sean abiertos.

De esta manera, se puede decir que la configuración de la red de caminos puede cobrar diferentes formas por factores topográficos (costes de realización), históricos, económicos, y políticos, entre otros. De estos, el desarrollo económico debido a su necesidad de transporte, es el factor que influye de la manera más sustancial sobre la formación de la estructura de la red, lo cual significa que siempre que exista necesidades de transportes suficientemente fuertes la construcción de una vía o red puede efectuarse a pesar de haber dificultades naturales

Los caminos pueden tener diferentes tipos de estructuras que muchas veces suelen parecerse a las redes fluviales. Por las distintas configuraciones de su trazado (patrones), éstas pueden ser dendríticas, enrejadas, radiales, paralelas, anulares y rectangulares (Castro, 1986). Sin embargo, son los propósitos específicos en los cuales intervienen los caminos, los que determinan la forma de la red. Por ejemplo, las redes de caminos rectilíneas (líneas rectas y ángulos rectos principalmente) por lo general son para uso del suelo residencial; las redes dendríticas apoyan en las operaciones de aprovechamiento forestal en zonas montañosas, los cuales son limitados por la pendiente del terreno (Figura 2.3).

De esta manera, se puede decir que la estructura de los caminos de la RBMM responde a la actividad de la explotación forestal, condicionada por las características físicas de relieve montañoso. Es decir, aunque el bosque se encuentra en lugares inaccesibles con pendientes muy abruptas, pero tiene demanda en el mercado, los taladores legales ó clandestinos buscarán la forma de acceder a él no importando los daños que puedan ocasionar.

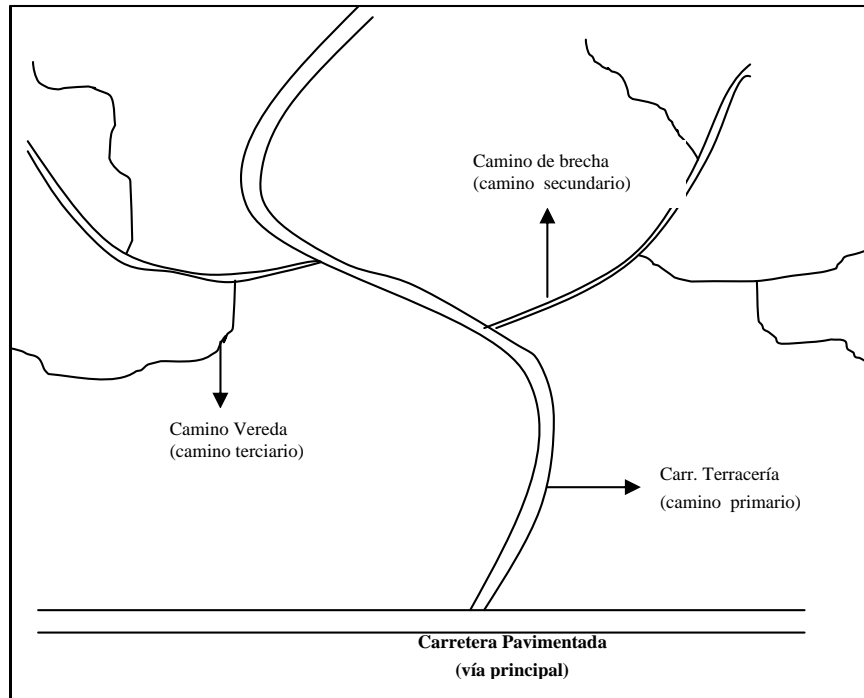


Figura 2.3 Estructura de la red de caminos

2.2.3 Vías de comunicación

Entre las causas fundamentales que condicionan la aparición de las primeras líneas de comunicación está la tendencia a explotar las riquezas naturales y los productos agrícolas. La necesidad de desplazamiento estaba en principio ligada a la obligación de los grupos humanos de trasladarse de un lugar a otro en busca de recursos, facilitando de igual forma el intercambio tanto de personas como de mercancías. En este sentido, el mejor o peor desarrollo de las vías de comunicación condicionó el avance o retroceso de las distintas sociedades (Potrikowski *et al.*, 1984).

Según Seguí y Petrus (1991) la necesidad de desplazamiento está estrechamente ligada a la civilización humana. Con la aparición de la agricultura, los grupos humanos sedentarios se vieron en la necesidad de desplazarse de un lugar a otro. Al principio, lo hicieron a pie y, con ello, aparecieron las primeras sendas; luego, supieron dominar animales que fueron utilizados como medio de transporte.



Figura 2.4 Vereda sin obra de acondicionamiento

Las veredas eran adecuadas para el tránsito a pie, pero se volvían una dificultad cuando había que atravesar un bosque a caballo, por ejemplo. Esa evolución en la creación y adopción de medios para transportarse o transportar bienes, determinó la necesidad de adecuar esas sendas para hacerlas transitables para esos nuevos y más rápidos medios de transporte, necesidad que aumentó con la invención de la rueda y con el desarrollo de las actividades agrícolas y forestales. Así, las sendas se convirtieron en caminos, los caminos en carreteras y las carreteras en autopistas (Calderilla, 2003).

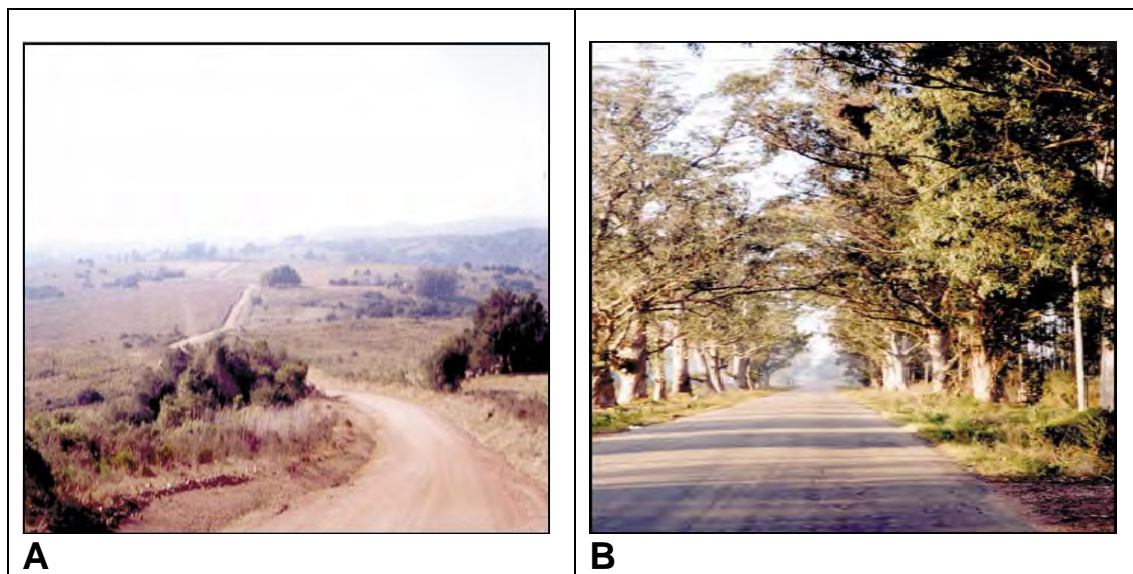


Figura 2.5 Carreteras de terracería (A) y pavimentada (B)

La industria es otra actividad que influyó en el desarrollo y evolución de los caminos, pues exige un ritmo de transporte y de distribución que estimula la demanda de nuevas redes y vías que sean capaces de conectar los puntos de extracción o transformación con los de consumo o distribución. Con ello, se han constituido redes que cubren amplios territorios, y esto ha determinado la creación de ciertas infraestructuras y pueblos (Seguí y Petrus, 1991).

El Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (Banobras, 1994) menciona que, en la historia de los caminos en México, la década de los setenta podría ser el momento en el que se inicia el crecimiento

explosivo de la red vial, debido a que aplicando nuevas tecnologías de trabajo, las brechas fueron transformadas en caminos alimentadores.

En 1976, la Red Nacional de Carretera tenía una longitud total de 193 290 km, de los cuales 60 861, eran carreteras pavimentadas, 84 558, caminos revestidos, 46 414, terracerías y 1 457, brechas mejoradas. Con el transcurso del tiempo, los cambios socioculturales y económicos determinaron un cada vez mayor uso de las vías, mismo que se ha mantenido hasta nuestros días.

a) Construcción, uso y mantenimiento

La construcción de todo tipo de camino (pavimentados, terracerías y brechas o veredas), genera un área de afectación inmediata, principalmente a elementos físicos como la vegetación, el suelo y la red hidrográfica. Sin embargo, la construcción de caminos es necesaria para la integración de territorio, aunque existen zonas en donde las vías de comunicación funcionan más como vías de extracción que de integración; pues funcionan como conductos para extraer la plusvalía de las zonas rurales hacia las ciudades, de la misma manera que la falta de caminos y carreteras frenan el comercio agropecuario regional e impiden la total integración del territorio y la intercomunicación social (Chías, 1985).

La construcción de las carreteras son las que mayor preocupación causan sobre todo cuando atraviesa zonas boscosas. La SCT e IMT (1999) mencionan que el impacto ambiental en la construcción de carreteras es la transformación, modificación o alteración de cualquiera de los componentes del medio ambiente (biótico, abiótico y humano), y subdivide los impactos en dos etapas: construcción, y operación y conservación.

- 1. Etapa de construcción.** Los impactos ambientales más relevantes en esta etapa suceden sobre la red hidrográfica y la estabilidad de los suelos, así como sobre la vegetación que se pierde y se altera directamente.
- 2. Etapa de operación y conservación.** Los impactos se pueden dividir en impactos a corto plazo y largo plazo. La pérdida de pasto u otra vegetación herbácea en un área podría considerarse un impacto a corto plazo, pero la pérdida de un bosque maduro se considera un impacto a largo plazo debido al tiempo necesario para reforestar el área y para que los árboles lleguen a la madurez (SCT e IMT, 1999).

Por su parte, Calderilla (2003) menciona que los accidentes topográficos o hidrográficos, dificultan la construcción de los caminos y, en esa misma línea Tchikoué, (2002) menciona que en terrenos empinados, rocosos o en suelos de escasa resistencia, la construcción de caminos puede tener consecuencias severas.

Finalmente, se concluye que las condiciones del entorno geográfico tienen una gran influencia en la construcción de los caminos, sin embargo, no son determinantes.

b) Caminos forestales.

Los caminos forestales son un elemento necesario para la ordenación del bosque. Estos caminos permiten el acceso a zonas boscosas para realizar actividades relacionadas con la extracción de madera, la protección y lucha contra incendios, y para otros fines no madereros como el pastoreo y la minería, entre otros (Guía-FAO, 1990).

La construcción de caminos forestales exige la tala de vegetación y el movimiento de tierras y rocas para conseguir estructuras capaces de soportar el paso de vehículos pesados aun en condiciones ambientales adversas. Una parte importante de la erosión del suelo cabe atribuirla directamente a los caminos forestales, en muchos casos por deficiencias de diseño, construcción o mantenimiento (Dykstra y Heinrich, 1996.)

La planificación de los caminos forestales tiene como objetivo principal el de minimizar los costos totales de construcción, explotación y mantenimiento de la infraestructura de transporte con un mínimo nivel de afectación al ambiente forestal. Su construcción presenta varias ventajas para el manejo y aprovechamiento del bosque, pero también importantes desventajas (Tabla 2.2). Para evitar estas últimas es necesario determinar su densidad, su localización y su calidad (Tchikoué, 2002).

Tabla 2.2 Ventajas y desventajas de los caminos forestales

Ventajas	Desventajas
Mecanización en el proceso de arrime y arrastre	Pérdida de áreas forestales
Mejor calidad de la madera	Daños al bosque por volcaduras de rocas
Menores tiempos en los procesos de trabajo	Problemas de erosión
Accesibilidad a todas las áreas	Incremento de deslizamientos del terrero
Planificación óptima de las áreas de corta	Costos permanentes de explotación y mantenimiento.
Protección contra incendios al bosque	Modificación del ambiente forestal
Transporte de materia prima, trabajadores y equipo	Estimulación para la extracción clandestina de los recursos
Prevención y ayuda inmediata en caso de accidentes	

Fuente: Tchikoué 2002

Por su importancia y uso, los caminos forestales se clasifican en 3 categorías (Tchikoué, 2002):

1. **Caminos principales:** son aquéllos que unen los macizos forestales con las carreteras y con los caminos de segundo o tercer nivel. También se conocen como caminos permanentes.
2. **Caminos secundarios:** son aquéllos que se conectan con las áreas boscosas. También se unen con los caminos principales, centros industriales, incluso con las vías públicas nacionales.
3. **Caminos terciarios o de servicio:** son aquellas vías que sirven de brechas de saca o carriles de arrime, los cuales, frecuentemente, se conectan con los caminos secundarios y con los principales, en menor frecuencia. Estas vías son fundamentales para el acceso en las áreas protegidas, luchas contra incendios y por la tala de árboles, así como para la realización de las actividades silvícolas.

2.2.4 Clasificación de los caminos

Los caminos en general suelen tener una cierta clasificación que permite describirlos y diferenciarlos fácilmente. Dal-Rene (1996) menciona que los caminos pueden ser clasificados según su ubicación, función, volumen del tráfico, firme (con o sin revestimiento), e importancia. Entre las más comunes están las siguientes:

De acuerdo con su utilidad (Olivera, 1991):

- Integración social: Son aquellos caminos que sirven principalmente para poder tener unidad al territorio nacional; tienen como finalidad incorporar al desarrollo nacional a los núcleos sociales que han permanecido marginados por la falta de comunicación
- Para provocar el desarrollo: Son caminos que sirven para propiciar el auge agrícola, ganadero, comercial, industrial o turístico de la zona de influencia
- Caminos de zonas desarrolladas: Caminos que tienen como objetivo comunicar sólo los puntos que han alcanzado mayor desarrollo

Según sus usos (Moreno, 1997):

- Comerciales: caminos construidos para facilitar el intercambio de mercancías
- Industriales: comunican áreas industriales con la red primaria
- Caminos agrícolas: son caminos para la explotación de productos agrícolas
- Caminos forestales: utilizados para extraer cargas de maderas y carbón

De acuerdo con su morfología:

- Según lo ancho del camino y número de carriles
- Nivel de ingeniería para su construcción
- Tipo de revestimiento

Y, de acuerdo con la propiedad:

- Caminos federales
- Caminos estatales
- Caminos privados

2.2.5 Densidad e influencia de los caminos

La importancia de analizar la red de caminos con variables como la densidad y rango de influencia, asociadas a otros elementos geográficos, reside en su utilidad para reducir las perturbaciones a los ecosistemas causados por ellos. Autores como Dykstra y Heinrich (1996) y Malcolm y Ray (2000) hacen hincapié en la necesidad de la correcta planeación de los caminos, especialmente en operaciones de extracción, ya que, dicha planeación permite reducir al mínimo la erosión del suelo y evita construir más caminos de los indispensables y causar muchos daños en la vegetación; mencionan que las operaciones de aprovechamiento forestal por arrastre dan lugar a la existencia de una red densa de caminos de saca que causa erosión a los suelos y sedimentación de los cursos de agua.

