



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

MODELAJE ESPACIAL DINAMICO PARA LA CONSERVACION: EL CASO DE LA MARIPOSA MONARCA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A:
ALEJANDRO LUIS COLLANTES CHAVEZ - COSTA

Director de Tesis: Dr. Luis Antonio Bojórquez Tapia



México, D.F.

Junio 1997.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

NOO 2181
THESIS COPY



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

Modelaje espacial dinámico para la conservación: el caso de
la mariposa monarca.

realizado por Alejandro Luis Collantes Chávez Costa

con número de cuenta 9054132-0 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

- Director de Tesis
Propietario Dr. Luis Antonio Bojórquez Tapia
- Propietario Dr. Zenón Cano Santana
- Propietario Dr. Alejandro Velázquez Montes
- Suplente Dr. Valentino Sorani Dal Bon
- Suplente Dr. Raúl Salas González

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

M. EN C. ALEJANDRO MARTINEZ MENA



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco al Dr. Luis Antonio Bojórquez Tapia y al Instituto de Ecología por el apoyo que brindaron para la realización de este trabajo.

A la Facultad de Ciencias y a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme formado en su seno.

A mis sinodales: Dr. Zenón Cano, Alejandro Velázquez, Valentino Sorani y Raúl Salas, así como mi revisor el Dr. José Luis Palacio por los comentarios aportados para mejorar este trabajo.

A todos los que Tuvieron algo que ver en la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN	1
ÁREA DE ESTUDIO	3
MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
RESULTADOS.....	15
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	29
LITERATURA CITADA	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Extensión de las unidades del ambiente de la Regionalización ecológica tomada del Plan Ecológico de Manejo Forestal de la REBMM.

Tabla 2. Extensión de las coberturas del suelo de 1970 y 1993 de la REBMM.

Tabla 3. Matriz de confusión.

Tabla 4. Coberturas (ha) de los distintos tipos de vegetación por paisaje terrestre para 1970, 1993 y los esperados para 2270 en la REBMM.

Tabla 5. Tabla lógica de decisión.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Figura 2. Esquema del método de integración del sistema de información geográfica.

Figura 3. Esquema del procedimiento general utilizado en el sistema de información geográfica para la corrección de mapas y la sobreposición opaca para el análisis de las capas digitales.

Figura 4. Esquema general de clasificación de imágenes de satélite.

Figura 5. Esquema del cambio de vegetación en la REBMM según criterios de no regeneración y de no cambio de tipo de bosque.

Figura 6. Esquema que ejemplifica el procedimiento para la determinación de las áreas sobrestimadas de uso del suelo.

Figura 7. Regionalización ecológica de a) Cerro Altamirano, b) Sierra de Angangueo y c) Sierra del Xoconusco.

Figura 8. Vegetación y uso del suelo de 1970 para a) Cerro Altamirano, b) Sierra de Angangueo y c) Sierra del Xoconusco.

Figura 9. Vegetación y uso del suelo de 1993 para a) Cerro Altamirano, b) Sierra de Angangueo y c) Sierra del Xoconusco.

Figura 10. Bigráfico de grupos de unidades ambientales.

Figura 11. Dendrograma de grupos de unidades ambientales.

Figura 12. Grupos de paisajes terrestres obtenidos del análisis multivariado para a) Cerro Altamirano, b) Sierra de Angangueo y c) Sierra del Xoconusco.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Lista de vegetación.

Anexo 2. Tabla de tasas de cambio.

Anexo 3. Mapas de grados de presión estimados.

Resumen

Actualmente existen contradicciones en el conocimiento que busca delinear el manejo de los bosques de la Reserva Especial de la Biosfera de la Mariposa Monarca. Ante este problema es necesario el uso de herramientas basadas en observaciones y evaluaciones no especulativas que busquen conciliar los intereses de la conservación y el desarrollo. En el presente trabajo se planteó un instrumento de manejo para los bosques de oyamel de la REBMM. Con base en observaciones del hábitat actual de la monarca a escala del paisaje y en evaluaciones del riesgo ecológico realizadas con modelaje espacial, se diseñó una tabla lógica de decisión que tuvo como finalidad identificar las áreas vulnerables al cambio durante el proceso de selección de proyectos de aprovechamiento forestal solicitado a través de manifestaciones de impacto ambiental.

