

Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000

Isabel Ramírez Ramírez*

Recibido: 20 de abril de 1998
Aceptado en versión final: 31 de mayo de 2000

Resumen. En las dos últimas décadas, la Sierra de Angangueo, hábitat de hibernación de la mariposa monarca en México, se ha convertido en una zona de primordial importancia para la conservación de la biodiversidad, tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo, resulta contradictorio que se carezca de cartografía de usos y cubiertas del suelo a escala media o detallada y de fechas recientes, lo cual es elemental para la planeación y gestión de los recursos naturales. Por ello, este trabajo hace un aporte a dicha cartografía, donde, además, se identifican los espacios que han modificado su cubierta y se expone en qué sentido lo han hecho.

La tasa de deforestación resultante ha sido de 0.2%, menor que la media nacional y que la reportada para la región. Esto debido a que, así como ha habido áreas donde se ha registrado perturbación y pérdida de masas forestales, ha habido otras en las que los bosques se están recuperando. También resalta la expansión de terrenos dedicados a la agricultura de riego, que incluye grandes extensiones de plantaciones frutícolas. La cartografía generada nos permite determinar la localización de cada uno de estos procesos de cambio, para así poder concentrar los esfuerzos de conservación donde más se necesiten.

Palabras clave: Cambios en las cubiertas del suelo, hábitat de la mariposa monarca.

Land-covers changes in the Angangueo mountain range, Michoacán and State of Mexico, 1971-1994-2000

Abstract. In the last two decades, the Angangueo mountain range, the Monarch butterfly's overwintering habitat in Mexico, has become an area of utmost importance for biodiversity conservation at both national and international levels. Nevertheless, there is a lack of recent land-use and land-cover cartography, at medium or detailed scales, essential for natural resources planning and management. Therefore, this work attempts to make a contribution to cartography in the region of study, identifying at the same time areas where plant cover has been modified and trends in this respect.

For the period of analysis, the deforestation rate has been 0.2% lower than the national and regional averages. This is due to the fact that, although there have been considerable damages and cover loss in some woodland areas, in others forests are undergoing a recovery process. An expansion of land devoted to irrigation agriculture has also been observed, which includes large areas of fruit orchards. The generated cartography allows to determine the location of each of these changes, facilitating to concentrate conservation efforts where they are most needed.

Key words: Land-covers changes, Monarch butterfly habitat.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las cubiertas y usos del suelo es un aspecto fundamental para el ejercicio de muy diversas disciplinas científicas, especialmente para aquellas que tienen como objeto de estudio los elementos del paisaje, o como fin, la planificación y ordenamiento del territorio. Pero a pesar de lo numerosos que son esos estudios, es frecuente encontrar con-

fusión entre los conceptos cubierta del suelo y uso del suelo, aunque algunos autores (Mather, 1986; Meyer y Turner, 1994) han dejado muy clara la diferencia entre uno y otro. "Cubierta del suelo" se refiere a la naturaleza o forma física de la superficie del terreno, que puede ser identificada visualmente en campo o a través de medios de percepción remota; mientras que, "uso del suelo" expresa el aprovechamiento o los fines económicos de esas

* Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Geografía e Historia, 28040 Madrid, España e Instituto de Geografía, UNAM, Cd. Universitaria, 04510, México, D. F. E-mail: isarr@correo.unam.mx

cubiertas. La confusión radica en que algunas cubiertas llevan implícito un uso (cultivos/uso agrícola), aunque no siempre hay una relación directa (bosques/uso silvícola, conservación, recreación, etc.).

Las fuentes de información que aportan mejores resultados a la elaboración cartográfica de estos temas son las fotografías convencionales (en trabajos a escalas medias y grandes) y las imágenes obtenidas por satélites espaciales (para trabajar a escalas pequeñas), siempre y cuando se complementen con trabajo de campo (Sabaté, 1986).

En el ámbito mundial, una de las principales aplicaciones que han tenido los mapas de cubiertas y usos del suelo ha sido la identificación de cambios en las masas forestales. Por lo general, estos cambios se han dado en el sentido de pérdida de bosques y selvas, lo cual, aunado a los procesos naturales y sociales que ello conlleva, representan uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el planeta. Esta situación se ha visto agravada en los países tropicales y en vías de desarrollo (Myers, 1980; Grainger, 1984). En México, se considera que 23 millones de hectáreas de terrenos agropecuarios tienen aptitud forestal (11.5% de la superficie total; SARH, 1994). Esta cifra aumenta constantemente a razón de cerca de un millón de hectáreas deforestadas cada año (Carabias, 1990; Jardel, 1990), lo que representa una tasa anual de deforestación de 0.5%. Esta situación se presenta más o menos por igual en todo tipo de bosques, incluso en aquellos que se encuentran bajo protección oficial.

Una de las zonas boscosas protegidas del país que ha tenido mayor difusión en los últimos años es la llamada región de la Mariposa Monarca (SEMARNAP-INE, 1995a y 1995b; SEMARNAP, 1997), localizada en el límite entre los estados de Michoacán y México. Aquí se encuentra el hábitat de hibernación de la mariposa monarca en México, que desde principios de la década de los años ochenta, cuando se consideró conveniente proteger a la mencionada mariposa y su fenómeno migratorio, ha sido objeto de numerosos estudios científicos y reportajes en todo tipo de medios.

Hasta poco después de 1990 esos estudios prácticamente sólo giraban en torno a la biología de dicho insecto y de su entorno más inmediato (Calvert *et al.*, 1979; Calvert *et al.*, 1983; Brower y Calvert, 1985; Calvert y Brower, 1986; Alonso y Arellano, 1989; Calvert *et al.*, 1989; Alonso *et al.*, 1992; Espejo *et al.*, 1992; Malcolm, 1993; De la Maza, 1995). Posteriores a esa fecha, se han publicado otros trabajos, en franco aumento, en los que se considera, además de esa parte tan importante de la fauna, la situación del bosque en general y de la población que vive en y de él (Conrad and Salas, 1993; Hoth, 1995; Merino, 1995; SEMARNAP, 1995 y 1997; Chapela y Barkin, 1996; IMFN, 1997). En estos últimos estudios se propugna por la necesidad de establecer políticas para el mantenimiento de la riqueza natural y cultural de la zona.

Debido a la importancia de dichas políticas, éstas deberían ser diseñadas y aplicadas en función de unidades menores de análisis socioterritorial, como podrían ser los núcleos agrarios por tenencia de la tierra, los cuales se desempeñan como unidades gestoras de los recursos naturales. Por tal motivo, resulta contradictorio el hecho de que se carezca de cartografía de usos del suelo a escalas medias y detalladas y de fechas recientes, al menos publicadas con mediana difusión.

Por otra parte, la SEMARNAP (1997) señala al "deterioro en la calidad y cantidad de los recursos naturales" como el primero de los seis principales problemas que afectan a la región, donde el proceso más preocupante es la deforestación. A ésta la calcula del orden de 0.66% anual para la región en su conjunto y del 1.3% para las áreas incluidas en la Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca (REBMM). Ese mismo documento plantea la necesidad de una estrategia para la disminución y reversión de ese proceso de deforestación, en el que resultaría de utilidad "considerar el estado actual, la velocidad en la que se da dicho proceso y los factores que lo están determinando" (*Ibid.*).