El modelo de densidad de caminos plantea que la densidad de éstos puede influir directamente en el incremento de la mortandad de especies arrolladas, la perturbación y el acceso humano a áreas remotas. El modelo de la zona de afectación del camino considera los efectos de la construcción del camino, como pérdida de hábitat, alteración de los cursos de la red hídrica, erosión y sedimentación de suelos, acceso humano y perturbación en áreas remotas, entre otros (Forman y Alexander, 1998). Además, plantea que las áreas varían debido al relieve, al viento y que sus límites son muy asimétricos (Forman y Deblinger, 2000)

En el trabajo de Forman y Hersperger (1996) se analizan las bases teóricas de esta línea de investigación y se resalta la importancia del estudio de los caminos, tema que está teniendo cada vez mayor participación y reconocimiento en el campo de la ecología aplicada a la conservación de los ecosistemas.

CAPITULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

En el presente trabajo de investigación se utilizó el siguiente material:

- Cartas topográficas digitales, escala 1:50000, del INEGI. Hojas E14A25, E14A26, E14A35 y E14A36.
- Conjuntos de datos vectoriales, escala 1:50000, de INEGI. Archivos E14A25, E14A26, E14A35 y E14A36.
- Ortofotos digitales de 1994, escala 1:20000, de INEGI. Archivos E14A26 (A), (B), (D) y (E); y E14A36 (A), (B), (D) y (E).
- Mosaicos de fotografías aéreas digitales, de un metro de resolución, de marzo 2003, georreferenciados con base en las ortofotos del INEGI (Peralta *et al.*, 2003, Honey *et al.*, 2004) (proporcionados por WWF-México).
- Imagen Ikonos de marzo 2004, georreferenciada, de 4 metros de resolución, (proporcionada por WWF-México).
- Mapa digital de cubiertas del suelo, escala 1:75000, actualizado a marzo de 2003 con imágenes de satélite Landsat ETM+ (Ramírez y Zubieta, 2005).
- Modelo digital de elevación (MDE), con resolución de 20 metros.
- Software Arcview 3.2 y Arcinfo 8.0.

3.2 Método

3.2.1 Fotointerpretación

Existen dos procedimientos básicos para la detección de elementos lineales en una imagen: automático o visual. En el primero se emplean diferentes algoritmos, que permiten mayor rapidez en aplicaciones de grandes superficies. Mientras que la identificación visual permite alcanzar mayor precisión a partir de la información contextual. Es decir, este segundo método considera la experiencia del intérprete para diferenciar los elementos de interés de los de su alrededor (Armesto *et al.*, 2002).

Por lo anterior, la fotointerpretación (identificación de rasgos) de los caminos en la RBMM se llevó a cabo de manera visual. Se tomó como base la tipología de los caminos de los conjuntos vectoriales del INEGI, la cual adaptó (simplificó), según lo observado en los mosaicos digitales. Para la interpretación se consideraron algunos criterios como la forma y dimensión de los rasgos lineales, así como tono, textura e información de su contexto, lo cual permitió diferenciar las vías de otros elementos lineales como la red de drenaje o las parcelas agrícolas.

Además, se tomaron en cuenta las siguientes características particulares de los distintos tipos de caminos:

- Vías férreas: se caracterizan por ser líneas sumamente rectas y con curvas suaves y amplias. Aparecen en la base del INEGI, pero no se identifican nuevas en nuestra área analizada
- Carreteras pavimentadas (CODIGO 1): a diferencia de las vías de ferrocarril, son de curvas más frecuentes y mucho más cerradas, y regularmente llegan a ellas un número elevado de más caminos. Debido a su cubierta asfáltica no reflejan mucha luz. Contrariamente, aquellas escasas cubiertas de concreto reflejan demasiado la luz, lo cual también las hace claramente identificables.
- Caminos de terrecerías (CODIGO 2): son de morfología similar a las anteriores, de las cuales parten. Su revestimiento de grava o arena compactada hace que reflejen mucha luz.
- Brechas (CODIGO 3): son más estrechas y sinuosas que las anteriores, se adentran más en el bosque, el cual a veces las cubre. Como no tienen ningún tipo de cubierta, la reflexión de luz es variable según el tipo de suelo.
- Veredas (CODIGO 4): se caracterizan por ser muy estrechas y demasiado sinuosas. Buena parte de los segmentos que las conforman se pierden intermitentemente bajo la vegetación. Aunque siempre parten de un camino de mayor entidad, no siempre tienen un destino bien definido o conexión con otro camino. Suelen ser más frecuentes en la zona montañosa que en la llana (Armesto *et al.*, 2002).

Tomando en cuenta lo anterior, existieron algunas dificultades al momento de identificar sobre todo las veredas. Además, por su forma, en varios casos se confundían con cursos de agua.

La interpretación se hizo principalmente sobre el mosaico digital del 2003, el cual cubre las dos zonas núcleos del bloque principal de la reserva, pero no abarca la totalidad de la zona de amortiguamiento. De tal forma, se utilizaron imágenes *Ikonos* de 2004 para completar la red de caminos en aquellas zonas no cubiertas por el mosaico 2003, sobre todo en la parte este y noroeste de la zona de amortiguamiento de la Reserva (Figura 3.1)

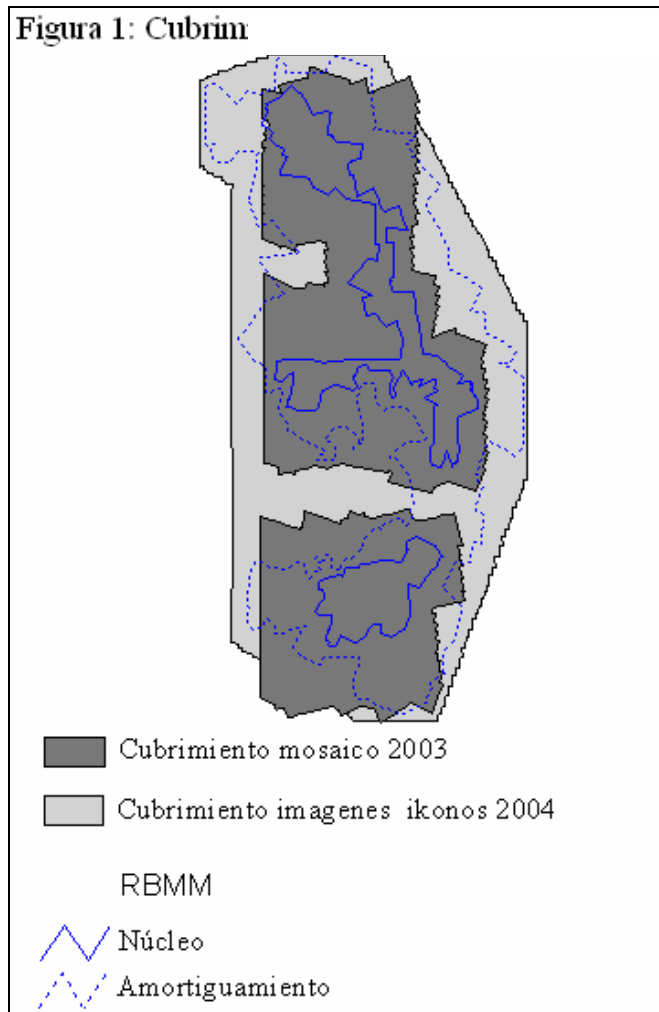


Figura 3.1 Cubrimiento fotográfico considerado en el análisis

3.2.2 Digitalización

La digitalización es el proceso de transferir datos gráficos a la memoria de la computadora. De tal forma, para generar el mapa actualizado de la red de caminos de la RBMM se llevó a cabo lo siguiente:

- Se unieron todas las capas de Vías de Transporte de los conjuntos de datos vectoriales en una sola, lo cual cubrió todo el bloque principal de la reserva.
- Lo anterior se sobrepuso sobre el mosaico digital de 2003 (Figura 3.2 A) y sobre ello se digitalizaron los nuevos caminos identificados directamente en pantalla, considerando la clasificación mencionada en el apartado anterior y manteniendo una escala de interpretación de 1:10000 (para generar un mapa de buena precisión a 1:20000)

- Debido al cambio de escala entre la base de INEGI (1:50000) y nuestra interpretación (1:10000), en varios casos se corrigió el trazo de los caminos que así lo requerían (Figura 3.2 B).

Existieron sitios donde los caminos no pudieron ser distinguidos debido a la densa vegetación. En esos casos, se procedió con interpretación estereoscópica de fotografías aéreas impresas (la mismas que sirvieron para la elaboración de los mosaicos digitales). Los puntos dudosos que resultaron del anterior trabajo de gabinete se resolvieron con la verificación en campo.

Para la digitalización se utilizaron códigos que contienen información sobre el tipo de camino, temporalidad y transitabilidad, es decir, si se puede transitar en ellos, en qué tipo de vehículo y durante qué época del año (Tabla 3.1)

3.2.3 Verificación en campo

El objetivo del trabajo de campo fue la verificación de los puntos dudosos que resultaron de la interpretación en pantalla, así como confirmar la clasificación asignada a los caminos fotointerpretados.

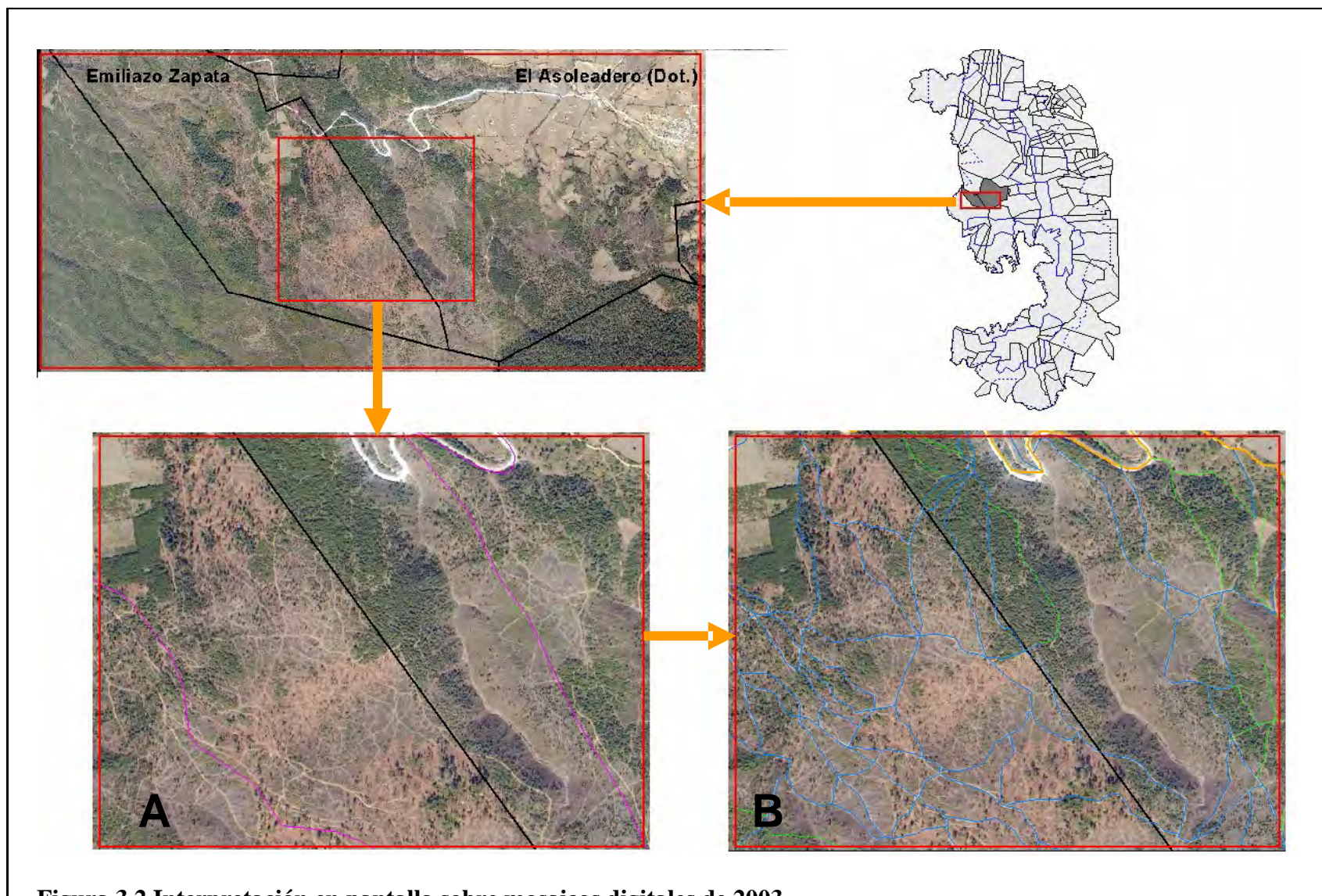


Figura 3.2 Interpretación en pantalla sobre mosaicos digitales de 2003

Con ayuda de GPS Garmin eTrex y Garmin III+, en modo de recorrido (*tracks*) se verificó más del 10% de todos los caminos interpretados. Además, se marcaron puntos de referencia (*waypoints*) en cada intersección de caminos, registrando manualmente la clase y características de cada uno de los que intervenían en dicha intersección. Se siguieron los caminos pavimentados, de terracería y brechas transitables automóvil (4x4), y se recorrieron a pie numerosas veredas y brechas cuyas condiciones no permitían el acceso con auto. Tanto los recorridos como los puntos registrados se visualizaron posteriormente en un SIG.

Sobre un mapa previo impreso, se verificaban las clases dadas a los caminos en el trabajo de gabinete. Se marcaban allí aquellas que no se habían podido distinguir en la interpretación (generalmente veredas). Durante la verificación de campo, aparte del tipo de camino se registró también la temporalidad y transitabilidad de éste. Es decir, se tomó en cuenta si se podía transitar en ellos, en qué tipo de vehículo y durante qué época del año (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Clasificación y caracterización de los caminos verificados

Tipo de camino	Código camino	Código Transitabilidad ^b	Código Temporalidad ^a	Código caracterización	Características
Pavimentadas	1	1	1	111	Se circula todo el año y en todo tipo de medios
Terracerías	2	1	1	211	Se circula todo el año y en todo tipo de medios
Brecha	3	1	1	311	Se circula todo el año y en todo tipo de medios
Brecha	3	1	2	312	Se circula sólo en temporada de secas y en todo tipo de medios
Brecha	3	2	2	322	Se circula sólo en temporada de secas y sólo en camiones madereros o vehículos todo terreno
Brecha	3	3	1	331	Abandonadas. Funcionan todo el año, pero sólo se pasa caminando o con animales
Vereda	4	3	1	431	Funcionan todo el año, pero sólo se pasa caminando o con animales

^a 1 = todo el año; 2 = únicamente temporada de secas

^b 1 = todo tipo de medios; 2 = camiones madereros o vehículos todo terreno; 3 = sólo a pie

Los tipos de caminos con los códigos 211 y 311 en ocasiones pueden ser confundidos; la diferencia entre ellos es que los caminos 211 tienen revestimiento de algún tipo de material y los 311 no tienen ninguno, aunque en algunos tramos del camino los pobladores cubren el paso con piedras.