En la evaluación del riesgo ecológico se reconocieron como áreas de alto riesgo para el oyamel a los paisajes terrestres clasificados como barrancos, rampas y pie de monte de la zona ecológica Sierra de Anganguero y Sierra del Xoconusco. En esos lugares la tala debe ser controlada por tratarse de áreas vulnerables al cambio. Además se consideraron a los paisajes terrestres clasificados como montañosos como áreas aptas para la conservación por poseer grandes extensiones boscosas y estar en zonas de pendiente moderada.

Finalmente por medio del análisis de riesgo se concluyó importante planear el uso de los bosques de pino y pino-encino para no colapsarlos y así no elevar los grados de presión del oyamel.

Introducción

A partir del descubrimiento de las zonas de hibernación de la mariposa monarca en 1975 (Urquhart 1976) autoridades, biólogos, ecólogos y conservacionistas han promovido la conservación de estas áreas. Uno de los mas grandes logros fue alcanzado el 9 de octubre de 1986, cuando el gobierno mexicano declaró la zona de hibernación de la monarca como Reserva Especial de la Biosfera de la Mariposa Monarca (REBMM) (Diario Oficial, 1986). La reserva tiene como finalidad promover el estudio y la protección de las condiciones del hábitat donde la mariposa monarca pasa la etapa de hibernación de su ciclo de vida (Ogario 1993). Se ubica en los estados de México y Michoacán, en los municipios de Ocampo, Angangueo, Zitacuaro y Contepec (Michoacán), además de Donato Guerra, Villa de Allende y Temascalcingo (Edo. de México), en las áreas conocidas como Cerro Altamirano, Sierra de Angangueo y Sierra del Xoconusco. Cubre una superficie aproximada de 16,000 ha, de las cuales 4,500 ha son zonas núcleo y 11,500 ha zonas de amortiguamiento. Está rodeada por ocho asentamientos humanos con una población promedio total de 271,736 habitantes. Cerca del 93% de la zona pertenece a más de 50 ejidos y comunidades indígenas, cuyas economías dependen del turismo, la agricultura, la ganadería, la artesanía, y la extracción de madera.

Para el cuidado de la REBMM se han implantado planes de manejo que pretenden conservar el ecosistema (INE y CONABIO 1995). Además la ciencia ha contribuido también con este fin y ha generado información sobre los requerimientos ecológicos (Espejo *et al* 1992, Soto y Vázquez 1993, Calvert *et al* 1982, Masters *et al* 1988, Weiss *et al* 1991, Snook 1993) y energéticos de la monarca (Alonso-Mejía *et al* 1992, Hot 1995). Igualmente ha buscado describir y explicar las condiciones económicas y sociales de las poblaciones que circundan la REBMM con el afán de promover soluciones para mejorar el nivel de vida y encontrar actividades alternativas al uso de los bosques. Mientras tanto, las necesidades económicas de los pobladores de la zona promueven la tala ilegal y el cambio del uso del suelo (Hoth 1992 y 1993, Snook 1993, INE y CONABIO 1995). Bajo estas condiciones podemos reconocer dos grupos o sectores representados uno por los ejidatarios, aserraderos locales, campesinos y ganaderos (sector forestal), y el otro representado por organizaciones civiles, académicos y grupos ecologistas (sector conservación). En términos de la teoría de conflictos (Crowfoot y Wondolleck 1990), en el área existe una disputa entre el sector conservación que busca proteger el bosque y el sector forestal que busca explotarlo. La existencia de un recurso en disputa dificulta su protección, debido a la presencia de intereses sectoriales que además