Por tales motivos, en el presente trabajo se intenta aportar información sobre las cubiertas

del suelo de la zona a escala media, siendo ésta de la fecha más reciente posible y donde se identifiquen las transformaciones de las últimas décadas. Para ello se han planteado los siguientes objetivos: a) fotointerpretar y cartografiar las cubiertas del suelo que se presentan en la Sierra de Angangueo; b) determinar los cambios en las cubiertas del suelo mediante la comparación de tres fechas diferentes; y c) cartografiar y cuantificar los espacios que han modificado su cubierta y explicar en qué sentido lo han hecho.

ANTECEDENTES

Para esta zona geográfica, la información de mayor detalle publicada por el INEGI es la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Morelia E14-1, a escala 1:250 000 (agotada desde hace mucho tiempo). Dicha carta se elaboró con información de fotografías aéreas de 1974 y se publicó hasta 1984. No se cuenta con otras fuentes a esa escala, o de mayor detalle, anterior a la década de los años noventa.

Sin embargo, en SEMARNAP (1997) se mencionan datos de superficie forestal de 1979, pero la fuente no está especificada en el documento, aunque, según comunicaciones personales, corresponde a cartografía del INEGI a escala 1:50 000 no publicada.

En 1993 se publicó la Carta Forestal, Morelia E14-1, escala 1:250 000 (SARH-UNAM, 1993), cuyas fuentes son: imágenes de satélite Landsat TM y la carta de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250 000 del INEGI. En esta Carta Forestal la información se presenta aún más agrupada que en la de INEGI (1984).

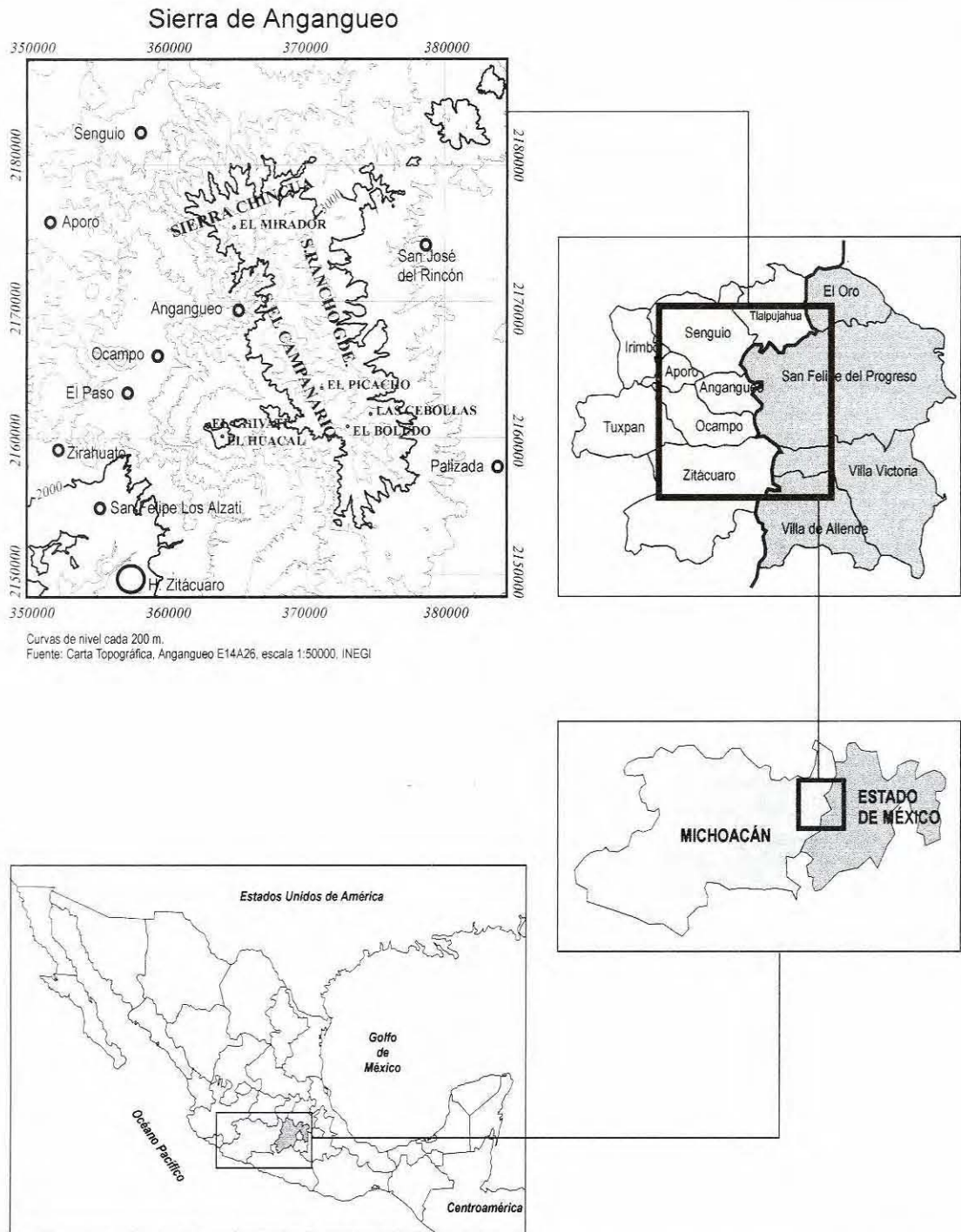
Por último, Rosete y Merino participaron en un proyecto llevado a cabo en el Colegio de México en el que utilizaron como principal insumo "la cartografía de uso del suelo y vegetación, que se elaboró a partir de una imagen Landsat TM de la primavera de 1993" (Merino, 1995). Esto lo confirma el mismo Rosete, con otros más, en SEMARNAP-INE, 1995a.

ÁREA EN ESTUDIO

Se ha denominado Sierra de Angangueo al conjunto montañoso formado por las sierras Chincua, Rancho Grande y El Campanario y los cerros El Chivatí, El Huacal, El Boludo y Las Cebollas. Esta sierra, perteneciente al Sistema Volcánico Transversal, se ubica en la parte oriental de Michoacán y occidental del Estado de México, comprendida entre las coordenadas 19° 26' y 19° 47' de latitud norte y 100° 06 y 100° 26' de longitud oeste (Figura 1).

El área en estudio tiene una superficie de 1 354 km². De éstos, aproximadamente 520 km² (39%) son sierras, de pendiente media superior a 30° y altura sobre el nivel de base mayor de 1 000 m, en las que predomina una cubierta forestal. Otros 590 km² (44%) están ocupados por lomeríos, con alturas relativas de 250 hasta 1 000 m y pendientes entre 6 y 30°. En los lomeríos se alternan las cubiertas boscosas y las de uso agropecuario, las primeras prevalecen en las pendientes más fuertes y las segundas en las más suaves. Los 240 km² restantes (17%) corresponden a colinas, piedemontes y planicies, con alturas inferiores a 250 m y pendientes menores de 10°, ocupadas casi en su totalidad por terrenos de uso agropecuario.