Como se muestra en el cuadro anterior tenemos una mayor combinación de brechas verificadas en campo que de ninguno otro tipo de camino. Esto puede deberse a que la actividad de la RBMM es principalmente forestal, por ello, la presencia de los diferentes tipos de brechas.

3.2.4 Cálculo de la densidad e influencia de los caminos

Una vez verificado y corregido el mapa, y con la ayuda de un sistema de información geográfica (ArcView 3.2), se calculó la densidad de la red caminos. Esta se define como el promedio de la longitud total de caminos por unidad de área (km/km^2) (Forman *et al.* 2003). El cálculo de la densidad se llevó a cabo en dos niveles: 1) según los límites de la RBMM, zona de amortiguamiento y zona núcleo; y 2) considerando los predios involucrados en la reserva.

También se llevó a cabo el cálculo de las áreas de influencia física de los caminos, basada en el modelo bidimensional desarrollado por Chías *et al.* (2001). En este modelo, la distancia se analiza sobre una superficie hipotéticamente plana. Para ello se establecieron rangos de distancias de influencia de los caminos según observaciones en campo (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Distancias de influencia de los caminos

Distancia de influencia a partir de los caminos (metros)	Tipo de influencia	Influencia
0-100 m	1	Severa
101-300 m	2	Alta
301-500 m	3	Moderada
> 500 m	4	Baja

Los rangos señalados en la Tabla 3.2 se obtuvieron tomando como base lo señalado por Chávez 1998 *cit. pos.* Godínez, 1998, en relación con las distancias óptimas para la reforestación y el manejo de los bosques a partir de los caminos. Así mismo, se consideró la opinión de los ejidatarios de los predios visitados, a quienes se les había preguntado sobre la distancia a la que suelen adentrarse los taladores al bosque sin que abran nuevos caminos. La mayoría de ellos coincidió en que es muy frecuente que se corten los árboles que se encuentran a los lados de los caminos.

Finalmente, se cruzó esta información, tanto de densidad como de influencia física, con el mapa de cubiertas de suelo del 2003 (Ramírez y Zubieta, 2005).



Carretera de terracería (211) en el ejido El Rosario



Brecha (322) hacia el ejido El Paso



Brecha (311) en el Ejido Rosa de Palo Amarillo y un deposito de trozas cerca del camino.



Brecha (331) en Anganguero



Brecha (312) en el ejido El Asoladero



Vereda (431) en Curungueo

CAPÍTULO 4: CAMINOS Y PERTURBACIÓN FORESTAL

4.1 Características y funcionalidad de la red de caminos

Existe una estrecha relación entre el tipo de camino y su funcionalidad. Las carreteras pavimentadas, tienen como función primordial comunicar a las principales localidades y servir como vías para el intercambio de personas, bienes y servicios. Las carreteras de terracería, comunican a las pequeñas localidades y se conectan tanto con las pavimentadas como con los caminos de brecha. Los caminos de brechas, también conocidos como caminos forestales, son abiertas para el aprovechamiento del bosque, aunque algunas veces también funcionan como brechas corta fuego. En cuanto a las veredas, al igual que las brechas, son muy abundantes dentro de la Reserva y funcionan principalmente para la recolección de leña por medio de animales.

De tal forma, con base en las observaciones de campo, se generó la siguiente caracterización de los caminos de la RBMM:

Tipo de camino:	PAVIMENTADO (VÍA PRINCIPAL)
Definición:	Vías de comunicación terrestre cuya estructura consta de terraplén y revestimiento de asfalto o concreto. Son la de mayor grado de ingeniería.
Uso forestal:	Distribución de las materias primas extraídas del bosque hacia los centros de consumo.
Características:	A menudo actúan como atracción para la urbanización. Generan fragmentación en el bosque y son el principal corredor para la introducción de plantas exóticas.
Tipo de camino:	TERRACERÍA (CAMINO SECUNDARIO)
Definición:	Vías de comunicación terrestre cuya estructura cuenta con un revestimiento de grava y arena compactadas. El ancho de estos caminos es de 4 - 5 metros.
Uso forestal:	Sirven para desplazar la madera a partir de las áreas de recolección hacia los principales aserraderos.
Características:	Actúan como un conector entre las brechas y las carreteras pavimentadas y son característicos de los espacios rurales. La participación de estos caminos en la fragmentación forestal es poco apreciable, ya que la mayoría no se encuentran propiamente dentro del bosque, aunque son una pieza importante en todo el proceso de explotación.
Tipo de camino:	BRECHA (CAMINO TERCIARIO)
Definición:	Vías de comunicación terrestre, generada con base en el desmonte o tránsito continuo. Generalmente su ancho es de 3 a 4.5 metros.

- Uso forestal:** Extracción del recurso del lugar de origen, es decir del bosque y el desplazamiento del mismo a los sitios de acopio. Principalmente son usadas por los camiones madereros durante las operaciones de aprovechamiento.
- Características:** Debido a sus características físicas y su función, estos caminos son los que más generan erosión en los suelos, por las deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento. Se conectan con las carreteras de terracería, veredas y zonas de aprovechamiento forestal en donde son muy abundantes, además de ser vías de transporte para los productos forestales y la agricultura, funcionan como brechas corta fuego en caso de incendio.
- Tipo de camino:** VEREDA (CAMINO DE SERVICIO)
- Definición:** Vías de servicio, generada por desmonte o tránsito continuo, donde sólo circulan personas o animales. El ancho de estos caminos puede variar de menos de un metro hasta 2.5 metros.
- Uso forestal:** Acceso al recurso forestale, como leña y no maderables, en zonas de muy difícil acceso. También se usan para bajar los troncos del punto de caída al sitio de recolección
- Características:** Generan una red más densa dentro del bosque que otros caminos, aunque el daño que causan no es tan significativo como en las brechas.

4.2 Longitud de la red de caminos

4.2.1 Los caminos dentro de los límites de la RBMM

Los caminos más numerosos dentro de la reserva son las brechas, en este caso caminos forestales. Las brechas suman un total de 1,260 km de longitud. De éstos, 242 km se encuentran dentro de la zona núcleo de la RBMM y 1,018 km a lo largo de la zona de amortiguamiento. Les siguen en abundancia las veredas, con 826 km, de los cuales, 218 km se encuentran dentro de la zona núcleo y 608 km en la zona de amortiguamiento. Por su parte, las carreteras de terracería tienen una longitud total de 128 km distribuidos principalmente en la zona de amortiguamiento con 121 km y sólo 7 km en la zona núcleo. Para el caso de las carreteras pavimentadas, éstas tienen las menores longitudes, pues apenas alcanzan 42 km en total dentro de la reserva, de ellos 40 km se ubican en la zona de amortiguamiento y 2 km en la zona núcleo (Tabla 4.1).

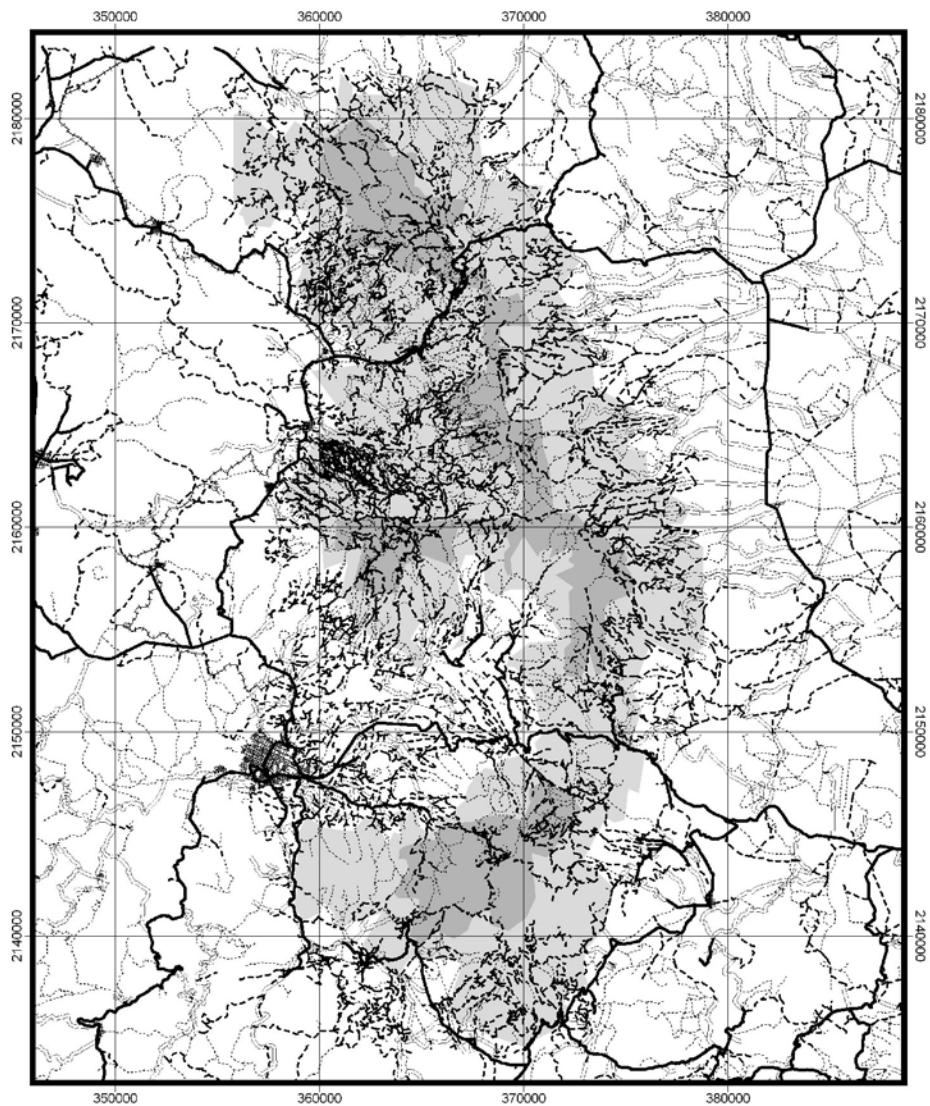
Tabla 4.1 Longitud por tipo de camino por zonas dentro de la RBMM (kilómetros)

Tipo de camino	Zona de Amortiguamiento	Zona Núcleo	Total
Pavimentado	39.56	2.02	41.6
Terracería	121.39	6.61	128.0

Brecha	1,018.34	242.37	1,260.7
Vereda	608.01	218.04	826.1
Total	1,787.63	469.04	2,256.3

La mayor presencia de brechas está en las zonas de amortiguamiento y en menor medida, en la zona núcleo. Esto puede deberse a que en las zonas de amortiguamiento, aunque con restricciones, están permitidas las actividades de explotación forestal y agrícolas. No así en la zona núcleo, donde aparentemente estas actividades están prohibidas, y para construir algún camino se debe contar con la autorización de las autoridades correspondientes. Aunque este último en la práctica no se respeta, pues se construyen caminos sin permisos en las zonas núcleo (*comm. pers.*).

RED DE CAMINOS FOTOINTERPRETADA



LEYENDA

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| RED DE CAMINOS | RBMM |
| Pavimentada | Núcleo |
| Terracería | Amortiguamiento |
| Brecha | |
| Vereda | OTROS |
| Via férrea | Área urbana |



Proyección UTM
Zona 14
Datum ITRF 92
Fuente: Fotointerpretación
Elaboró: Margarita Jiménez Cruz

Figura 4.1 Red de caminos fotointerpretados

Como se puede observar en el mapa de la red de caminos (Figura 4.1) la abundancia de éstos en la zona de amortiguamiento es casi cuatro veces mayor que en la zona núcleo, sobre todo en el lado de Michoacán, cerca de las principales localidades como Anganguero, Ocampo y Zitácuaro.

Considerando la red de caminos del conjunto de datos vectoriales del INEGI 2000, escala 1:50000, dentro de los límites de la RBMM existe una red de caminos de 628 km de longitud. De esa longitud total, 75% corresponden a veredas, 13% a brechas y 12% restante a carreteras pavimentadas y de terracerías. Según los resultados arrojados por la fotointerpretación, escala 1:25000, en dicha reserva la longitud total de caminos se incrementa a 2,256 kilómetros. En este caso, son las brechas las más numerosas, con el 56% de la red registrada, 15 veces mayor que lo mostrado por INEGI. Las veredas representan aproximadamente 37% de la red, poco menos del doble respecto a los datos de INEGI. Mientras que las carreteras, pavimentadas y de terracerías, apenas alcanzan 8%, en este caso el porcentaje es 4 % menos con respecto a lo reportado por el INEGI (Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Longitud total de caminos dentro de la RBMM

Tipo de camino	Longitud de caminos 1:50000, según INEGI 2000		Longitud de caminos 1:25000, según fotointerpretación propia	
	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje
Pavimentados	28	5	41.6	1.9
Terracería	45	7	128.0	5.7
Brechas	82	13	1260.7	55.9
Veredas	473	75	826.1	36.6
Total	628	100	2256.3	100.0

Como se observa en el mapa de la red de caminos del INEGI en el área de estudio (Figura 4.2), la presencia de los caminos es muy escasa en todo el bloque principal del área protegida. La presencia de veredas es la más abundante, seguidas por las brechas, terracerías y las carreteras pavimentadas. Se observan muchas áreas desprovistas de caminos, especialmente en la zona núcleo sur.