utilizan los conocimientos científicos a su conveniencia (Ludwig *et al.* 1993). La falta de consenso en las hipótesis energéticas de la monarca propuestas por Alonso-Mejía *et al.* (1992) y Hoth (1995) demuestran este conflicto. En consecuencia la planeación debe hacerse con base en observaciones objetivas e inductivas que busquen identificar, ponderar y solucionar el problema. Los conocimientos científicos deben ser utilizados como herramientas en el manejo, más no como leyes que lo determinen (Shrader-Frechette 1993). Bajo esta filosofía, el presente trabajo tiene como objetivo la creación de una herramienta de planeación forestal de la REBMM que evalúe la viabilidad de los proyectos de aprovechamiento de oyamel en el área de la REBMM y áreas circunvecinas. Dicha herramienta consistió en una tabla lógica de decisión (McDaniel 1978) y en ella se evaluaron una serie de condiciones del paisaje con base en los resultados de una evaluación del crecimiento silvícola (Anónimo 1995) y a los resultados de una evaluación del riesgo ecológico.

El modelo de crecimiento silvícola tuvo la finalidad de evaluar y predecir la futura estructura del bosque, mientras que el objetivo del análisis de riesgo ecológico fue evaluar el cambio de uso del suelo a lo largo del tiempo según la metodología general propuesta por Pickup (1994). Para ello se realizó la caracterización de la zona de estudio a través de sistemas de información geográfica (SIG), bases de datos y modelaje espacial dinámico para evaluar y predecir la deforestación. Cabe resaltar que se considera modelo dinámico a toda expresión matemática de cambio de estado de una variable en término de ella misma. Como unidad de medición del riesgo se utilizó el grado de presión, el cual representa el porcentaje de cambio de la vegetación con respecto a su superficie inicial en un periodo. El punto de comparación del riesgo a lo largo del tiempo fue la regionalización ecológica (Anónimo 1993) debido a que esta solo se modifica en tiempos geológicos por lo que tienden a ser más estables (Bocco-Verdinelli y Ortiz 1994). Los resultados de este trabajo demostraron que las coberturas forestales ubicadas en la zona ecológica Cerro Altamirano están sujetas a grados de presión más bajos que los ejercidos sobre las zonas ecológicas Sierra de Anganguero y Sierra del Xoconusco. Igualmente, se identificaron como zonas de alto riesgo para el abeto a las unidades ambientales clasificadas como barrancos, pie de monte y rampas pie de monte con grados de presión muy altos y extremadamente altos. Además, se estimó que en 24 años se perderá el 18% de la cobertura de oyamel a una tasa en promedio moderada.

Por último se propone que las manifestaciones de impacto ambiental (MIA) destinadas al aprovechamiento del bosque presenten información de estructura de edades y sean calificadas con base en estos datos.