Este conjunto montañoso es de origen volcánico del Terciario y Cuaternario. La litología está compuesta básicamente por materiales andesíticos y basálticos, a partir de los cuales se han formado, principalmente, andosoles y luvisoles con propiedades químicas poco favorables para el desarrollo agrícola (ligeramente ácidos y con bajo contenido de nitrógeno), pero adecuados para sustentar vegetación leñosa (Duchaufour, 1987; D'Luna, 1995). Sobre estos suelos se desarrolla un ecosistema templado-húmedo, expresado por la existencia de grandes cubrimientos de bosques densos de coníferas (*Abies*, *Pinus* y *Cupressus*) y bosques mixtos de coníferas y latifoliadas (*Quercus*, *Alnus*, *Arbutus*, etc.; Espejo *et al.*, 1992; Madrigal, 1994), en el que conviven elementos florísticos de los reinos neotropical y holártico (Rzedowski, 1981).



Autor: Ramírez-Ramírez, Ma. Isabel

Figura 1. Localización de la zona en estudio.

En la zona predomina la población rural, que se dedica básicamente a actividades económicas primarias: agricultura y ganadería de subsistencia y aprovechamiento forestal (SP, 1985a y b). De esta población destaca un importante grupo indígena de las etnias otomí y mazahua, cuyos ancestros ocuparon la zona desde el período 1200-1500 d.C. (Peña, 1992). En toda la región los índices de pobreza y marginalidad son muy altos, pero se agudizan aún más dentro del sector indígena (Hoth, 1995; Merino, 1995).

Por otra parte, en 1986 se declararon en esta sierra tres de los cinco santuarios protegidos como Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca (REBMM), que abarcan una superficie de 6 600 ha (de las 16 100 de la reserva). Esto ha representado un problema más para los propietarios del bosque (ejidatarios y comuneros), ya que los beneficios se han concentrado en muy pocos y la mayoría se considera despojada de buena parte de sus tierras (Hoth, 1995; comunicaciones personales).

MATERIALES Y MÉTODO

Los materiales de este trabajo han sido fotografías aéreas de dos vuelos diferentes: marzo de 1971 (escala 1:50 000) y abril de 1994 (escala 1:75 000), ambos del INEGI; una imagen de satélite, Landsat TM7, de la primavera de 2000; y cartografía topográfica escala 1:50 000 y temática, escala 1:250 000, también del INEGI.

Para elaborar los mapas de cubiertas del suelo en 1971, 1994 y 2000, los mapas de cambios y sus correspondientes datos estadísticos se procedió de la siguiente manera (Sabaté, 1986):

a) Fotointerpretación

Se revisaron las fotografías aéreas, la carta de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000 (INEGI, 1984), la Clasificación Internacional y Cartografía de la Vegetación propuesta por la UNESCO (1973) y la carta del Inventario Forestal Nacional (SARH, 1993) a efecto

de elegir las posibles clases para la fotointerpretación.

Las cubiertas forestales se dividieron en tres condiciones apreciables del arbolado: a) *bosques densos*, formados por árboles cuyas copas se tocan (UNESCO, 1973); b) *bosques abiertos*, árboles cuyas copas no se tocan entre sí pero que cubren por lo menos 40% de la superficie, pudiendo existir una sinusia herbácea (*Ibid.*), y c) *bosques fragmentados*, aquéllos que se encuentran afectados por actividades agropecuarias al grado de quedar sólo manchones de la vegetación forestal, distribuidos de manera homogénea sobre el terreno, a modo de mosaicos, a partir de los cuales se puede recuperar la vegetación clímax (SARH, 1994). Estas mismas condiciones se aplicaron para los matorrales.

Definida la leyenda, se procedió a la interpretación de las fotografías de 1994 y posteriormente de 1971, con apoyo constante de la cartografía temática. En las situaciones en que se presentaban dudas sobre la delimitación de alguna unidad, se comparaba el mismo sitio en las fotos de ambas fechas, con el objeto de mantener el mismo criterio y evitar así errores en los cálculos de las superficies modificadas.

b) Elaboración de los borradores de los mapas

Debido a la diferencia en las escalas de las fotografías, se utilizó un *transferoscopio* (Carl Zeiss) para traspasar los resultados de la fotointerpretación sobre las cartas topográficas a escala 1:50 000.

c) Captura y análisis de los mapas

Transferida a papel la fotointerpretación de ambas fechas, se digitizaron los segmentos mediante el programa Auto/Cad. A continuación se editaron y analizaron en un sistema de información geográfica (ILWIS). De aquí se obtuvieron los mapas digitales con los polígonos de las cubiertas del suelo para las dos fechas, así como sus respectivos atributos (área, perímetro y clase de cubierta por cada polígono).

Por sobreposición de ambos mapas digitales se obtuvo un mapa de cambios en el que se reportaron más de 100 combinaciones (cambios) en las cubiertas del suelo entre una fecha y otra. Después de analizar el histograma del número de polígonos en relación a la superficie ocupada, se aplicó un proceso de limpieza para eliminar los polígonos de superficie menor de dos hectáreas, debidos sobre todo a imprecisiones en la digitalización. Asimismo, se eliminaron aquéllos que no modificaron su cubierta. De esta forma, resultó un mapa con 74 tipos de cambio (distribuidos en más de 1 000 polígonos), los cuales se clasificaron en 11 categorías, según la leyenda definida, dando mayor importancia a las transformaciones en las cubiertas forestales.

d) Verificación en campo

Entre los meses de diciembre de 1997 y noviembre de 1998 se realizaron varias jornadas de trabajo de campo. En ellas se realizaron

80 inventarios de vegetación, considerando diferentes formaciones vegetales, distribuidos en las partes correspondientes a sierras y lomeríos altos (espacios que interesan al proyecto del cual este artículo forma parte). Además, se verificaron las cubiertas del suelo en 34 sitios más, ubicados en el resto de las unidades del relieve (Figura 2). Con esta información se revisaron los mapas anteriormente generados y se hicieron las correcciones oportunas.

e) Actualización al año 2000

Para identificar los cambios en las cubiertas en los últimos seis años, se superpusieron los segmentos digitizados de 1994 sobre la imagen Landsat TM del 2000, corregida geométricamente. Posteriormente, se llevó a cabo una interpretación visual de la imagen directamente en pantalla, modificando los segmentos donde se apreciaban cambios. Después se procedió de la misma manera que en el punto c.

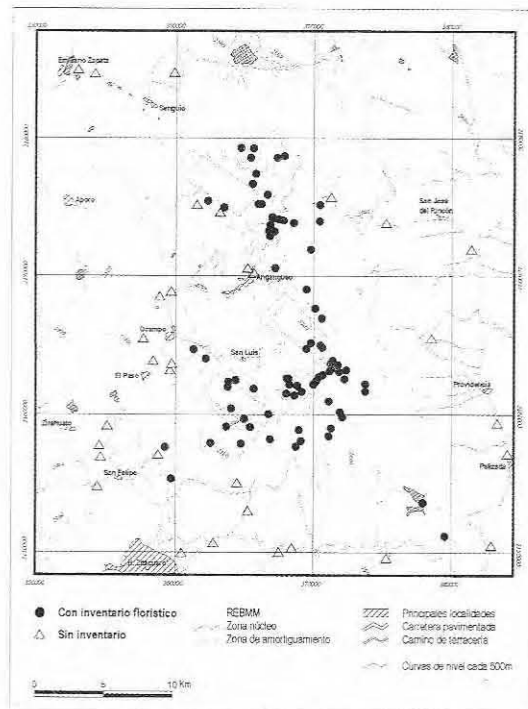


Figura 2. Localización de los sitios de inventario y verificación de uso del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Cubiertas del suelo

Para los mapas de cubiertas del suelo, de 1971, 1994 y 2000, se identificaron 18 clases agrupadas en tres conjuntos, el primero incluye las formaciones vegetales que surgen de manera espontánea o inducida; el segundo corresponde a las áreas cultivadas y el tercero a otras cubiertas no vegetales (Cuadro 1 y Figura 3).