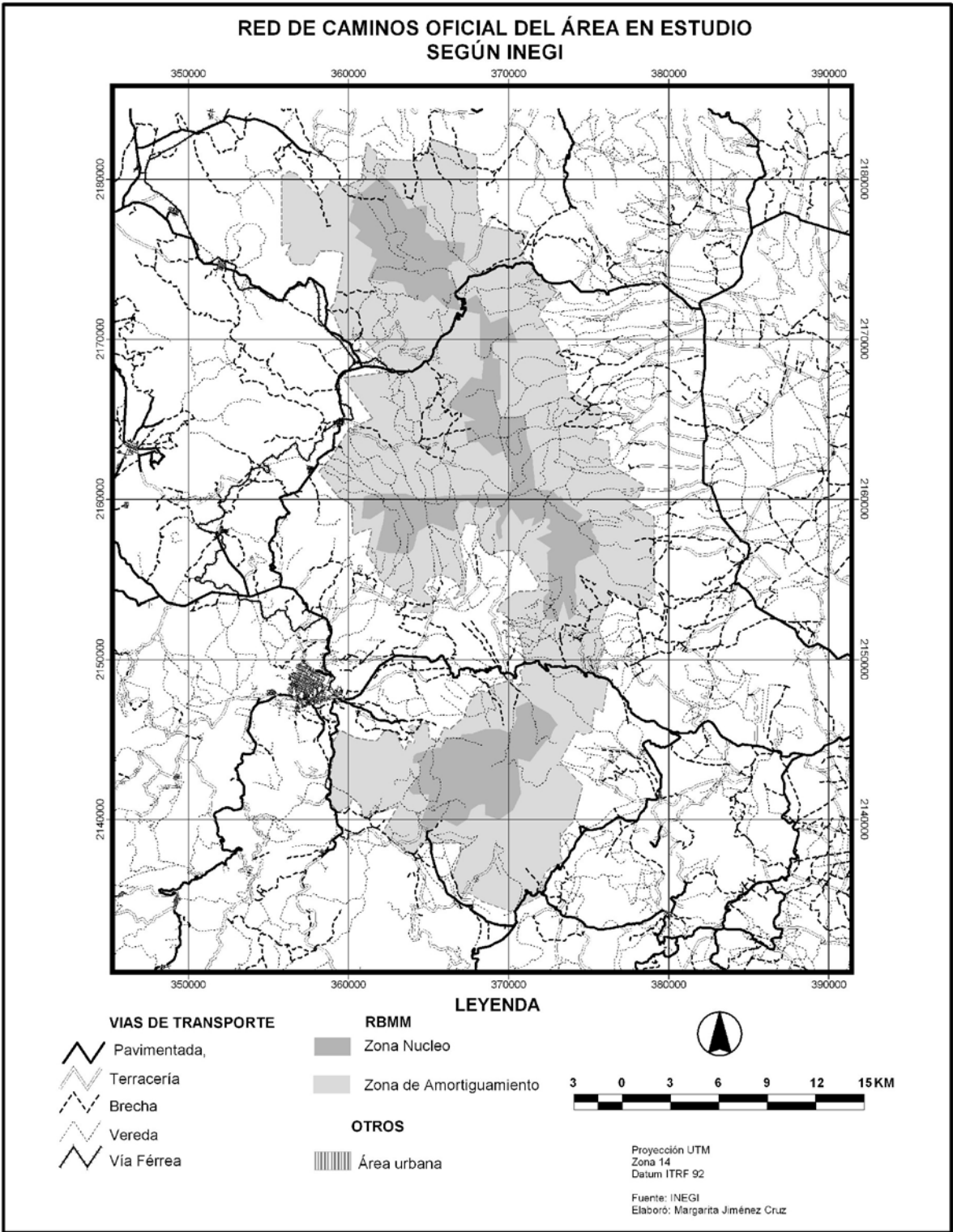


Figura 4.2 Red de caminos del área en estudio según INEGI (2000)

4.2.2 La red de camino al nivel de predio

El aprovechamiento forestal y la agricultura, así como la falta de técnicas adecuadas para la extracción de madera, ha provocado que sean construidas un sinnúmero de brechas de saca; que en algunos casos recorren casi la totalidad del predio.

Considerando los límites de los predios involucrados en la RBMM, la longitud total de caminos aumenta 493 km sobre los ya mencionados dentro de los límites de la Reserva, sumando un total de 2749 km. Estos se distribuyen de la siguiente manera: las brechas siguen siendo los más abundantes con 1481 km, seguidas por las veredas con 974 km, posteriormente las terracerías con 238 km y finalmente las carreteras pavimentadas con 82 km de longitud (Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Longitud total de caminos en los predios que intervienen en la reserva

Tipo de camino	Longitud total en los predios	
	Kilómetros	Porcentaje
Pavimentados	82.3	3
Terracería	238.7	9
Brechas	1481.1	54
Veredas	947.3	34
Total	2749.4	100

Así mismo, cabe mencionar que los predios con mayor longitud de caminos son Crescencio Morales, Pueblo de Anganguero, San Cristóbal, Donaciano Ojeda, El Asoleadero, Nicolás Romero, El Capulín, El Depósito, San Juan Soconusco, y Hervidero y Plancha. Su longitud total va desde los 74 hasta los 199 km. Por el contrario, los que tienen menor longitud de caminos son Viborillas, Cañada Seca, Aguapuerca, Rancho Palomas, Ex-Hacienda La Trinidad (tres predios), Peña Blanca, El Gavilán y Jesús Nazareno, todos ellos con menos de 1 km de longitud. En el resto de los predios la longitud de caminos varía entre 1.2 y 46.6 km.

4.3 Superficie ocupada por caminos

Multiplicando la longitud de los caminos por el ancho promedio de cada uno de los tipos, estimamos la superficie ocupada por ellos (Tabla 4.4). Así, encontramos que la totalidad de la red de caminos cubre una superficie estimada de 775 hectáreas dentro de la Reserva. Las brechas cubren un total de 504.3 hectáreas, lo que representa 65.1% con respecto al total ocupado por los caminos. De estos, 97 hectáreas se encuentran dentro de la zona núcleo y 407 en la zona de amortiguamiento. Con lo cual, son el tipo de camino que mayor superficie cubre dentro del área protegida.

Las veredas tienen una superficie de 165.2 hectáreas, lo que representa 21.3 % del total. De este valor, 43.6 hectáreas se encuentran en la zona núcleo y 121.6 en la zona de amortiguamiento. En cuanto a las carreteras pavimentadas y terracerías, ambos ocupan la menor proporción de superficie cubierta por caminos: 41.6 hectáreas para las pavimentadas y 64 hectáreas para las terracerías. Entre los dos apenas alcanzan 105 hectáreas, de las cuales, poco más de 5 se ubican dentro de la zona núcleo y 100 en la zona de amortiguamiento (Tabla 4.4). Es decir, de las 775 hectáreas de superficie ocupada por los caminos en la Reserva, el 86% pertenecen a brechas y veredas, y el 14 % la ocupan las carreteras pavimentadas y terracerías.

Tabla 4.4 Superficie ocupada por tipo de camino en las zonas de la RBMM

Tipo de camino	Ancho promedio* (metros)	Zona amortiguamiento (hectáreas)	Zona núcleo (hectáreas)	Total	
				Hectáreas	Porcentaje
Pavimentado	10	39.6	2.0	41.6	5.4
Terracería	5	60.70	3.3	64.0	8.2
Brecha	4	407.3	96.9	504.3	65.1
Vereda	2	121.6	43.6	165.2	21.3
Total		629.2	145.9	775.1	100.0

*Según observaciones en campo

De igual manera que la longitud, la superficie estimada cubierta por los caminos aumenta al considerar los límites de los predios involucrados en la Reserva. Lo anterior suma 983.6 hectáreas de superficie ocupada por caminos. Las brechas, con 592.4 hectáreas de caminos, representan 54%. Las veredas cubren 189 hectáreas, es decir, 34% de la superficie cubierta por caminos. Las terracerías tienen una superficie de 119 hectáreas, representando el 9% de total. Y, finalmente, sólo 82.3 hectáreas de carreteras pavimentadas, o sea 3% (Tabla 4.5). Esto significa que de las 983.6 hectáreas de superficie ocupadas por los caminos, cerca del 80% son superficies ocupadas por las brechas y veredas y 20 % por las carreteras pavimentadas y terracerías.

Tabla 4.5 Superficie ocupada por tipo de camino en los predios

Tipo de camino	Superficie Ocupada	
	Hectáreas	Porcentaje
Pavimentados	82.3	8
Terracería	119.3	12
Brechas	592.4	60
Veredas	189.5	19
total	983.6	100

4.4 Densidad de la red de caminos

4.4.1 Densidad de caminos dentro de la RBMM

Las condiciones naturales (el relieve del terreno, la red fluvial y la distribución del arbolado, que implica un reparto diferenciado de las especies maderables y de los elementos de mayor valor comercial) influyen en la presencia o ausencia de caminos sobre un área determinada. La misma necesidad de eludir los accidentes del terreno hace que las vías de transporte se prolonguen mucho más que en aquellos lugares con la posibilidad de enlaces rectilíneos. Por lo tanto, los índices de densidad resultan ser más elevados. Concretamente, las dificultades orográficas, intervienen en la mayor o menor densificación de la red (Potrikowski *et al.* 1984).

La densidad de carreteras pavimentadas y de terracería dentro de los límites del área protegida es relativamente escasa, con promedios de 0.04 y 0.12 km/km², respectivamente. La mayor parte de éstas carreteras se ubican en la zona de amortiguamiento, donde se alcanzan densidades de 0.10 km/km² para las pavimentadas y de 0.29 km/km² para las terracerías. Sólo 0.09 km/km² se encuentran distribuidos en las dos zonas núcleo.

Por el contrario, las brechas y veredas son muy abundantes, con valores promedio de 2.02 y 1.53 km/km², para cada tipo. En el caso de las brechas, la densidad es relativamente menor en las 2 zonas núcleo (Sierra de Anganguero y Cerro Pelón), donde se alcanzan densidades de 1.95 y 1.85 km/km² para cada una. En cambio, en la zona de amortiguamiento la densidad promedio se incrementa hasta 2.45 km/km². El caso de las veredas es diferente, se presenta una mayor densidad la zona núcleo norte con 1.85 km/km² y 1.28 km/km² en la zona núcleo sur, mientras que en la zona de amortiguamiento alcanza una densidad de 1.46 km/km² (Tabla 4.6).

Tabla 4.6 Densidad de caminos por zonas en la RBMM (km/ km²)

RBMM por zona	Pavimentadas	Terracerías	Brechas	Veredas	Total
Núcleo norte	0.02	0.07	1.95	1.85	3.89
Núcleo sur	0.00	0.00	1.66	1.28	2.94
Amortiguamiento	0.10	0.29	2.45	1.46	4.30
Promedio	0.04	0.12	2.02	1.53	3.71

De acuerdo con los resultados obtenidos, la zona núcleo norte tiene una densidad total de 3.89 km/km², mucho mayor que la zona núcleo sur, donde se alcanzó 2.94 km/km². En promedio, la densidad de la red de caminos dentro del bloque principal de la RBMM es de 3.71 km/km², que se debe básicamente a la abundancia de brechas y veredas, pero en la zona de amortiguamiento llega hasta los 4.3 km/km²; esto significa una cifra muy elevada para un área protegida, considerando que, según Tchikoué (2002), en áreas destinadas al

aprovechamiento forestal una densidad mayor a 4 km/km² (40 m/hectáreas) puede ocasionar erosión severa.

4.4.2 Densidad de caminos por predio

Si se considera la densidad general de caminos por predio (algunos ejidos tienen dos o más parcelas separadas entre sí), tenemos que 30% de ellos tienen de 3 a 4 km/km². Otro 38% presentan valores menores de 3 km/km², 20% entre 4 y 6 km/km², y el 12% restante densidades mayores de 6 km/km² (Tabla 4.7). En todo caso, destaca el Ejido Emiliano Zapata, en el municipio de Ocampo, Michoacán, con más de 13 km/km², uno de los ejidos con mayor perturbación forestal así como los de Anganguero y Hervidero y Plancha, ambos en el municipio de Anganguero, Michoacán, con densidades entre 8 y 9 km/km².

Tabla 4.7 Densidad de caminos en los predios

Densidad caminos (km/km ²)	Número de predios	Porcentaje
0 - 1	9	7
1.1 - 2	14	11
2.1 - 3	25	20
3.1 - 4	38	30
4.1 - 5	17	13
5.1 - 6	9	7
6.1 - 7	6	5
7.1 - 8	7	5
8.1 - 9	2	2
9.1 - 14	1	1
Total	128	100

Existen también diferencias en la distribución de la densidad según el tipo de camino por predio. De los 29 predios por donde cruzan las carreteras pavimentadas, 20 tienen densidades menores a 0.5 km/km², 4 entre 0.51 y 1 km/km², otros 4 entre 1.1 y 2 km/km², y solo uno con más de 2 km/km². El caso de las terracerías es muy similar: 59 predios con densidades menores a 1 km/km², 13 entre 1 y 2 y sólo 1 cercana a los 4 km/km² (Figura 4.3).

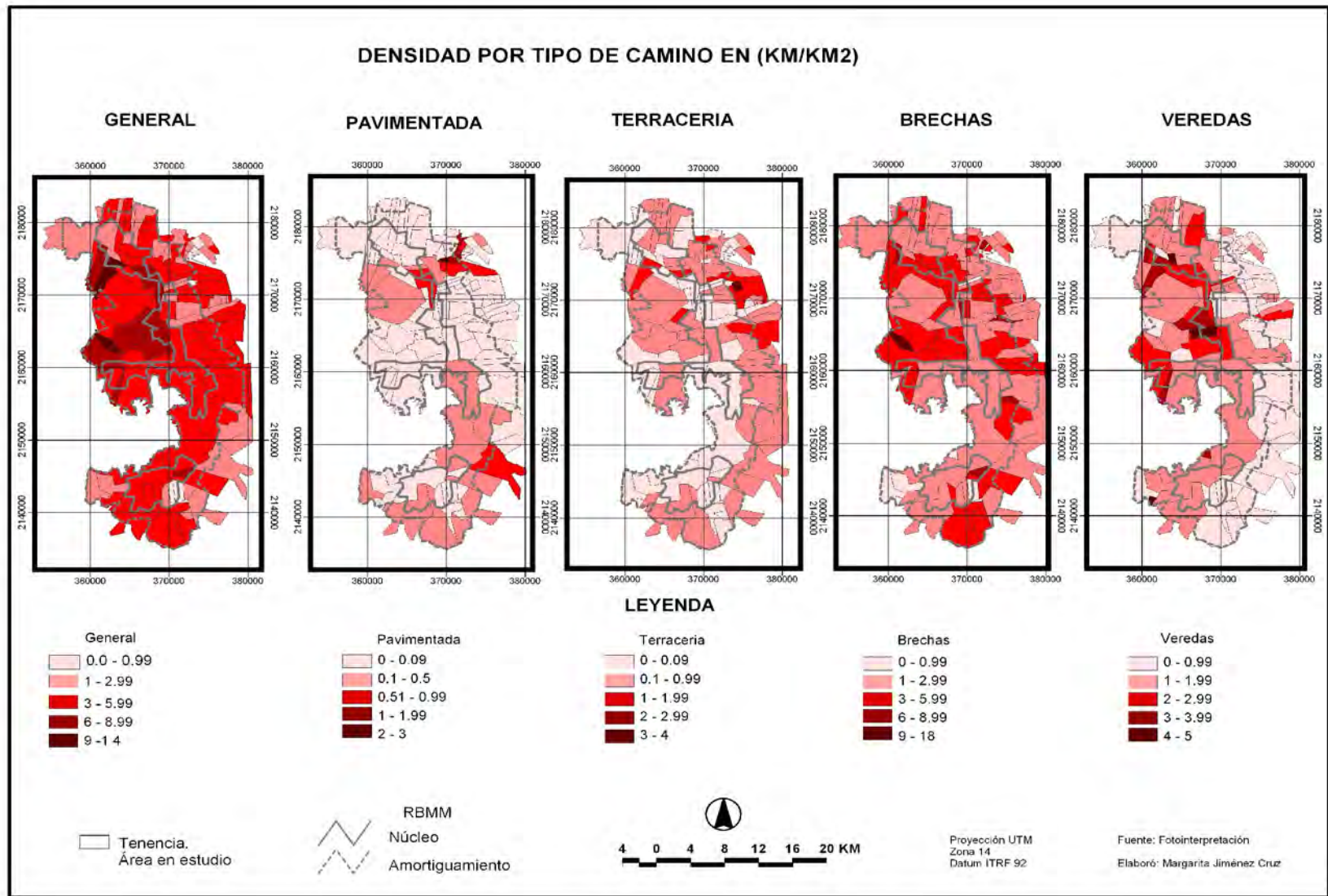


Figura 4.3 Densidad por tipo de camino, por predio

En cuanto a las brechas, la distribución de las densidades en los predios es completamente diferente. Sólo 12 predios tienen densidades menores a 1 km/km². La gran mayoría de predios se encuentran entre valores de 1 a 3 km/km² (57) y de 3 a 6 km/km² (50). 7 propiedades más tienen entre 6 y 9 km/km², y dos superan los 9, llegando hasta casi 14 km/km².