Área de estudio

Las zonas de hibernación de la Mariposa Monarca se encuentran en la provincia geológica del Eje Neovolcánico, en la parte central de la República Mexicana (Figura 1). Se dividen en tres zonas que corresponden a: Sierra de Angangueo, Michoacán (coordenadas extremas: 100°20'18"-19°45'23"NE y 100°10'46"-19°29'48"NE); Sierra de Xoconusco, (100°20'21"-19°27'21"NE y 100°08'08"-19°17'47"NE); y Cerro de Altamirano, frontera entre Michoacán y el Estado de México (100°10'05"-20°01'40"NE y 100°05'25"-19°56'46"NE). En la región prevalecen los climas templado subhúmedo, con lluvias en verano y templado semifrío, con verano fresco y largo. Los tipos de suelo predominantes son de origen volcánico (INEGI 1983a), como acrisoles, andosoles, luvisoles y litosoles. Geomorfológicamente, el área está compuesta por edificios volcánicos, derrames lávicos, valles aluviales, barrancos, mesetas y montañas de origen volcánico, llanuras aluviales, llanuras lacustres y lomeríos elevados (Nieto-Gallegos y García 1989). La vegetación está representada por bosques boreales (Rzedowski 1988), constituidos en diferentes asociaciones arbóreas de los géneros *Abies*, *Quercus* y *Pinus*, *Abies* y *Pinus*, matorrales de *Juniperus*, así como praderas de *Potentilla* (Soto y Vázquez 1993). También hay pastizales inducidos y naturales, matorrales subtropicales y zonas agrícolas (INEGI 1984). Los bosques de oyamel se ubican entre los 2,400 y 3,600 msnm, en cañadas, barrancos, laderas y zonas de pendiente protegidas de la acción de vientos fuertes y la insolación intensa (Rzedowski 1988). No se les encuentra en terrenos planos o de poca pendiente y crecen en substratos de origen volcánico, en suelos andesíticos y basálticos, profundos y bien drenados. Estos bosques alcanzan alturas de 20 a 50 m y generalmente son monoespecíficos. El sotobosque está poco desarrollado, y en presencia de perturbación natural o antropogénica crecen los estratos arbustivos y herbáceos (Rzedowski 1988, Espejo 1992, Soto y Vázquez 1993). Los bosques de pino y los bosques encino se ubican entre los 1,500 y 3,000 msnm y pueden estar asociados entre ellos. Crecen principalmente en zonas de pendientes y en suelos de origen volcánico, profundos y bien drenados. Alcanzan alturas de 8 a 25 m y de 2 a 30 m respectivamente. Presentan un sotobosque desarrollado, compuesto de plantas herbáceas, principalmente gramíneas, que sólo están presentes en épocas de lluvias (Rzedowski 1988, Espejo 1992, Soto y Vázquez 1993). Los bosques de oyamel y pino se localizan entre 2,800 y 3,000 msnm; No son frecuentes ya que su origen es secundario (Soto y Vázquez 1993).