Cubiertas de vegetación natural

Respecto a su superficie, en primer término se localizan los bosques mixtos, formados por mezclas, en proporciones diversas, de los géneros *Abies* (oyamel), *Pinus* (pino) y *Quercus* (encino). En las tres fechas estos bosques cubren cerca de 23% del área en estudio. Según la bibliografía consultada y los levantamientos realizados en campo, las especies más frecuentes en la región son *Abies religiosa*, *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* y *P. michoacana*, *Quercus laurina*, *Q. castanea*, *Q. candicans*, *Q. crassifolia* y *Q. rugosa*. Respecto a especies arbóreas de otros géneros destaca la presencia de *Alnus arguta*, *A. firmifolia*, *Arbutus xalapensis*, *Cleyera integrifolia*, *Clethra mexicana*, *Cupressus lusitanica*, *Salix* sp. y *Styrax ramirezii*, entre otras (INEGI, 1984; Espejo et al., 1992; Soto y Vázquez, 1993; Madrigal, 1994).

En segundo término se encuentran los bosques de oyamel, con más de 12% de la superficie en estudio en las tres fechas. Se localizan en las partes más altas de la sierra, siendo la formación predominante por arriba de la cota de los 2 800 m. Se encuentran formando masas puras de *Abies religiosa* o mezcladas con *Pinus* sp., *Quercus* sp. y *Cupressus lusitanica* (Ibarra, 1983; Soto y Vázquez, 1993; Madrigal, 1994).

Dentro de esta última clase han quedado incluidos pequeños manchones de bosque de *Pinus harwegii*, localizados alrededor de los 3 600 m, bordeando la parte suroeste de

los pastizales que cubren la cima de la Sierra El Campanario (El Picacho).

Para terminar con las cubiertas forestales, en proporciones muy inferiores encontramos unidades de bosque de cedro (menos de 1%) y bosque de encino (apenas presente con 0.1%). El primero se desarrolla al noreste de la zona, en sitios de las mismas características que el bosque de oyamel, siendo la especie más difundida *Cupressus lusitanica*. Por su parte, el bosque de encino se localiza en el extremo suroeste del área analizada, a una altitud de 2 000 m. Este bosque se presenta en zonas de transición hacia climas más cálidos. En él predominan especies como *Quercus obtusata*, *Q. castanea*, *Arbutus xalapensis*, *Styrax ramirezii* y *Ternstroemia pringlei*, entre otros (Madrigal, 1994).

En terrenos potencialmente forestales encontramos dos tipos de cubiertas vegetales de origen antrópico: unidades de vegetación arbustiva y pastizales. La primera de ellas (alrededor de 2% del área total) es, en todos los casos, vegetación secundaria que ocupa sitios que han sufrido algún tipo de perturbación, donde predominan especies como *Juniperus monticola*, *Baccharis conferta*, varias especies de *Senecio* y *Acaena elongata*. Las unidades de pastizal inducido (4.4% de la superficie en 2000) se ubican sobre las vertientes de la parte noroeste de la sierra y en las partes altas y llanas de ésta. Entre los principales géneros se encuentran *Muhlenbergia*, *Bidens*, *Stipa*, *Potentilla*, *Trifolium*, *Gnaphallium* y *Viola*, en algunos casos acompañados por arbustos de *Baccharis* o de *Juniperus*. Esta clase tiene implícita la dificultad de separar, basándose en fotografías aéreas o en imágenes de satélite, las áreas de pastos dedicadas a la ganadería y las de agricultura en descanso.

Cultivos y otras cubiertas

En estos dos grupos destaca, en cuanto a extensión se refiere, la agricultura de temporal, que ocupa más de 40% de la superficie total en las tres fechas. El principal cultivo de la región es el maíz, aunque también son

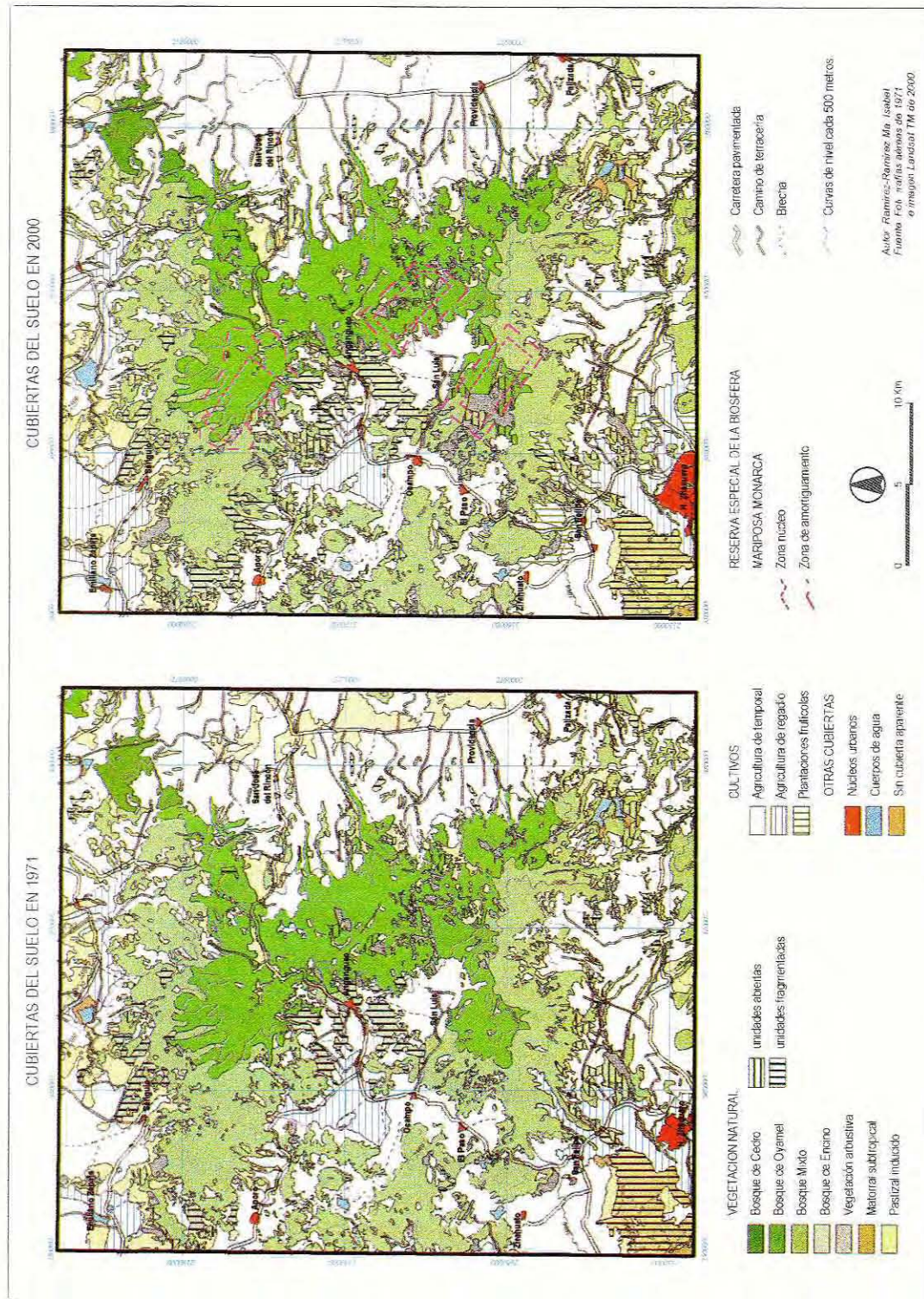


Figura 3. Tipos de cubiertas del suelo de la Sierra de Angangueo, Michoacán-Estado de México, en 1971 y 2000.

importantes el frijol, la calabaza, la avena y el trigo, entre otros, todos ellos de autoconsumo (INEGI, 1984; Merino, 1995, observaciones de campo).