Las veredas que se pudieron identificar en la fotointerpretación y en campo, presentan un comportamiento similar a las brechas pero con densidades menores. La gran mayoría de predios tienen densidades menores de 2 km/km² de veredas: 63 con menos de 1 km/km², y 42 de 1 a 2 km/km²; 20 propiedades más tienen entre 2 y 4 km/km² y únicamente en 3 predios los valores superan los 4 km/km².

Esta diferencia en los valores de densidad por tipo de camino, reflejan que las actividades de aprovechamiento forestal y la agricultura han aumentado, pero al mismo tiempo una mala comunicación entre los poblados

Los valores globales son tan altos, y algunos casos excesivos, porque para efectos de acceso al bosque se sumaron los diferentes tipos de caminos. Esos valores tampoco son homogéneos dentro de una misma propiedad, con excepciones tanto positivas como negativas. Se encontró que dentro de los límites de una misma delimitación existen densidades muy bajas en ciertos sitios y muy altas en otros (Figura 4.4).

Lo anterior refleja, por una parte, que existen zonas que carecen de vías de comunicación, aunque también carecen de vías para el control de incendios; y por la otra, que existe una elevada presión de la población a los recursos del bosque, donde, además del manejo autorizado, se extrae gran cantidad de productos forestales de forma ilegal (WWF-México, 2004).

Así, diferencias muy altas en las medidas de densidad implican, por una parte, la presencia de áreas extensas sin caminos, importantes para el mantenimiento de condiciones ecológicas y, por la otra, áreas muy perturbadas (Forman *et al.* 2003). Por ello, es de especial importancia mantener una adecuada densidad de caminos para evitar los impactos negativos sobre el bosque (Contreras, 1995; Tchikoué, 2002).

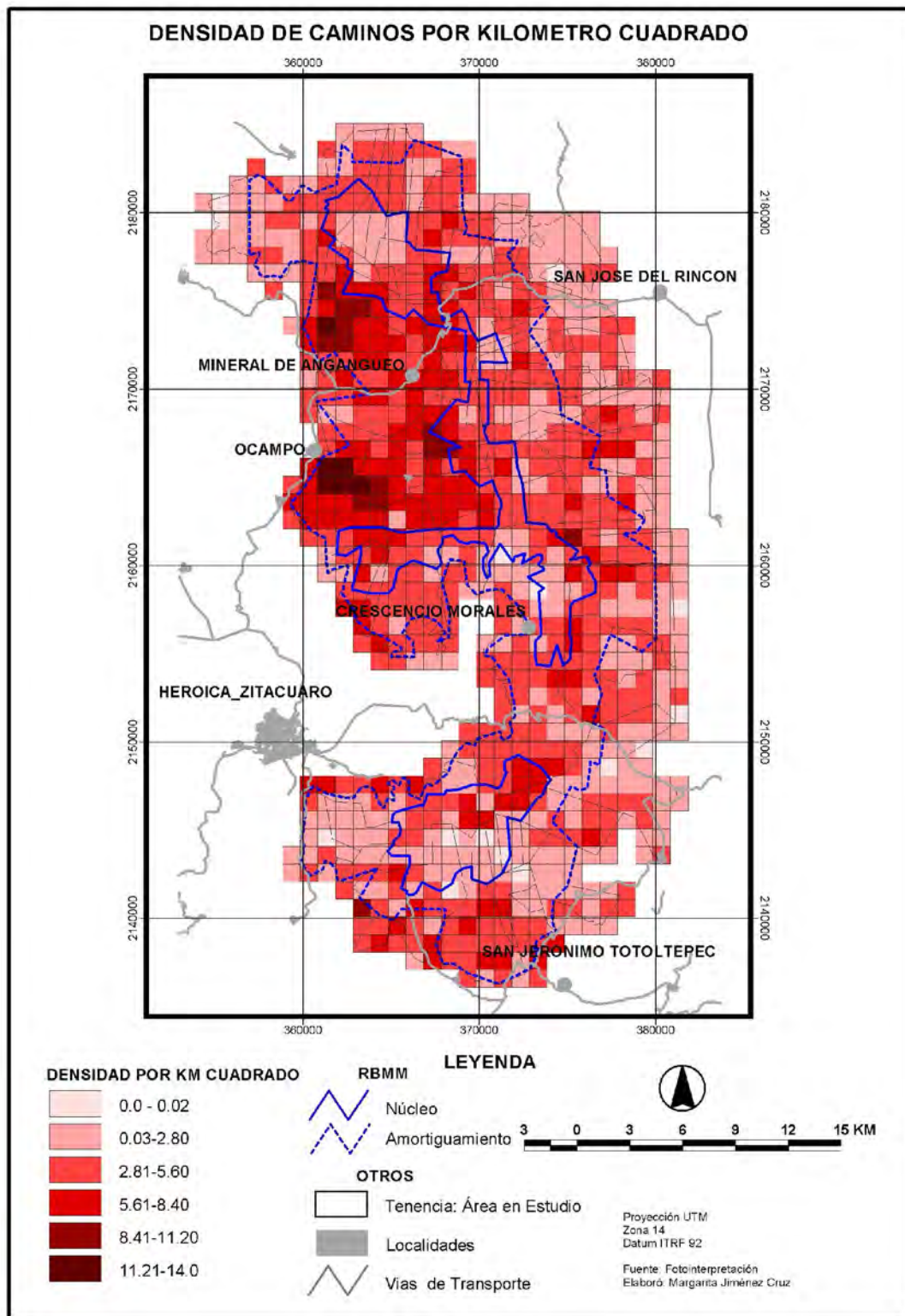


Figura 4.4 Densidad de caminos por km²

4.5 Cubiertas del suelo y densidad de caminos

4.5.1 Cubiertas del suelo

Más de la mitad del bloque principal de la RBMM está cubierto por bosque conservado (30,459 ha), considerando como tal al bosque denso, ya que prácticamente toda la superficie forestal de la reserva ha sido aprovechada en algún momento y a nivel de composición vegetal hay numerosas evidencias de perturbación (Ramírez, 2001). El 70% de este bosque denso (21,473 ha) está dentro de la zona de amortiguamiento y 30% en la zona núcleo (Tabla 4.8).

Tabla 4.8 Superficie de cubierta de suelo por zona dentro de la RBMM

Cubierta del suelo	Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca				Superficie total	
	Amortiguamiento		Núcleo			
	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Bosque conservado	21,472.6	70	8,987.0	30	30,459.5	55.9
Bosque perturbado	6,630.4	80	1,606.6	20	8,237.0	15.1
Vegetación arbustiva	2,913.8	62	1,772.0	38	4,685.8	8.6
Pastizal	1,067.3	78	309.0	22	1,376.3	2.5
Cultivos	8,490.9	97	289.3	3	8,780.2	16.1
Plantaciones	449.5	100	0	0	449.5	0.8
Cultivos-Bosques	405.9	100	0	0	405.9	0.8
Urbano	66.9	100	0	0	66.9	0.1
Agua	5.7	100	0	0	5.7	0
Total	41,503.1	76	12,963.8	24	54,466.8	100

Asimismo, la cubierta de 15% (8,237 ha) de la superficie del bloque principal de la RBMM es de bosques perturbados, es decir, muy aclarados o fragmentados, que se encuentran también de forma predominante en la zona de amortiguamiento (80%). Otra cubierta que representa una perturbación forestal más severa es la de vegetación arbustiva, la cual ocupa casi 9% de la reserva (4,686 ha), poco más de 60% en amortiguamiento y el resto en zona núcleo (Tabla 4.8).

Las zonas cultivadas también ocupan un importante porcentaje de la superficie de la RBMM (16.1%), con 8,780 hectáreas, 97% de ellas en zona de amortiguamiento. Los pastizales cubren sólo el 2.5% (1,376 ha), principalmente fuera de la zona núcleo también. El resto de cubiertas presentes tienen muy poca representatividad: las plantaciones, las zonas de transición entre bosques y cultivos, los núcleos urbanos y los cuerpos de agua conjuntamente cubren el 1.7% de este bloque central de la reserva (Tabla 4.8).

En términos absolutos, los predios que poseen mayor superficie de bosque conservado dentro de la Reserva son: Crescencio Morales, Pueblo de Angangueo, Nicolás Romero, El

Capulín, El Depósito, Donaciano Ojeda, Santa María y sus Barrios, San Juan Soconusco y las propiedades privadas en su conjunto, con superficies entre 1500 y más de 6000 hectáreas. Lo anterior se debe básicamente a la superficie de la propiedad, más que a un buen manejo del bosque, ya que predios como Crescencio Morales y el Pueblo de Anganguero también ocupan los dos primeros lugares en superficie de bosque perturbado; San Cristóbal y Nicolás Romero tienen el tercer y cuarto lugar superficie perturbada; y las propiedades privadas unidas y San Juan Soconusco la quinta y sexta posición (Figura 4.5 y Figura 1.2).

Por el contrario, varios predios, mucho más pequeños, tienen apenas menos de 100 hectáreas de bosque conservado, estos son: San Felipe los Alzati, Emiliano Zapata, tres predios de la Ex-Hacienda la Trinidad, Rancho Palomas, Aguapuerca, la ampliación de Hervidero y Plancha, Yondece del Cedro y Ejido Francisco Serrato, entre otros (Figura 4.5 y Figura 1.2).

Si analizamos el mapa de densidad de la red de caminos junto con la cartografía de cubiertas del suelo del 2003 (Ramírez y Zubieta, 2005), observamos que son los mismos predios cercanos a los poblados más importantes, como Anganguero y Ocampo, con densidades muy altas de brechas y veredas, los que tienen una mayor superficie de bosques perturbados o sin él (Figura 4.5), lo cual revela un proceso de aprovechamiento intensivo en estos bosques, especialmente del lado michoacano, además, se confirma que la densidad de caminos tiene relación con la intensidad de uso de la tierra (Forman y Alexander, 1998)

Por su parte, Tchikoué (2002) menciona que la planificación adecuada de los caminos forestales, así como los planes de desmonte son formas importantes de minimizar el costo total de las operaciones de transporte, construcción y mantenimiento de los caminos con un mínimo impacto al ecosistema forestal. También sugiere una densidad de la red de caminos menor a 4 km/km^2 , en caso de que ésta sea mayor, las cortas para el aprovechamiento forestal se deben realizar en pequeñas superficies para evitar una erosión generalizada.

Sin duda, lo anterior no se tomó en cuenta en la mayoría de los predios con las más altas densidades de caminos como Emiliano Zapata, Hervidero y Plancha (dotación y ampliación), Anganguero (dotación), Santa Ana, San Cristóbal, El Asoleadero (dotación y ampliación), Rincón de Soto, etc., donde se tienen densidades que van desde 7 a más de 13 km/km^2 . En muchos de ellos se tienen las menores superficies de bosque conservado y serios problemas de erosión, como por ejemplo, los ejidos Emiliano Zapata y El Asoleadero (Figura 4.6).

En consecuencia, las menores densidades de caminos coinciden con las áreas sin acceso y cubiertas por una mayor superficie de bosque conservado, como ejemplo están Cañada Seca, Viborillas y Mesas Altas del Xoconusco, entre otros, con densidades menores a 1 km/km^2 .