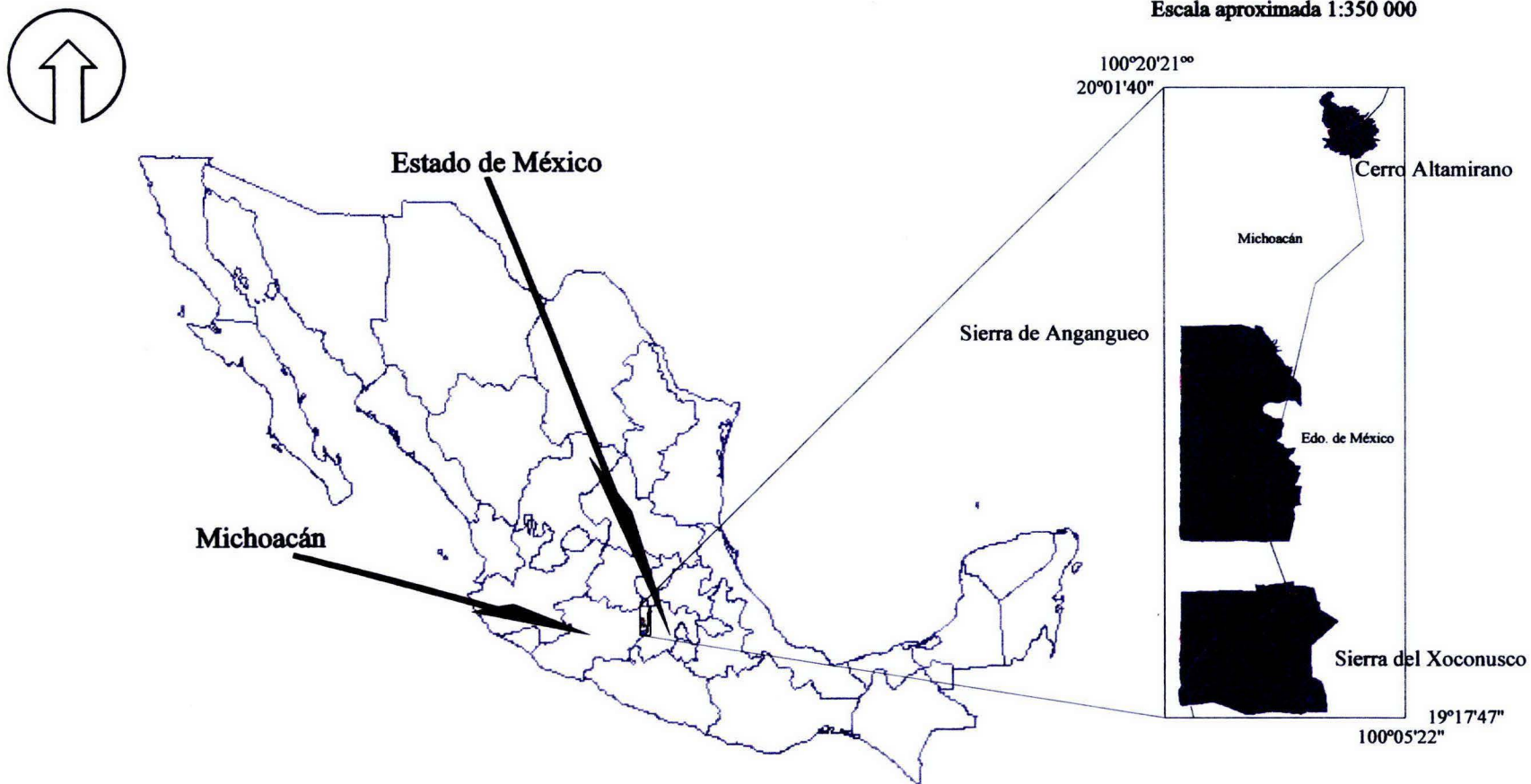


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Escala aproximada 1:20 000 000

- Límite de la Reserva Especial de la Biósfera de la Mariposa Monarca
- Límite estatal

Los matorrales de *Juniperus* se ubican a lo largo de los cursos de agua y en áreas de pendientes suaves (Soto y Vázquez 1993). Las praderas de *Potentilla* crecen en los claros de los bosques de coníferas y se distribuyen entre los 3,000 y 3,500 msnm. Estas praderas se asocian con gramíneas conocidas como "zacatales" del género *Trisetum* y *Muhlenbergia* (Espejo 1992, Soto y Vázquez 1993).

Los pastizales generalmente están en partes bajas de las sierras y también se encuentran en zonas de actividad agrícola que han sido abandonadas, así como en lugares perturbados (Rzedowski 1988).

Las actividades socioeconómicas más desarrolladas son la agricultura, la ganadería ovina y las actividades forestales artesanales como la resinación y la obtención de combustible; y las comerciales como la extracción de madera para la construcción y la ebanistería. Los géneros más utilizados son *Abies* y *Pinus*. La agricultura está destinada a la producción de maíz, frijol, avena, trigo, cebada, haba, frutales como aguacate y flores de ornato (INEGI 1984, Espejo 1992).

Materiales y Métodos

Con la finalidad de crear la base de datos cartográfica para el procesamiento y el análisis de los mapas digitales se integró un SIG compuesto por cuatro programas. La digitalización de la información cartográfica se hizo con una tableta Numónics 2200 en el programa AU2 ver. 3.2 (ICFA 1987). La edición se realizó con el programa Roots (Corson-Riker 1990) y para la rasterización se utilizó el sistema CI/SIG ver. 2.2 (Conservación Internacional 1992) (Figura 2). El manejo de estos programas fue en computadoras personales IBM 286, Gama 286 y Hewlett Packard Vectra 386 respectivamente. La interpretación de la imagen de satélite y el análisis digital de los mapas se realizó con el programa Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) ver. 4.1 (USACER 1993), que corrió en una estación de trabajo Sunsparc 10, con el sistema operativo Solaris 2.3. (Anónimo 1993).

El análisis de riesgo ecológico se hizo con base en la regionalización ecológica del área de estudio (Anónimo 1995) la cual fue elaborada por especialistas según las características geológicas y geomorfológicas conforme a SEDUE (s/f). Con dichos rasgos físicos a escalas cada vez mayores, se determinaron unidades del ambiente correspondientes a cuatro niveles jerárquicos: zona ecológica, sistema terrestre, paisaje terrestre y unidad natural. La información obtenida sirvió para la creación de un mapa temático escala 1:50,000. Debido a que el área mínima cartografiable de la imagen de satélite fue mayor que el tamaño de algunas unidades naturales (seis hectáreas), se utilizó el paisaje terrestre como nivel de análisis. Por medio del SIG y el álgebra de mapas se eliminó la información que no estuvo incluida en los límites de la regionalización ecológica debido a que el análisis se hizo con base en ésta (Figura 3).