Le siguen la agricultura de regadío, con casi 7% del área en el 2000, y las plantaciones frutícolas, 1.2% en esa misma fecha. En la primera de ellas, se cultivan de manera primordial maíz, frijol, avena, haba, trigo, tomate, chícharo y flores para su comercialización en mercados regionales (*ibid.*), exceptuando las flores que también llegan a alcanzar mayor mercado. Las plantaciones frutícolas, aunque propiamente también son cultivos en los que se dispone de agua para irrigación, se refieren a terrenos cultivados con especies frutales perennes, en los que predominan aguacate, higo, manzana, pera, ciruela y granada china (Merino, 1995; observaciones de campo).

Respecto a otras cubiertas, encontramos en primer término los núcleos urbanos, que consideran sólo a aquéllos con una estructura urbana bien definida. La ciudad Heroica Zitácuaro es el centro urbano más importante de la región. En 1990, esa ciudad contaba casi con 70 000 habitantes, Angangueo con casi 5 000 y el resto de los centros de población identificados no superaban los 2 500 (INEGI, 1991).

Por último, se tienen los cuerpos de agua, destacando las presas de las zonas de riego del noroeste y los lagos naturales del sureste (Parque Nacional Bosencheve); así como las unidades sin cubierta aparente, que bordean los cuerpos de agua o que corresponden a los jales mineros cercanos a Angangueo que aún no han sido colonizados por la vegetación.

b) Cambios en las cubiertas del suelo de 1971-1994-2000

En función de la superficie total por tipo de cubierta, en cada una de las fechas consideradas, llama la atención la pérdida en las dos principales formaciones vegetales de la zona. Los bosques densos de oyamel perdieron más de 800 ha entre 1971 y 1994 y otras 200 ha en los últimos seis años. Esto significó una pérdida de 4.6 % de su cubierta

en el primer período mencionado y de 1.2% de 1994 al 2000. Por su parte, los bosques mixtos densos, más extendidos, a partir de 1971 han perdido 4.5% de su superficie (1 436 ha). Los bosques densos de cedro y encino, a pesar de su recuperación, permanecieron siendo muy poco significativos respecto al área considerada (Cuadro 1).

Teniendo en cuenta sólo los bosques densos (ya que los perturbados llegan a alcanzar niveles de deterioro muy altos) encontramos una pérdida de 2 450 ha, es decir, 5% menos en el 2000 respecto a 1971. Esta cifra representa una tasa de deforestación anual de 0.2%, muy por debajo del 0.5% nacional (Carabias, 1990; Jardel, 1990) y del 0.66% reportado por la SEMARNAP (1997) para el conjunto de la región dentro de la que está inmersa nuestra zona. Pero cabría hacer notar que esas pérdidas se encuentran muy concentradas en determinados espacios.

Resulta también de gran interés el incremento de superficie de bosques abiertos y fragmentados, especialmente los de oyamel, así como de la vegetación arbustiva. Estas tres categorías se consideran como una perturbación del bosque y no como una pérdida, ya que, al no haber un cambio total del uso (de forestal a agropecuario) y al permanecer especies propias de bosques, existe la posibilidad de su recuperación a mediano plazo. Estas clases perturbadas incrementaron sus superficies hasta alcanzar un total de 10 200 ha en el 2000, respecto a las 10 000 de 1994 y las 7 700 de 1971. Es decir, los espacios forestales perturbados pasaron de cubrir 5.7% de la zona en estudio a ocupar el 7.6% (Cuadro 1).

Otros cambios sustanciales los han protagonizado la agricultura de regadío, que aumentó 55% entre 1971 y 1994, y las plantaciones frutícolas, que de 30 ha registradas en 1971 llegaron a 1 680 en ese mismo período. También cabe hacer notar que los núcleos urbanizados duplicaron su extensión de una fecha a otra, aunque la casi totalidad de este aumento se debe al crecimiento de la ciudad de Zitácuaro. En estas cubiertas no forestales no se han registrado cambios

considerables, a la escala de trabajo, después de 1994.

Estas modificaciones no han sido homogéneas en toda la zona, ni han llegado a cierta situación a partir de un mismo origen. En el Cuadro 2 se muestran las superficies por clase de cubierta en 1971 (sentido vertical) convertidas a clases distintas en 1994 (sentido horizontal). Asimismo, en el Cuadro 3 se presenta la matriz de transición de 1994 a 2000. Dada la mayor amplitud del primer período, las transformaciones entre esas fechas son mayores y más diversificadas.

Con los 74 tipos de transformaciones registrados en el Cuadro 2 se definió una leyenda de 11 clases, reunidas en tres grupos. Los dos primeros son relativos a los bosques, se ha intentado hacer un balance entre los procesos

de perturbación y pérdida de superficies forestales y las correspondientes transformaciones de recuperación. El tercer grupo corresponde al resto de los cambios, donde también se incluye a los matorrales, siguiendo la misma lógica aplicada para los bosques pero de forma resumida (Cuadro 4 y Figura 4).

Perturbación y pérdida de bosques

Tanto Michoacán como el Estado de México tienen gran tradición forestal. Ocupan los primeros lugares del país tanto en la explotación maderera como en la producción de resina. Estas actividades, combinadas con malos manejos, han repercutido en la degradación y pérdida de considerables extensiones forestales. No obstante, lo que ha causado mayores problemas de deforestación ha sido el avance de actividades agropecuarias.