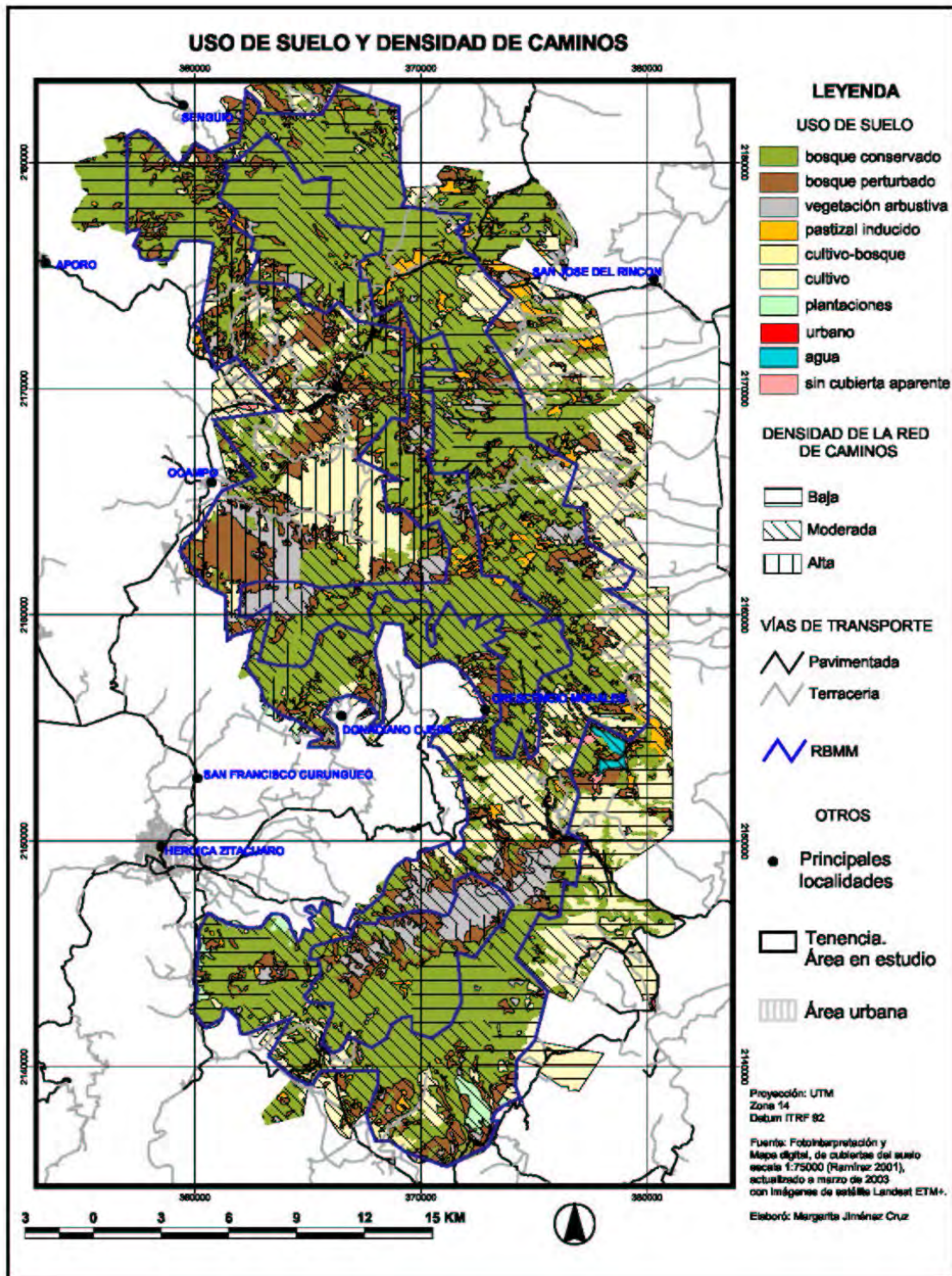


Figura 4.5 Uso del suelo y densidad de caminos

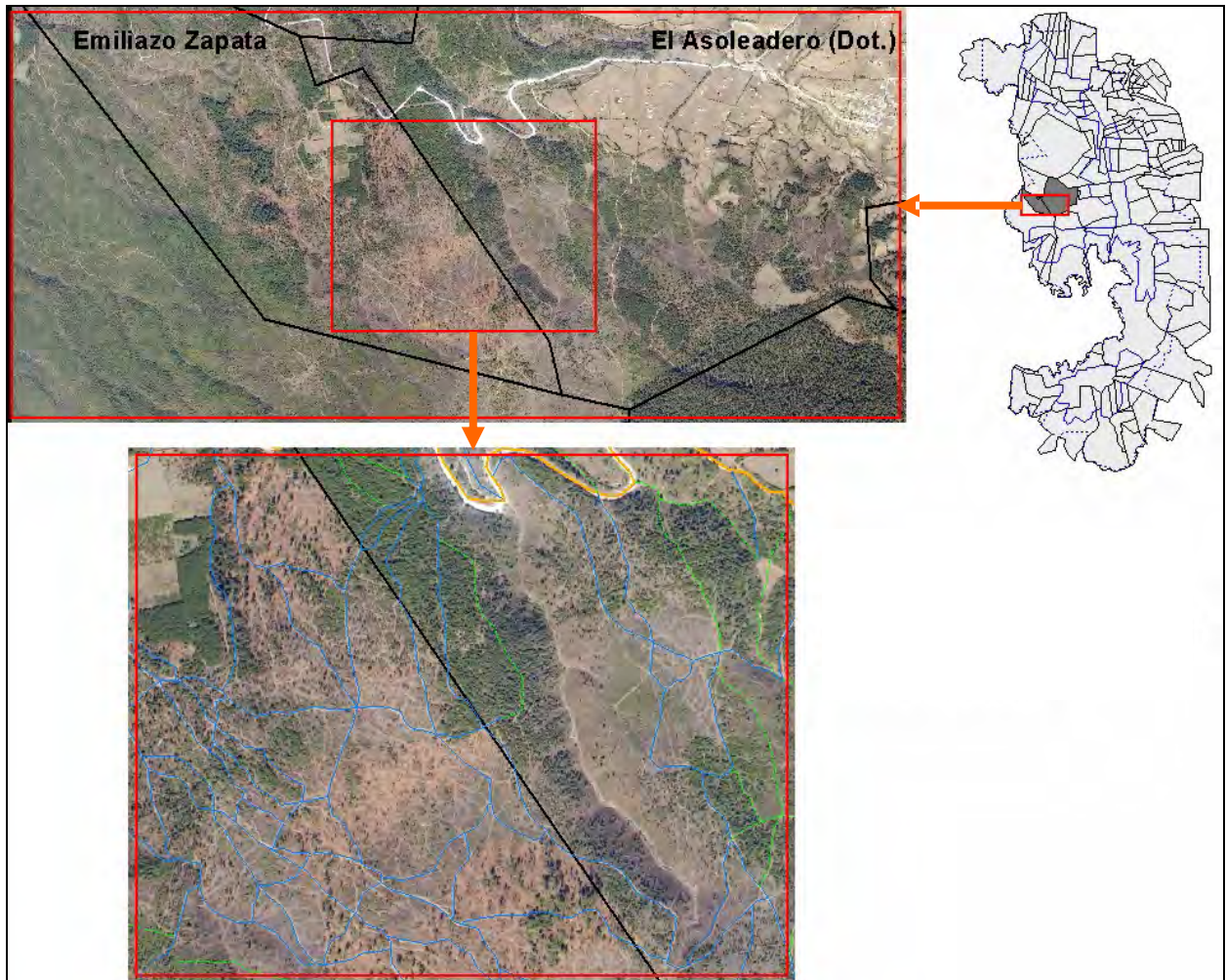


Figura 4.6 Áreas perturbadas con erosión severa

4.5.2 Influencia de los caminos sobre la cubierta del suelo

También se llevó a cabo el análisis de proximidad o influencia, que se refiere a la relación entre la distancia entre un área de interés y otra entidad o grupo de entidades representados en el mismo plano geográfico. Es una distancia donde se comparten o se separan, según sea el caso. Por ejemplo, se buscan los objetos situados alrededor del elemento geográfico que se encuentre a una distancia determinada. Puede ser a través de una instrucción en la que se solicita la selección de los elementos ubicados a cierta distancia o por la creación de áreas de influencia denominadas *buffer* (Backhoff, 2005).

Por otro lado, la superficie de ocupación de un camino es distinta a la superficie de su influencia ecológica (Auerbach *et al.*, 1997; Forman *et al.*, 1997, Larsen y Parques, 1997; Reck y Kaule, 1993). Es decir, un camino puede tener ocho metros de ancho, pero puede influir a una distancia de 20 metros en cada una de las zonas adyacentes, tanto en su

construcción, como en su operación a su influencia sobre el habitat, las alteraciones geomorfológicas, el ruido y el polvo que se genera, etc.

Para conocer la influencia que tienen los caminos de la RBMM sobre la mayor o menor perturbación de los bosques, se elaboraron mapas de influencia de los caminos. Para ello se consideraron tanto una superficie plana como una superficie con la fricción del relieve, que se traduce en costos para acceder a un lugar determinado.

Para conocer la influencia que tienen los caminos de la RBMM sobre la perturbación de los bosques, se consideraron sólo carreteras pavimentadas, terracerías y brechas, por ser estos tipos los que intervienen en la extracción y transporte del recurso forestal comercial. Se excluyeron las veredas porque éstas son utilizadas principalmente para sacar leña o algunos troncos pero de consumo local, y la perturbación que generan es relativamente menor.

Se clasificaron tres rangos de influencia (Tabla 3.2):

1. **Influencia severa:** de 0 a 100 metros. El bosque que se encuentran es esta franja tiene una probabilidad muy alta de que sufran perturbaciones.
2. **Influencia alta:** de 101 a 300 metros. Los bosques siguen teniendo una probabilidad alta de ser perturbados, pero ligeramente menor que la anterior clase
3. **Influencia moderada:** de 301 a 500 metros, que se refiere a una influencia moderada.

A partir de los 500 metros se considera una influencia baja. Cabe remarcar que en cuanto al riesgo de perturbación se refiere sólo por la actual red de caminos, ya que existen muchos otros factores que pueden también provocar un riesgo alto.

De acuerdo con los resultados del cálculo anterior, se tiene 9,575 hectáreas (31%) del bosque conservado en 2003 que se encontraban en un rango de influencia severa (Tabla 4.9), es decir, una tercera parte de lo que hoy es bosque conservado podría convertirse muy fácilmente en bosque perturbado u otro tipo de uso del suelo, ya que las vías para ello están ya presentes (Figura 4.7).

Tabla 4.9 Superficie de influencia de los caminos sobre las cubiertas del suelo

Cubierta del suelo	Superficie total (ha)	Tipo de Influencia	Superficie de influencia	
			Hectáreas	%
Bosque conservado	30,460	Severa	9,575	31
		Alta	10,715	35
		Moderada	5,029	17
		Bajo	5,141	17
Bosque perturbado	8,237	Severa	3,588	44
		Alta	2,789	34
		Moderada	1,039	13
		Bajo	821	10
Vegetación arbustiva	4,686	Severa	2,373	51
		Alta	1,315	28
		Moderada	505	11
		Bajo	493	11
Cultivo	8,780	Severa	4,815	55
		Alta	3,070	35
		Moderada	672	8
		Bajo	223	3
Cultivo-bosque	406	Severa	241	59
		Alta	119	29
		Moderada	24	6
		Bajo	22	5
Pastizal inducido	1,376	Severa	733	53
		Alta	383	28
		Moderada	120	9
		Bajo	140	10
Plantaciones	450	Severa	206	46
		Alta	190	42
		Moderada	46	10
		Bajo	8	2
Urbano	67	Severa	65	97
		Alta	2	3
		Moderada	0	0
		Bajo	0	0
Agua	6			
Total	54,467			

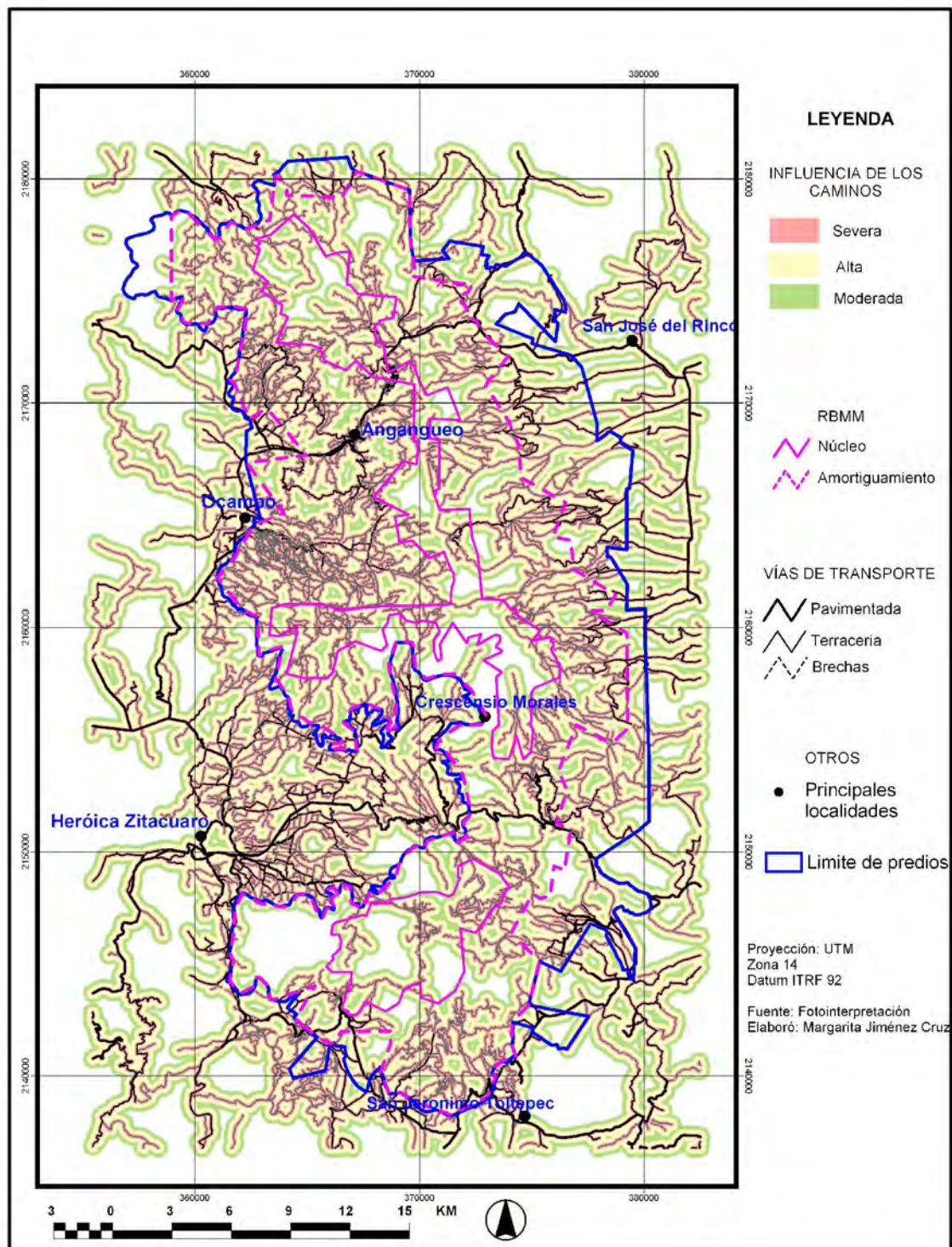


Figura 4.7 Distancia de influencia de caminos (pavimentados, terracerías y brechas)

Aunque el rango anterior es el de mayor severidad, 10,715 hectáreas más de bosque conservado se encuentra entre 100 y 300 metros de un camino. Es decir, el 35% de la cubierta forestal densa actual está en un rango alto de influencia de caminos (Tabla 4.9). De tal forma, si lo unimos con el porcentaje de influencia severa, resulta que 66% del bosque conservado en 2003 es muy vulnerable a la perturbación por la cercanía a los caminos de extracción forestal.

En cuanto al bosque perturbado, 3588 hectáreas se encuentran dentro del rango de influencia severa (0 – 100 metros), lo que representa casi la mitad (44%) de estos bosques (Tabla 4.9). Otras 2,789 hectáreas (34%) tienen una influencia alta, con distancia entre 100 y 300 metros del camino. De tal forma, casi el 80% de estos bosques perturbados, además de haber sufrido disturbios fuertes, siguen estando muy expuestos a que esos daños se agudicen y, consecuentemente, la probabilidad de recuperación es menor.

Así mismo, la superficie cubierta por vegetación arbustiva, que representa un disturbio mayor que el de los bosques perturbados, también muestra una fuerte relación con los caminos. El 51% de esta cubierta se encuentra a menos de 100 metros de un camino forestal y 28% entre 100 y 300.

Cabe mencionar que, en promedio, 50% de la superficie del resto de cubiertas del suelo, como cultivos, pastizales, plantaciones, etc., se halla a menos de 100 metros de un camino y que el 97% de la superficie urbana se encuentra en este mismo rango de influencia severa.

Este análisis, considerando la distancia de influencia como en una superficie plana, resulta una primera aproximación para conocer las zonas más vulnerables por la presencia de caminos en esta área forestal. Aun así, convendría hacer este mismo análisis considerando la inclinación del relieve.



Vía de arrastre de trozas, en San Felipe los Alzatí.



Colonia de mariposas monarca sobre el camino de brecha en el Cerro San Andrés, Michoacán, fuera del área protegida de la RBMM



Perturbación del bosque por incendio y tala en la Comunidad Indígena Francisco Serrato.

Conclusiones

En las últimas tres décadas, la presión de la población sobre los bosques de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca (RBMM) ha aumentado, por ello se hace imperante el conocimiento de todos los elementos que se interrelacionan en este espacio. De tal forma, se considera a los caminos como un elemento estructurador del territorio, y que, en este caso en particular, sirven para la extracción de los recursos forestales.

1.-La cartografía que se obtuvo de los caminos en la RBMM, permitió conocer la estructura y densidad de la red, así como la relación que existe entre ella y la perturbación y pérdida de los bosques. Esto representa un estudio sin precedente para la región, e incluso para cualquier área protegida de nuestro país, que es de mucha utilidad para el diseño de medidas de conservación.