Para la realización del análisis de riesgo fue necesaria la creación de los mapas de vegetación de 1970 y 1993. Dichos mapas fueron obtenidos por medio de fuentes bibliográficas, cartas temáticas, fotografías aéreas e imágenes de satélite. Las fuentes bibliográficas consultadas fueron: Gutiérrez (1985), Rzedowski (1988), Espejo (1992), Soto y Vázquez (1993) y Hoth (1994). Los tipos de vegetación reconocidos bibliográficamente fueron utilizados como referencia para la realización de la fotointerpretación y de la clasificación de la imagen de satélite. El mapa de vegetación y uso del suelo para 1970 (escala 1:50,000) se generó mediante la interpretación de fotografías aéreas de escala 1:25,000 (Anónimo 1995). Para la elaboración del mapa de cobertura vegetal de 1993, se utilizaron imágenes de satélite Landsat TM clasificadas mediante el proceso supervisado (Chuvieco 1990) (Figura 4). Debido a que el área de estudio

Digitalización

Programa AU2



Edición

Programas Roots



Rasterización

Programa CISIG



Análisis

Programa GRASS

Figura 2. Esquema del método de integración del sistema de información geográfica.

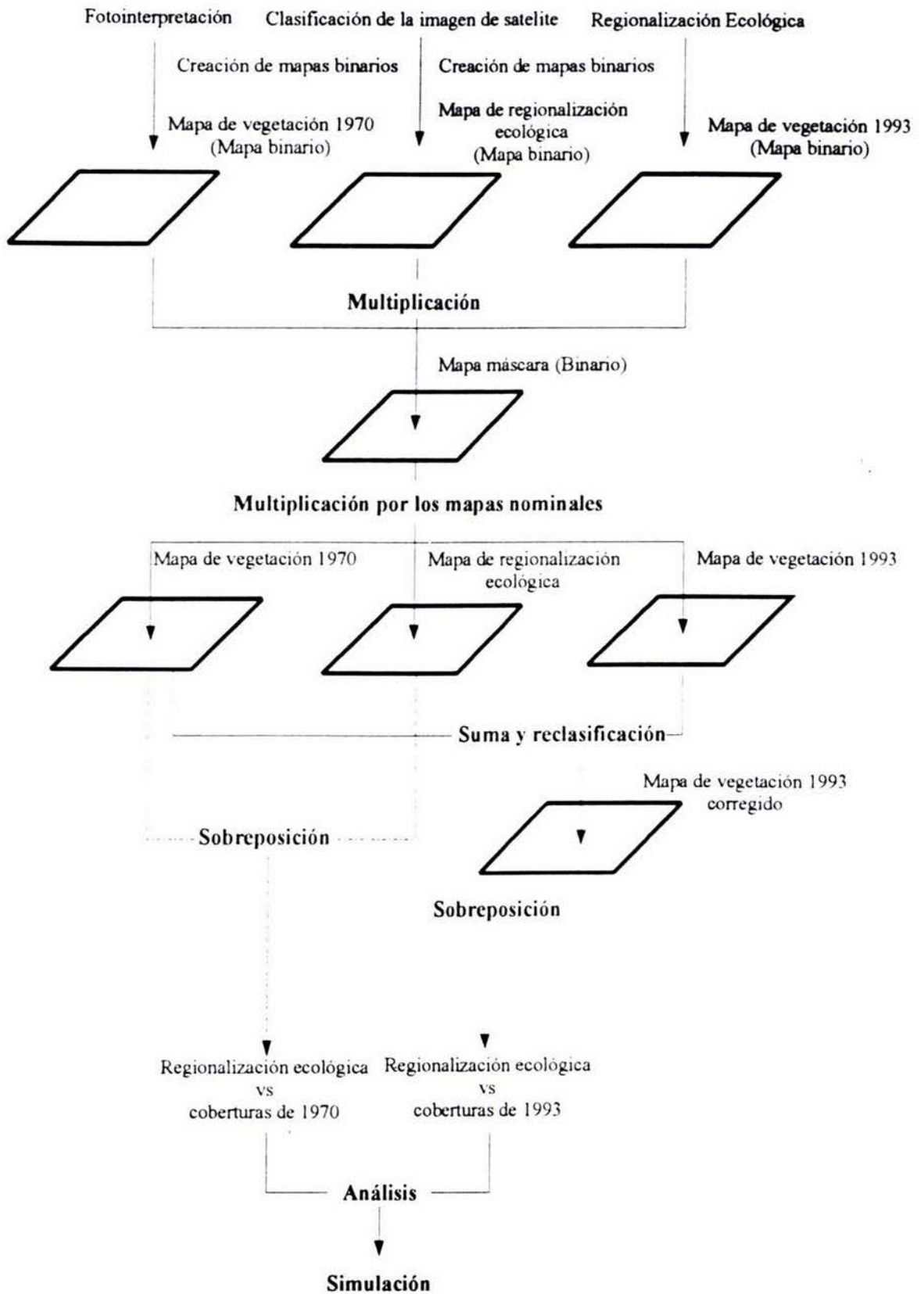


Figura 3. Esquema del procedimiento general utilizado en el sistema de información geográfica para la corrección de mapas y la sobreposición opaca en el análisis de las capas digitales.



Figura 4. Esquema del procedimiento general de clasificación de imágenes de satélite.

fue cubierta aproximadamente en un 90% por la imagen de mayo de 1993, se utilizó otra de junio de 1993 para cubrir el área restante. El mapa de vegetación de 1993 fue uniformizado con respecto al mapa de cobertura de 1970. Para ello se realizó una sobreposición opaca de mapas con base en los siguientes criterios (Figura 5):