Cuadro 1. Superficie ocupada por cubierta del suelo en 1971, 1994 y 2000

Uso del suelo y Cobertura vegetal	Superficie en 1971		Superficie en 1994		Superficie en 2000		Cambios	
	ha	%	ha	%	ha	%	1971-1994	1994-2000
							ha	ha
VEGETACIÓN NATURAL								
Bosque de oyamel	17508	12.9	16701	12.3	16495	12.2	-807	-206
abierto	309	0.2	570	0.4	525	0.4	261	-45
fragmentado	41	0.0	75	0.1	82	0.1	34	7
Bosque mixto	31962	23.6	30593	22.6	30526	22.5	-1369	-67
abierto	2273	1.7	2502	1.8	2502	1.8	228	0
fragmentado	2943	2.2	3746	2.8	3746	2.8	803	0
Bosque de cedro	1227	0.9	1228	0.9	1228	0.9	0	0
Bosque de encino	13	0.0	120	0.1	120	0.1	108	0
Vegetación arbustiva	2152	1.6	3112	2.3	3377	2.5	960	265
Matorral subtropical	166	0.1	159	0.1	159	0.1	-7	0
fragmentado	2220	1.6	2268	1.7	2268	1.7	48	0
Pastizal inducido	10965	8.1	5976	4.4	6022	4.4	-4989	46
CULTIVOS								
Agricultura de temporal	56550	41.8	55809	41.2	55809	41.2	-741	0
Agricultura de regadío	5858	4.3	9126	6.7	9126	6.7	3269	0
Plantaciones frutícolas	30	0.0	1684	1.2	1684	1.2	1654	0
OTRAS CUBIERTAS								
Núcleos urbanizados	529	0.4	1073	0.8	1073	0.8	545	0
Cuerpos de agua	464	0.3	547	0.4	521	0.4	83	-26
Sin cubierta aparente	226	0.2	148	0.1	174	0.1	-79	26
Área total	135436	100.0	135436	100.0	135436	100.0	0	0

Cuadro 2. Matriz de transición en las cubiertas del suelo de 1971 a 1994 (en hectáreas)

1994 1971	O	M	C	E	Oa	Ma	Of	Mf	V	S	Sf	I	T	R	F	U	A	N
O					425	103		5	585			45	238					
M					71	955		715	903			114	742	18	43			
C												24	17					
E																		
Oa	244								7			5	7					
Ma	28	406						26	116			50	409	65				
Of																		
Mf		293										36	105					
V	321	356			10	47		8				110	156	50	22			
S				18							5	2	3					
Sf				93						17					27			
I	73	553			14	106	34	85	222		177			32		43	5	
T	24	476	42		9	79		362	216	5	3			3767	1240	127	6	
R															332	354		
F																		
U																		
A																		29
N																	102	

O Bosque de oyamel denso

M Bosque mixto denso

C Bosque de cedro denso

E Bosque de encino denso

Oa Bosque de oyamel abierto

Ma Bosque mixto abierto

Of Bosque de oyamel fragmentado

Mf Bosque de mixto fragmentado

V Vegetación secundaria

S Matorral subtropical

Sf Matorral subtropical fragmentado

I Pastizal inducido

T Agricultura de temporal

R Agricultura de regadío

F Cultivos frutícolas

U Núcleos urbanizados

A Cuerpos de agua

N Sin cubierta aparente

Cuadro 3. Matriz de transición de las cubiertas del suelo de 1994 a 2000 (en hectáreas)

2000 1994	Oa	Ma	Of	Mf	V	I	T	R	F	A	N
O	5		7		148	46					
M					67						
C											
E											
Oa					50						
Ma											
U											
A											
N											26

O	Bosque de oyamel denso	V	Vegetación secundaria
M	Bosque mixto denso	I	Pastizal inducido
C	Bosque de cedro denso	T	Agricultura de temporal
E	Bosque de encino denso	R	Agricultura de regadío
Oa	Bosque de oyamel abierto	F	Cultivos frutícolas
Ma	Bosque mixto abierto	U	Núcleos urbanizados
Of	Bosque de oyamel fragmentado	A	Cuerpos de agua
Mf	Bosque de mixto fragmentado	N	Sin cubierta aparente

Cuadro 4. Clasificación de los cambios en las cubiertas del suelo

Clases	1971-1994 ha	1994-2000 ha
PERTURBACIÓN Y PÉRDIDA DE BOSQUES		
1 Perturbación de bosques	3910	277
2 Expansión de terrenos agropecuarios sobre bosques densos	1241	46
3 Expansión de terrenos agropecuarios sobre bosques perturbados	1015	
RECUPERACIÓN DE BOSQUES		
4 Recuperación de bosques perturbados	1824	
5 En recuperación por abandono de espacios agropecuarios	2302	
OTROS CAMBIOS		
6 Perturbación del matorral subtropical	10	
7 Recuperación del matorral subtropical	203	
8 Incremento de plantaciones de árboles frutales	1571	
9 Incremento de superficies con agricultura de regadío	3826	
10 Crecimiento urbano sobre terrenos agropecuarios	524	
11 Cambios en superficie de los cuerpos de agua	142	26

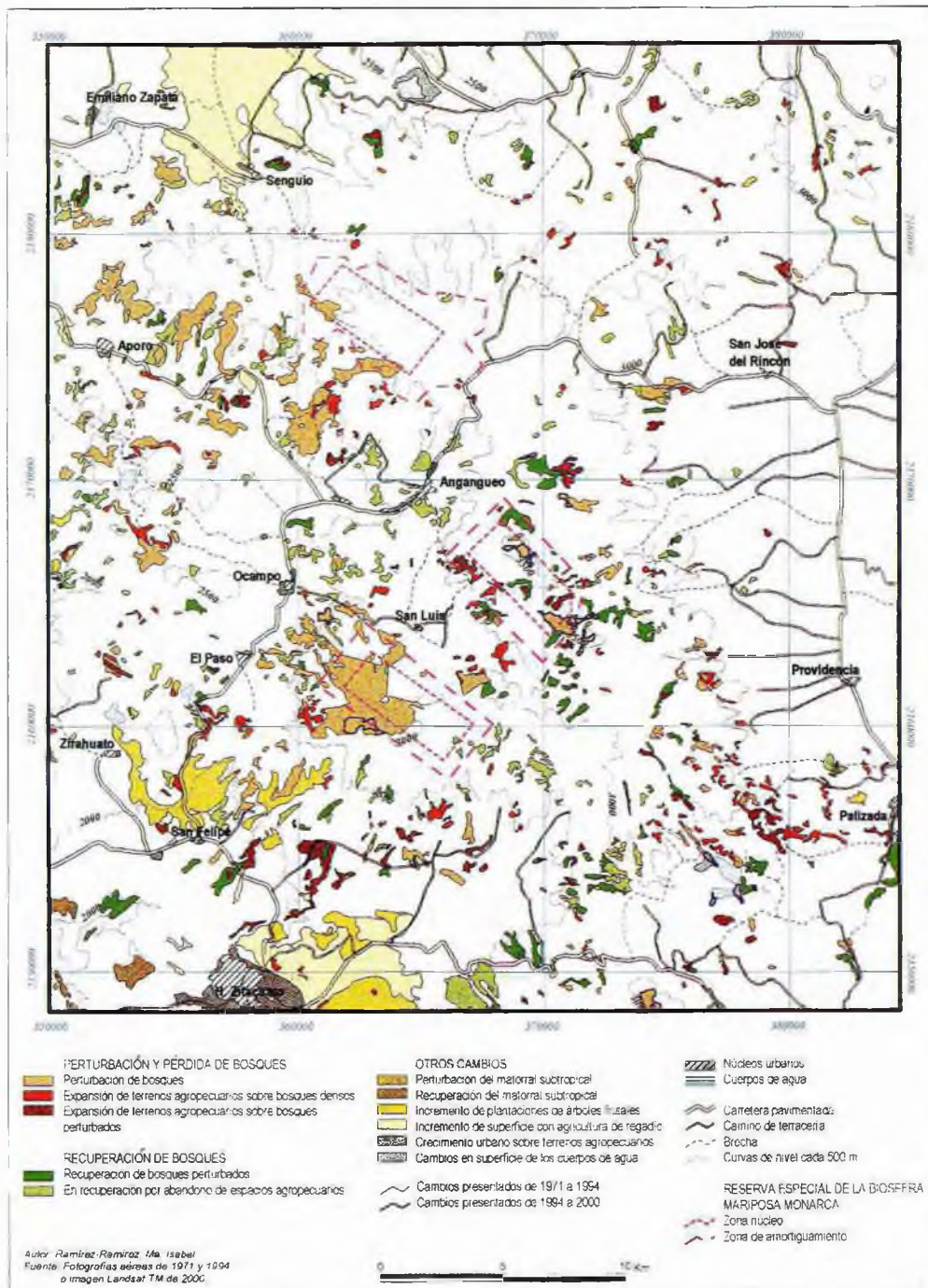


Figura 4. Cambios en las cubiertas del suelo, 1971-1994-2000, Sierra de Angangueo, Michoacán-Estado de México.