2.-Los caminos dentro del área de la Reserva influyen de manera directa e indirecta en la perturbación y pérdida de los bosques, ya que en las áreas adyacentes a los caminos el acceso al recurso es mayor. De manera que, a mayor densidad y cercanía de los caminos es mayor la vulnerabilidad del recurso forestal a ser perturbado.

3.- El área de afectación o influencia del camino depende de su ubicación espacial y de sus características físicas como tipo, ancho y función, además del factor afectando.

4.-Los valores de densidad de caminos que se obtuvieron dentro de la reserva (3.7 km/km^2 en promedio) son muy elevados para un área que está destinada a la conservación, incluso para una zona de aprovechamiento forestal.

5.-La densidad de caminos apropiada para una zona determinada, dependerá del tipo de bosque, el costo de construcción y mantenimiento de carreteras, del costo de la extracción, así como de la distribución espacial, ya que esta última puede más a la estructura del bosque que la misma densidad.

6.-La abundante presencia de brechas forestales y de veredas en la Reserva está relacionado con las condiciones del bosque y es señal de varios procesos como:

- Estos bosques se aprovechan sin una planeación adecuada y de manera excesiva
- Existe una fuerte demanda de productos forestales
- La desorganización en algunas comunidades facilita que se presente una intensa tala ilegal o clandestina en sus predios
- Existe desconocimiento o rechazo por parte de los pobladores al papel que debería jugar la RBMM en la conservación del bosque, y
- Las estrategias gubernamentales y civiles de conservación no han sido las adecuadas para esta área en particular.

Por el contrario, las carreteras pavimentadas y de terracería son escasas, y buena parte de las propiedades no cuentan con estos tipos de caminos.

Recomendaciones

Se considera que convendría fortalecer el sistema de vías primarias y secundarias, hacer una restauración ecológica sobre numerosas brechas y veredas. Esto tendría varios beneficios como:

1. Se mejoraría la integración de este territorio, mediante una mayor intercomunicación social y comercial.

2. Se tendría un sistema de caminos donde se pudiera vigilar y controlar mejor la extracción de recursos del bosque
3. Se disminuiría los caminos de penetración para tala clandestina
4. La restauración de brechas y veredas daría la oportunidad de empleo temporal para las propias comunidades involucradas, y
5. Se crearía conciencia sobre la importancia de la conservación y el buen manejo del bosque.

Lo anterior apunta también a la idea expresada en varios trabajos de ecología de caminos, respecto a minimizar la longitud de caminos de acceso por medio de la planificación, como estrategia para la reducción de efectos ecológicos.

Por último, se considera que este trabajo puede servir como base para otros estudios, comparar escenarios de afectación potencial con imágenes recientes con el fin de verificar la relación entre los caminos y los patrones de cambio de usos del suelo; evaluación de la presencia de especies nativas, invasoras o exóticas en el bosque de la Reserva, la erosión y compactación de los suelos, la planeación de accesos para el control de incendios, y diseño de planes de vigilancia y control para frenar la tala clandestina, entre otros.

Bibliografía

- Aguilar, C., E. Martínez, L. Arriaga (2000). “Deforestación y fragmentación de ecosistemas”, *Biodiversitas*, No. 30. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), México.
- Alcántara, A. (1999). *Bosques, caminos y los incendios forestales*. Cuadernos Fica. México.
- Armesto, J., M. Gil, S. Fernández (2002). “Criterios visuales para la actualización de cartografía vectorial de vías a partir de la imagen de satélite”. XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Santander, España, 5-7 Junio de 2002. pp. 1-9.
[URL:<http://departamentos.unicam.es/digteg/ingegraf/cd/ponencias/60.pdf> (16 noviembre 2004)]
- Azcárate, J., M. I. Ramírez, M. Pinto (2003), “Las comunidades vegetales de la Sierra de Angangueo (Estados de Michoacán y México, México): clasificación, composición y distribución”, *Lazaroa*. No. 24. pp. 87-111.
- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C. (Banobras) (1994). *La Historia de los caminos en México*. México.
- Backhoff, M. A. (2005). *Transporte y espacio geográfico. Una aproximación geoinformática*. Facultad de Filosofía y Letras, Programa de Posgrado en geografía. Dirección General de Estudios de Posgrado, UNAM. Primera edición.
- Bosque, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Ediciones Rialp S. A. Madrid.
- Brower, L. (1999). *Para comprender la migración de la mariposa monarca 1857-1995*. Instituto Nacional de Ecología, Editorial PNUD.
- Corona, P. e I., Israde (1999). *Carta geológica de Michoacán*. UMSNH. México.
- Brower, L., G. Castilleja, A. Peralta, J. López, L. Borjórquez, S. Diaz, D. Melgarejo, M. Missrie (2002). “Quantitative changes in forest quality in a principal overwintering area of the Monarch Butterfly in Mexico, 1971-1999”. *Conservation Biology*. Vol. 16. No.2. pp. 346-359.
- Burel, F. y J. Badry (2002). *Ecología del paisaje, conceptos, métodos y aplicaciones*. Edición Mundi Prensa. México.
- Bustamante, R. y A. Grez (1995). “Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos”. *Ciencia y ambiente*. Vol.11. No.2. pp. 58-63.
- Calderilla, G. (2003). “Caminos: La ornamentación vegetal en las rutas”. *Almanaque /Paisajes*. pp. 170-172. [URL: http://www.bse.com.uy/almanaque/2003/05_pais/05_02.pdf (22 Marzo 2005)]

- Castro, M. G. (1986). *Aerofotometodos en Geografía*. Universidad de La Habana. Facultad de Geografía.
- Ceballos, G. (2000). "Las Reservas, principal estrategia de conservación en México". *Especies, revista sobre conservación y biodiversidad*. Vol. 9. No. 3. pp. 3-6. México.
- Centro Nacional de Desarrollo Municipal, (2001). *Enciclopedia de los municipios del Estado de México*. Centro Nacional de Desarrollo Municipal. México.
- Centro Nacional de Desarrollo Municipal, (2001). *Enciclopedia de los municipios de Michoacán*. Centro Nacional de Desarrollo Municipal, México.
- Contreras, F. (1995). "Evaluación del aprovechamiento forestal en la Comunidad de Bella Flor, Lomerío". Informe técnico. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Collinge, K. (1996). "Ecological consequences of habitat fragmentation: implication for landscape architecture and planning". *Landscape and Urban Planning*. No.42. pp.157-168.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) (2001). Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca. México.
- Chapela, G. y D. Barkin (1995). *Monarcas y campesinos: estrategia de desarrollo sustentable en el oriente de Michoacán*. Centro de Ecología y Desarrollo. México.
- Chías, J. L. (1985). Los Transportes dentro del marco cognoscitivo de la Geografía Económica. Instituto de Geografía. UNAM. México. pp. 7-22.
- Chías, L., A. Iturbe, F. Reyna (2001). "Accesibilidad de las localidades del Estado de México a la red carretera de pavimentada, un enfoque metodológico", *Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM*. No. 46, pp. 117-130.
- Dajoz, R. (2002). *Tratado de ecología*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.
- Dal-Rene, R. (1996). *Caminos rurales proyecto y construcción*. Ediciones Mundi Prensa. México. pp. 57-66.
- De la Maza, R. (1995). "La Monarca del vuelo", *Ciencias*, No. 37. UNAM. México. pp. 4-18.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (Jueves 9 de Octubre 1986). Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecológico y La Coordinación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Tomo CCCXCVIII, México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (Viernes 10 de Noviembre 2000). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Sección. México.
- Dykstra, D. y R. Heinrich (1996). "Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO". FAO - Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Roma. [URL: <http://www.fao.org/docrep/v6530s/v6530s00.htm#Contents> (8 de marzo del 2005)]

- Ecotono, (1996). "Fragmentación y metapoblaciones". Center for Conservation Biology. Department of Biological Sciences. Stanford University. pp. 1-3.
- Farfán, B. (2002). "Aspectos ecológicos y etnobotánicos de los recursos vegetales de la comunidad mazahua Francisco Serrato, municipio de Zitácuaro, Michoacán, México", Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. México.
- Forman, R. and M. Godron (1986). "Landscape ecology". Wiley, New York, USA.
- Forman, R. and R. Deblinger (2000). The ecological road - effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology*. Vol. 14. No. 1, pp. 36 -46
- Forman, R. (s/f). "Spatial models as an emerging foundation of road system ecology and a handle for transportation planning and policy". Harvard University. Graduate School of Design. Cambridge.
- Forman, R. 2003. "Road ecology". Science and Solutions. Island Press, USA..
- Forman, R. and L. Alexander (1998). "Roads and their major ecological effects". *Annual Review of Ecology and Systematics*. No. 29. pp. 207-231.
- Forman, R. and A. Hersperger (1996). "Road ecology and road density in different landscapes, with international planning and mitigation solutions". pp. 1-22. G. Evink, P. Garrett, D. Zeigler, and J. Berry (Editors). Trends in addressing transportation related wildlife mortality. Publication FL-ER-58-96. Department of Transportation, Tallahassee. FLA.
- Fregoso, A., A. Velázquez, G. Bocco y G. Cortés (2001). "El enfoque del paisaje en el manejo forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México". *Investigaciones Geográficas*, No. 46. UNAM. México.
- Gelbard, J. and J. Belnap (2003). "Roads as conduits for exotic plant invasions in a semiarid landscape". *Conservation Biology*. Vol. 17. No. 2. pp. 420-432
- Godínez, V., J.M. Chávez, M.M. Chávez (1998). "Diagnóstico forestal en el municipio de Atlautla de Victoria, Estado de México, utilizando los sistemas de información geográfica (SIG)". IX Reunión Nacional *SELPER México* Zacatecas, Zacatecas. (Octubre 1998) [URL: <http://selper.uabc.mx/Publicacio/Cong9/selper98.htm> (03 Noviembre 2005)]
- Guía-FAO, (1990). Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas frágiles. Conservación 13/15. Roma.
- Gucinski, H., M. Furniss, R. Ziemer, y M. Brookes (2001). "Forest roads: a synthesis of scientific information". Gen. Tech. Rep. PNWGTR-509. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Pacific Northwest Research Station. 103 paginas.

- Gutman, P. (1986). "Evaluación de impactos ambientales en programas de transporte". *Revista Interamericana de Planificación*. No. 20. pp. 30-39.
- Hardner, J. y R. Rice (2002), "Replanteamiento del mercado ecológico". *Investigación y Ciencia*. No. 310. Scientific American, España. pp. 76-83.
- Heilman, G. Jr., J. Strittholt, N. Slosser, y D. Dellasala (2002). "Forest fragmentation of the conterminous United States: assessing forest intactness through road density and spatial characteristics". *BioScience*. Vol. 52. No. 5. pp. 411-422.
- Honey, J., E. Rendón, J. López, A. Peralta, A. Contreras, C. Galindo-Leal. (2004). "Monitoreo Forestal del Fondo Monarca 2003". WWF-México.
[http://www.wwf.org.mx/monarca/archivos_foro/Rep_Monitoreo_Forestal.pdf]
- INEGI (2000). XII censo general de población y vivienda 2000, integración territorial datos por localidad de los Estados Unidos Mexicanos. INEGI. México.
- INEGI (1995). Síntesis geográfica del estado de Michoacán. INEGI. México.
- INEGI. "Catálogos de símbolos y especificaciones para las cartas topográficas". [URL: <http://www.inegi.gob.mx> (19 febrero 2004)]
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (2003). "¿Existe la ciencia del transporte?". *Notas*. No. 68. Enero-Febrero. [URL: [javascript:NvaV\('muestraRes.php?id=455&t=nt','nt455'\)](javascript:NvaV('muestraRes.php?id=455&t=nt','nt455'))]
- Malcolm, R., y C. Ray (2000). "Influence of timber extraction routes on Central African small – mammal communities, forest structure, and tree iversity". *Conservation Ecology*. Vol. 14. No.6. pp. 1623-1638.
- Mas, F., V. Sorani, y R. Alvarez (1996). "Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación". *Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM*. pp. 43-57.
- Martínez, L. M y J. M. Ramírez (1998). "Physiographic units of the Biosphere Reserve Sierra de Manantlan using a geographic information system." *Terra*. Vol. 16 No. 3.
- Merino, L. (1999). "Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca: problemática general de la región". Ponencia. Reunión de América del Norte sobre la Mariposa Monarca 1997. Editada por el Departamento de Comunicación y Difusión Pública del Secretariado de la Comisión Para la Cooperación Ambiental (CCA).
- Moran, J. A. y H. A. Galletti (2001). "Deforestación en México: causas económicas e incidencia del comercio internacional." Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C. (CEMDA) y el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES), adscrito al Consejo Coordinador Empresarial (CCE).
[URL:http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/Deforestacion_Mexico/Desforestacion.htm (10-Enero-2005)]

- Moreno, C. (1997). Los caminos de Gran Canaria. Ediciones: del Cabildo Insular de Gran Canaria. Universidad de las Palomas de Gran Canaria. pp. 12-77.
- Múgica, M., J. V. De Lucio, C. Martínez, P. Sastre, J. A. Atauri y C. Montes del Olmo (2002). “Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos”. Edita: Dirección General de la RENP y Servicios Ambientales. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Olivera, F. (1991). Estructuración de vías terrestres. México. pp. 15-25.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- FAO (1995). “Impacto ambiental de las prácticas de cosecha forestal y construcción de caminos en bosques nativos siempreverdes de la X Región de Chile”. Roma.
[URL:<http://www.fao.org/docrep/V9727S/V9727S00.htm#Contents> (11 Diciembre 2005)]
- Paredes, L. and J. Jones (2000). “Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion a long roads and streams in the H. J. Andrews Experimental Forest, Oregon”. *Conservation Biology*. Vol. 14. No. 1, pp. 64-75.
- Peñaranda, R. (2000). “Riesgos de la deforestación en el bosque de uso múltiple del Trópico de Cochabamba”. Tesis de maestría profesional en información de suelos para el manejo de los recursos naturales. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.
- Peralta, A., J. López, L. Brower, L. Bojórquez, G. Castilleja, y M. Missrie (2001). The use of digital aerial photographs in the study of the overwintering areas of the monarch butterfly in Mexico. ASPRS 18th Biennial Workshop on Color Photography & Videography in Resource Assessment. May 16-18, 2001. Amherst, Mass. U.S.
- Potrikowski, M., T. Rbigniew y E. Panteleeva (1984). Geografía del transporte. Barcelona. Ariel.
- Ramírez, M. I. (2001). “Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000”, *Investigaciones Geográficas*. No. 45. pp 39-55.
- Ramírez, M.I. y R. Zubieta (2005). Análisis regional y comparación metodológica del cambio en la cubierta forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Reporte Técnico preparado para el Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca. México D.F. Septiembre 2005.
- Reid, J. (1997). “Consecuencias económicas y biológicas de la construcción de caminos en las tierras bajas de Bolivia: Un método de evaluación rápida”. Documento técnico No. 53. [URL: <http://bolfor.chemonics.net/DOCUMENT/dt53e.pdf>: (08 Mayo 2005)]
- Riitters, K. and J. Wickham (2003). “¿How far to the nearest road?”. *Front Ecol Environ*. Vol.1. No.3. pp. 125–129. [URL: <http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/viewpub.jsp?index=5325> (8 de Noviembre 2005)]
- Rzedoswki, G. y J. Rzedoswki (2001). Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C./CONABIO. México.