En el área en estudio, los aprovechamientos silvícolas, sobre todo cuando han sido mal manejados, han causado daños de diferente magnitud en los montes (Méndez, 1987). Esto se refleja en los cambios por perturbación de bosques (Clase 1), que se refiere a aquellas coberturas densas que se han transformado en bosques abiertos y fragmentados y en vegetación arbustiva, pero que no han modificado su uso (Cuadros 2 y 3). En la zona estudiada, dichos cambios ocurrieron en 3 910 ha de 1971 a 1994 y en 277 ha más de 1994 a 2000 (Cuadro 4). Los espacios más afectados por esta clase de cambios son los cerros Chivati y Huacal, incluyendo gran parte de la REBMM, y la vertiente SE de la Sierra Chincua, también afectando una porción de la reserva (Figura 4).

Por su parte, en el período analizado, se han perdido 2 302 ha de espacios forestales debido a la expansión de terrenos agropecuarios, 56% sobre bosques densos (Clase 2) y 44% sobre bosques anteriormente perturbados (Clase 3). En función de la conservación de la cubierta boscosa, estos dos tipos de transformaciones son las más graves, ya que, al haber cambio de uso, cambian las características del suelo y la recuperación del arbolado se hace más difícil; y en el caso de que se presente, los nuevos sistemas son más frágiles ante nuevas perturbaciones naturales o antrópicas. Estos cambios se encuentran ampliamente distribuidos por toda la zona, siempre bordeando las grandes masas forestales. Debido a la escala de la cartografía de este documento, un elevado número de sitios menores de 5 ha, en los que se han detectado estos cambios, no se señalan en el mapa correspondiente (Figura 4).

Recuperación de bosques

Existen varios factores que han permitido la recuperación del arbolado de la zona, entre los que sobresalen la regeneración natural, los manejos forestales adecuados y los programas de reforestación bien llevados, todos ellos favorecidos por las condiciones climáticas y edáficas de la región, propias para el desarrollo forestal. Prácticamente en todos los

sitios donde se han hecho los levantamientos florísticos y en los trayectos entre éstos, se han encontrado evidencias de aprovechamiento, de diferentes edades y en distintas condiciones del bosque. Esto nos ha permitido comprobar que, en los casos donde se maneja adecuadamente el monte, pueden coexistir el aprovechamiento y la conservación de los espacios forestales.

Lo anterior ha provocado, por una parte, cambios por recuperación de bosques perturbados (Clase 4), que corresponden a unidades de bosques abiertos, fragmentados y con vegetación arbustiva, que han recobrado un arbolado denso. Y, por otro lado, espacios en proceso de recuperación por abandono de espacios agropecuarios (Clase 5), donde se localizan superficies arboladas más o menos perturbadas en sitios recientemente usados con fines agropecuarios. Aunque estas últimas podrían corresponder a espacios agrícolas en descanso, práctica muy extendida en la región. Estas clases deben interpretarse con cierto cuidado, ya que en campo se ha podido observar que corresponden a bosques con elementos arbóreos muy jóvenes o empobrecidos florísticamente.

En el período de 1971 a 1994, las modificaciones por recuperación de bosques perturbados ocuparon 1 824 ha, distribuidas por toda la zona en estudio, con cierta concentración en la parte alta de la Sierra El Campanario. Por su parte, los espacios en recuperación por abandono de espacios agropecuarios han sumado 2 302 ha, localizados en un elevado número de sitios dispersos, principalmente en la vertiente oeste de la sierra, sobresaliendo una importante repoblación ubicada en la parte sur-centro del área considerada (Cuadro 4 y Figura 4).

Otros cambios

De los cambios no forestales destacan el incremento de plantaciones de árboles frutales (Clase 8) en 1 571 ha y el incremento de superficies con agricultura de regadío (Clase 9) en 3 826 ha. Ambos se han desarrollado sobre espacios anteriormente cubiertos con

pastizales y con agricultura de temporal. En este sentido, las cifras oficiales reportan un importante número de hectáreas dotadas de infraestructura para su incorporación al riego en esta región. Los municipios más beneficiados han sido Zitácuaro, Senguio y Tlalpujahua en el estado de Michoacán y San Felipe del Progreso en el Estado de México (INEGI, 1995 y 1996; Figura 4).

CONCLUSIONES

Haciendo un balance general de las cubiertas del suelo en 1971, 1994 y 2000, se ha comprobado que ha habido pérdida y perturbación de superficies forestales. Las dos principales formaciones vegetales de la zona han sido afectadas: los bosques de oyamel perdieron 5.8% de su extensión entre la primera y la última fecha y los bosques mixtos 4.5%. Además, hubo un aumento de bosques abiertos y perturbados de ambas formaciones, así como de superficies con vegetación secundaria.

No obstante, la tasa anual de deforestación resultante ha sido de 0.2%, muy por debajo del 0.66% reportado para la región en su conjunto y del 0.5% calculado para el país. Dicha tasa sólo toma en cuenta las áreas totalmente deforestadas y no los bosques perturbados, aunque debido a la escasa extensión relativa de estos últimos tampoco aumentaría mucho más.

Esta situación se puede explicar por el hecho de que, así como ha habido áreas que han perdido sus bosques, ha habido otras que los están recuperando. En cuanto a esto último, resulta interesante constatar que, contrariamente a lo que cabría esperarse, los espacios legalmente protegidos han sido los más perjudicados, mientras que otros que se han aprovechado adecuadamente se encuentran conservados. Esto es, causan tanto daño a los recursos las restricciones y la desinformación que suele haber en las áreas protegidas como su explotación.

Por otra parte, la alta dispersión de sitios con cambios inversos de pérdida y regeneración forestal puede significar la función general de

esta área montañosa, que se basa en un sistema de aprovechamiento, abandono y regeneración de la cubierta vegetal natural.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico y al Instituto de Geografía, UNAM, por su apoyo para la realización de la tesis doctoral de la cual este trabajo forma parte. A los compañeros investigadores que han revisado y hecho sugerencias para el mejoramiento del trabajo. Y al Instituto de Geografía que proporcionó la imagen Landsat, corregida geométricamente, para la puesta al día de la cartografía.

REFERENCIAS

- Alonso Mejía, A. y A. Arellano Guillermo (1989), "Mariposa monarca. Su hábitat de hibernación en México", *Ciencias*, núm. 15, UNAM, México, pp. 6-11.
- Alonso Mejía, A., A. Arellano Guillermo and L. P. Brower (1992), "Influence of temperature, surface body moisture and height above ground on survival of monarch butterflies overwintering in Mexico", *Biotropica*, no. 24 (3), pp. 415-419.
- Brower, L. and W. Calvert (1985), "Foraging dynamics of bird predators on overwintering monarch butterflies in Mexico", *Evolution*, no. 39 (4), pp. 852-868.
- Calvert, W. and L. Brower (1986), "The location of monarch butterfly (*Danaus plexippus* L.) overwintering colonies in Mexico in relation to topography and climate", *Journal of the Lepidopterist Society*, no. 40 (3), pp. 164-187.
- Calvert, W., L. Hedrick and L. Brower (1979), "Mortality of the monarch butterfly (*Danaus plexippus* L.): Avian predation at five overwintering sites in Mexico", *Science*, no. 204, pp. 847-851.
- Calvert, W., S. Malcolm, J. Glendinning, L. Brower, M. Zalucki, T. Hook, J. Anderson and L. Snook (1989), "Conservation biology of monarch butterfly overwintering sites in Mexico", *Vida silvestre neotropical*, núm. 2, pp. 38-48.
- Calvert, W., W. Zuchowski and L. Brower (1983), "The effect of rain, snow and freezing

temperatures on overwintering monarch butterflies in Mexico", *Biotrópica*, núm. 15 (1), pp. 42-47.

Carabias, J. (1990), "En búsqueda de alternativas ecológicas para el uso de los recursos", en Rojas, R. (coord.), *En busca del equilibrio perdido. El uso de los recursos naturales en México*, Universidad de Guadalajara, México, pp. 47-62.

Chapela, G. y D. Barkin (1996), *Monarcas y campesinos*, Centro de Ecodesarrollo, México.

Conrad, J. M. and G. Salas (1993), "Economic strategies for coevolution: timber and butterflies in Mexico", *Land Economics*, no. 69 (4), pp. 404-415.

D'Luna-Fuentes, C. A. (1995), *Evaluación del paisaje para el ordenamiento territorial en el Área de Conservación "La Esperanza", Guanajuato*, tesis de Maestría, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.

De la Maza, R. G. (1995), "La monarca del vuelo", *Ciencias*, núm. 37, UNAM, México, pp. 4-18.

Duchauffour, Ph. (1987), *Manual de edafología*, Masson, Barcelona, España.

Espejo Serna, A., J. L. Brunhuber Menéndez, G. Segura Warnholtz y J. Ibarra Caballero (1992), "La vegetación de la zona de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.) en la Sierra Chincua", *Tulane studies in zoology and botany*, supplementary publication, no. 1, pp. 79-99.

Grainger, A. (1984), "Quantifying changes in forest cover in the humid tropics: overcoming current limitations", *Jour. of World Forest Resource Management*, vol. 1, Academic Publishers, Great Britain, pp. 3-63.

Hoth, J. (1995), "Mariposas monarca, mitos y otras realidades aladas", *Ciencias*, núm. 37, UNAM, México, pp. 19-28.

Ibarra Contreras, G. (1983), *Comunidades vegetales del cerro El Cacique, ubicado en el Eje Neovolcánico, Zitácuaro, Michoacán*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

INEGI (1984), *Carta de uso del suelo y vegetación Morelia E14-1*, escala 1:250 000, Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI (1991), *XI Censo General de Población y Vivienda*, Integración Territorial, estado de Michoacán, Aguascalientes, México.

INEGI (1995), *Anuario estadístico del estado de Michoacán*, INEGI-estado de Michoacán, Aguascalientes, México.

INEGI (1996), *Anuario estadístico del Estado de México*, INEGI-Estado de México, Aguascalientes, México.

International Model Forest Network (1997), *Annual Report 1996-1997*, IMFN.

Jardel P., E. (1990), "Conservación y uso sostenido de recursos forestales en ecosistemas de montaña", en Rojas, R. (coord.), *En busca del equilibrio perdido. El uso de los recursos naturales en México*, Universidad de Guadalajara, México, pp. 209-235.

Madrigal Sánchez, X. (1994), *Características generales de la región forestal oriental del estado de Michoacán, México*, UMSNH, Morelia, México.

Malcolm, S. B., (1993), "Conservation of monarch butterfly migration in North America: An endangered phenomenon", in Malcolm, S.B. and M. P. Zalucki (eds.), "Biology and conservation of the monarch butterfly", *Science Papers*, no. 38, Natural History Museum, Los Angeles County, USA, pp. 357-361.

Mather, A. S. (1986), *Land use*, Longman, New York, USA.

Méndez Morales, J. (1987), *Aplicación del método de desarrollo silvícola en la Unidad de Administración Forestal N° 1 "Ocampo-Zitácuaro" del estado de Michoacán*, tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agrobiología Presidente Juárez, UMSH, Uruapan, Michoacán, México.

Merino, L. (1995), *La Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca. Problemas y perspectivas*, vol. 1 (inédito), El Colegio de México, México.

Meyer, W. B. and B. L. Turner (1994), *Changes in land use and land cover: a global perspective*, Cambridge University.

Myers, N. (1980), *Conversion of tropical moist forest*, National Research Council, Washington, D. C., USA.

- Peña Delgado, E. (1992), *San Felipe los Alzati, Michoacán*, folleto divulgativo, INAH, México.
- Rzedowski, J. (1981), *Vegetación de México*, Limusa, México.
- Sabaté Martínez, A. (1986), "Fotointerpretación y tendencias recientes en Geografía humana", en García Ballesteros, A., *Teoría y práctica de la Geografía*, Ed. Alhambra, Madrid, pp. 123-141.
- SARH (1994), *Inventario forestal periódico del estado de Michoacán (versión inédita)*, SARH, Subsecretaría Forestal y de la Fauna Silvestre, México.
- SARH-UNAM (1993), *Carta forestal, Morelia E14-1*, escala 1:250 000, SARH, México.
- Secretaría de la Presidencia (1985a), *Municipios del Estado de México*, Secretaría de la Presidencia, México.
- Secretaría de la Presidencia (1985b), *Municipios del estado de Michoacán*, Secretaría de la Presidencia, México.
- SEMARNAP (1995), *Memoria de trabajo del taller para el programa regional de desarrollo sustentable: Zona de la Monarca, Michoacán-Estado de México*, (inédito), Michoacán, México.
- SEMARNAP (1997), *Estrategia integral para el desarrollo sustentable de la Región de la Mariposa Monarca. Una propuesta para discusión*, SEMARNAP, México.
- SEMARNAP-INE (1995a), *Memorias del Seminario-Taller de la Región de la Mariposa Monarca con organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas* (inédito), 24 y 25 de junio, Angangueo, Michoacán, México.
- SEMARNAP-INE (1995b), *Memorias del Taller de Análisis con dependencias gubernamentales*, (inédito), 14 de julio, Temascalcingo, México.
- Soto Núñez, J. C. and L. Vázquez García (1993), "Vegetation types of monarch butterfly overwintering habitat in Mexico", in Malcolm S. B. and M. P. Zalucki (eds.), *Biology and conservation of the monarch butterfly*, Col. Science Papers, no. 38, Natural History Museum, Los Angeles County, USA, pp. 287-293.
- UNESCO (1973), *Clasificación internacional y cartografía de la vegetación*, París, Francia.