- Romo, J. (1998). Valoración económica de la migración de la mariposa monarca. Aspectos Económicos sobre la Biodiversidad de México, Conabio-Semarnap, Instituto de Ecología. pp. 145-165.
- Roper, J. y R. Roberts (1999). "Deforestación : Bosques tropicales en disminución". Red de Asesores Forestales de la ACIDI (RAFA).
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) e Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (1999) "Catálogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación ". Publicación Técnica No. 133. Sanfandila, Qro.
[URL:<http://www.imt.mx/Espanol/Publicaciones/pubtec/pt133.pdf> (7 Enero 2006)]
- Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de México (1988). Los Municipios del Estado de México. Colección enciclopedia de los municipios de México. Centro Estatal de Estudios Municipales del Estado de México, México.
- Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Michoacán (1988). Los municipios de Michoacán. Colección enciclopedia de los municipios de México. Centro Estatal de Estudios Municipales de Michoacán, México.
- Seguí, J. M., y J.M. Petrus (1991). Geografía de redes y sistemas de transporte. Editorial Síntesis. España.
- Séiler, A. (2001). "Ecological effects of roads". A review. UPSALA. No. 9, pp. 7-27.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (2001). Programa de manejo Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Conanp. México.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) (1997). Estrategia integral para el desarrollo sustentable de la región de la Mariposa Monarca. Una propuesta para discusión. México.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca (Semarnap)-Dirección General Forestal (1998). "Diagnóstico de la deforestación en México. La deforestación en México, información y evidencia".
[URL:http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/Deforestacion_Mexico/cemda-1.PDF (16 Febrero 2004)]
- Spellerberg, F. (1998). "Ecological effects of roads and traffic: a literature review". *Global Ecology and Biogeography Letters*. No. 7. pp. 317-333.
- Spurr, S. y B. Barnes (1982). Ecología forestal. Editorial A.G.T., S. A., México.
- Tchikoué, H. (2002). Taller teórico-práctico: Planeación, proyección, diseño, construcción, mantenimiento y rehabilitación de los caminos forestales. Comisión Nacional Forestal-Universidad Autónoma Chapingo-División de Ciencias Forestales. Inédito.

- Trombulak, S., and C. Frissell (2000). "Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities". *Conservation Biology*. Vol. 14. No. 1. pp. 18-30.
- Watkins, R.Z., J. Chen, J. Pickens and K.D. Brosofske (2003). "Effects of forest roads on understory plants in a managed hardwood landscape", *Conservation Biology*. No. 17 (2), pp. 411-419.
- Wiens, J.A. y Milne, B.T. (1989). "Scaling of landscapes in landscape ecology, or, landscape ecology from a beetle's perspective". *Landscape Ecology*. Vol. 3. No.2. pp. 87-96.
- Williams, G. (1991) "Los bordes de selvas y bosques". *Ciencia y desarrollo*. Vo. 17. No. 97. pp. 65-71
- WWF-México (2002). "Bosques y selvas de México". [URL:<http://www.wwf.org.mx/bosques.php> (10 Enero 2005)]
- WWF-México (2004). "La tala ilegal y su impacto en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca". Informe interno. [URL:http://www.wwf.org.mx/wwfmex/archivos/bm/040601_documentoTalaMonrca.php (01 Junio 2005)]

Anexos

A.1 Glosario

Bosque abierto: Formaciones con una distribución continua de árboles, pero con una cobertura de copa entre 10 y 40%. Generalmente hay una capa continua de pasto, que permite el pastoreo y la propagación de incendios (Ramírez, 2001).

Camino de brecha: Vía de comunicación terrestre, generada por desmonte ó tránsito continuo, donde generalmente es posible la circulación de un vehículo (INEGI).

Carretera de terracería: Vía de comunicación terrestre cuya estructura consta de revestimiento de arena y grava compactada para tránsito de vehículos (*idem*).

Carretera pavimentada: Vía de comunicación terrestre cuya estructura consta de un terraplén, revestimiento de asfalto o concreto, para tránsito de vehículos, con o sin pago de peaje (*idem*).

Deforestación: La FAO define dicho término como la conversión de bosques a otros usos, tales como la agricultura; no se refiere al paso de las áreas boscosas taladas a plantaciones forestales, ni tampoco a los bosques que se explotaron de manera intensiva y que ahora están en proceso de regeneración.

Degradación: Afectación de un área forestal arbolada por diferentes factores de perturbación. Gradual reducción de la biomasa y calidad del arbolado, y afectación del suelo, sin implicar un cambio de uso. (Semarnap-Dirección General Forestal, 1998).

Densidad de caminos: Es la relación entre el total de la longitud del camino por unidad de superficie (km/km^2 o m/ha)

Digitalizar: Se denomina así al proceso de transferir datos gráficos a la memoria de la computadora.

Disturbio: Alteración directa o indirecta sobre la vegetación. Puede ser ocasionada por fenómenos naturales (incendios, plagas, etc.) o provocada por la acción o decisiones del hombre sobre la vegetación (Semarnap-Dirección General Forestal, 1998).

Impacto Ambiental: Es la transformación, modificación o alteración de cualquiera de los componentes del medio ambiente: biótico, abiótico o humano (SCT e IMT, 1991).

Escala: Es la relación que existe entre las dimensiones en un mapa o plano y la distancia real en el terreno.

Lindero: Línea empleada para indicar las principales delimitaciones del territorio. Pueden corresponder a líneas que marcan propiedades, parcelas, instalaciones, manzanas, etc. y pueden tener o no carácter legal (INEGI).

Ortofoto: Fotografía aérea rectificada en la que se han eliminado las distorsiones causadas por las desviaciones de la toma y las debidas al relieve natural del terreno.

Perturbación forestal: Son bosques abiertos, fragmentados o con vegetación arbustiva predominante, pero que no han modificado su uso del suelo (Ramírez, 2001).

Vereda: Vía de comunicación generada por desmonte o tránsito continuo, donde sólo circulan personas o animales (INEGI).

A.2 Tablas de referencia

A.2.1 Superficie de los municipios que intervienen en la RBMM

Municipio	Superficie (ha)	Amortiguamiento		Núcleo		Superficie total en la Reserva	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%
San José del Rincón	50,660	9,289	18	1,463	3	10,752	21
Donato Guerra	19,720	3,870	20	2,602	13	6,472	33
Villa de Allende	30,226	3,780	13	503	2	4,283	14
Anganguao	7,175	4,845	68	1,209	17	6,054	84
Aporo	5,282	275	5	0	0	275	5
Ocampo	15,077	5,607	37	1,606	11	7,213	48
Senguio	25,638	4,983	19	2,179	8	7,162	28
Zitácuaro	50,671	8,876	18	3,400	7	12,276	24

El porcentaje esta en función de la superficie total del municipio

A.2.2 Superficie de los predios que intervienen en la RBMM

Predios	Superficie en Hectáreas	Amortiguamiento		Núcleo		Porcentaje total en Reserva (%)
		Hectáreas	%	Hectáreas	%	
Anganguero (Amp.)	537.3	398.7	74	138.6	26	100
Anganguero Dot.	227.9	227.9	100			100
Arroyo Seco	176.0	175.3	100			100
El Asoleadero (Dot. 1)	1019.8	1019.8	100			100
Buenavista Casablanca	473.0	473.0	100			100
Cañada Seca	204.5			204.4	100	100
Catingo Fracc. 3	163.2	92.1	56	70.8	43	100
Catingo Fracc. 4	128.6	81.8	64	46.8	36	100
Catingo Rancho Guadalupe	74.7	74.7	100			100
Concepción Del Monte (Ampl.)	305.0	305.0	100			100
Fracción Corral Viejo	445.5	445.5	100			100
El Gavilán	75.5	75.5	100			100
Hervidero y Plancha (Amp.)	133.5	98.1	73	35.4	27	100
Jesús Nazareno	205.2	33.5	16	171.7	84	100
Litigio 1	169.0			169.0	100	100
Litigio 2	33.6	33.6	100			100
La Mesa (Amp.)	727.2			727.2	100	100
Mesas Altas Xoconusco	379.8	214.9	57	164.9	43	100
Ocampo	227.8	227.8	100			100
La Palma	216.3	216.3	100			100
Pendiente_04	409.8	409.8	100			100
Pendiente_23	184.8	184.8	100			100
Prop. Estatal	113.9			113.9	100	100
Prop. Federal	600.0	6.9	1	593.1	99	100
Rancho Chocua	118.4	118.4	100			100
Rancho Mayo Fracc. 1	105.8	105.8	100			100
Rancho Mayo Fracc. 2	100.0	99.4	99			99
Rancho Mayo Fracc. 3	173.7	173.7	100			100
Los Remedios	172.6	53.5	31	119.1	69	100
Rincón de Soto	196.5	164.4	84	32.1	16	100
Rosa de Palo Amarillo 1	631.6	631.6	100			100
El Rosario	1,087.9	990.3	91	97.6	9	100
El Rosario (Amp.)	675.2	395.1	59	280.1	41	100
El Rosario (Dot.)	846.0	377.5	45	468.5	55	100
Las Rosas (1)	615.3	615.3	100			100
San Jerónimo Pilitas	363.0	362.9	100			100
Santa Ana	222.4	88.3	40	134.1	60	100
Los Saúcos	303.8			303.8	100	100
Senguio (Amp.)	439.9			439.9	100	100
San Fco. de Los Reyes	672.6	672.6	100			100
San Jerónimo Totoltepec	153.1	153.1	100			100
San Joaquín Lamillas	676.0	676.0	100			100
San José Corrales	584.5	584.4	100			100
La Trampa	491.4	491.4	100			100

■ Predios con el 100 % de su superficie dentro de la zona núcleo de la RBMM

A.2.3 Cubiertas del suelo

Clasificación de la cubierta del suelo*	Reclasificación
Oyamel denso	Bosque denso
Pino-encino denso	
Encino denso	
Cedro denso	
Oyamel fragmentado	Bosque perturbado
Pino-encino fragmentado	
Oyamel abierto	
Pino encino abierto	
Encino abierto	
Cedro abierto	Vegetación arbustiva
Matorral	
Matorral fragmentado	
Vegetación arbustiva (secundaria)	
Pastizal inducido	Pastizal inducido
Agricultura de temporal	Cultivo
Agricultura de regadío	
Plantaciones comerciales	Plantaciones
Transición urbano-rural-forestal	Cultivo-bosque
Agricultura/ bosque	
Núcleos de población	Urbano
Agua	Agua
Sin cubierta aparente	Sin cubierta aparente

* Fuente: Ramírez y Zubieta, 2005

A.2.4 Bosque conservado y perturbado por densidad de caminos, por predio

Nombre del Predio	Sup.del predio ha	Sup. de bosque conservado ha	Sup. bosque perturbado ha	Sup. cultivo ha	Longitud total de caminos (km)	Densidad total de caminos (km/km ²)
Crescencio Morales	6194	2569	970	1467	199	3
Pueblo de Anganguero	3360	598	856	1530	179	5
Prop. privadas	2691	2077	467	52	60	2
Nicolás Romero	2588	1321	514	131	81	3
El Capulín	2528	1656	191	590	77	3
El Depósito	2238	974	233	855	75	3
Donaciano Ojeda	2137	1429	305	191	85	4
Sta. María y Sus Barrios	2029	714	137	1065	45	2
San Juan Xoconusco	1974	1046	408	236	74	4
Pendiente9	1622	418	209	701	70	4
Pendiente7	1258	846	110	148	24	2
Las Rosas	1105	763	39	195	37	3
C.I. Francisco Serrato	884	747	29	49	34	4
Sn. Cristóbal	1565	57	820	254	113	7
Pendiente4	726	359	236	113	23	3
El Asoleadero Dot.	1195	105	221	681	81	7
Hervidero y Plancha	816	271	189	258	74	9
Emiliano Zapata	366	15	82	32	50	14
Anganguero Dot.	228	71	54	101	19	8
Pendiente5	555	226	119	120	42	8
Amp. Hervidero y Plancha	134	34	61	12	10	7
Santa Ana	222	144	31	29	16	7
El Asoleadero Amp.	449	204	31	177	31	7
Rincón de Soto	197	103	69		13	7
La Mesa Dot. Y Amp.	1296	217	92	972	51	4
Villa De Allende Dot.	1387	271	210	763	40	3
Varechiquichuca	1223	511	62	625	26	2

A.2.5 Propiedades visitadas para verificación de caminos con GPS

Nombre del predio	Tenencia	Recorrido
El Rosario	Ejido	Totalidad
El Asoleadero Amp.	Ejido	Totalidad
El Rosario	Ejido	Parcialmente
Ocampo	Ejido	Parcialmente
Pueblo de Anganguero	Ejido y Comunidad.	Totalidad
Prop. federal	Prop. Federal	Parcialmente
Sn. Jeronimo Pillitas	Ejido	Parcialmente
Rosa de Palo Amarillo	Ejido	Parcialmente
Cerro Prieto	Ejido	Totalidad
Los Remedios	Ejido	Totalidad
Santa Ana	Ejido	Totalidad
Amp. Anganguero	Ejido	Totalidad
Prop. estatal	Prop. Estatal	Parcialmente
Hervidero y Plancha	Ejido	Parcialmente
Senguio Ampliación	Ejido	Totalidad
Amp. El Rosario	Ejido	Parcialmente
Anganguero Dot.	Ejido	Parcialmente
El Paso	Ejido	Totalidad
Fco. Serrato	Comunidad	Totalidad
Donaciano Ojeda	Comunidad	Totalidad
Carpinteros	Comunidad	Totalidad
Curungueo	Comunidad	Totalidad
Sn. Felipe Los Alzati	Comunidad	Parcialmente
Las Rosas	Ejido	Totalidad
Sn. Juan Palo Seco	Ejido	Totalidad
El Depósito	Ejido	Totalidad

A.2.6 Aserraderos documentados en campo

Predio en donde ubica el aserradero	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)
Ocampo	360,326	2165190
San Jeronimo Pilitas	368,557	2175431
Emiliano Zapata	360,242	2169096
Ejido Ocampo	359,279	2169096
Ocampo	360,585	2165761
Emiliano Zapata	360,152	2165409
Emiliano Zapata	360,392	2165169
El Asoleadero	364,973	2164173
El Paso	357,834	2163099
Ocampo	399,756	2165759
Ej. Angangeo	360,243	2169096
Ej. Ocampo	359,279	2167867
Ocampo	360,585	2165761
Zapata	360,152	2165409
Ej. Asoleadero	364,973	2164173
El Paso	357,834	2163099
Ocampo Sawmill on Pino Suarez St.	359,756	2165759
El Rosario	365,895	2163975