1. Los bosques existentes en 1970 no cambiaron a otro tipo de cobertura forestal en 23 años.
2. Los cambios de cobertura forestal a uso no forestal, sólo ocurrieron de manera unidireccional hacia uso no forestal.
3. Las zonas deforestadas no pudieron cambiar en 23 años a un tipo de cobertura forestal.

Para calcular las áreas forestales sobrevaloradas por confusión en la interpretación de la imagen de satélite de 1993, se realizó una multiplicación por un escalar y una reclasificación (Figura 6). Mediante el SIG y con los criterios anteriormente mencionados se corrigieron los valores de las categorías sobrestimadas y se obtuvo el mapa de vegetación de 1993 (Figura 6). La información contenida en los mapas de vegetación de ambas fechas fue uniformizada en cinco grupos vegetales: (1) bosque de oyamel, (2) bosque de pino, (3) bosque de pino-encino, (4) bosque de encino y (5) uso no forestal.

Las superficies de cobertura vegetal por unidad ambiental (UA) fueron obtenidas con la sobreposición del mapa de regionalización ecológica con los mapas de vegetación. La comparación de las áreas vegetales de 1970 y 1993 permitió calcular las tasas de cambio de las coberturas vegetales mediante una modificación a la fórmula propuesta por Nascimento (1991):

$$k = \frac{\ln x_0 - \ln x_1}{\Delta t} \times 100$$

donde: k es la tasa de transformación (%/año), $\ln x_0$ es el logaritmo natural de la superficie (ha) de la categoría x en 1970, $\ln x_1$ es el logaritmo de la superficie (ha) de x en 1993 y Δt es el tiempo transcurrido entre las dos mediciones de cobertura del suelo (en este caso 23 años).

Las tasas de cambio fueron clasificadas en una escala arbitraria de la siguiente manera: baja (menor a 1%); moderada (de 1 a 2%); alta (de 3 a 6%); y muy alta (de 7 a 10%) y extremadamente alta (mayor de 10%).

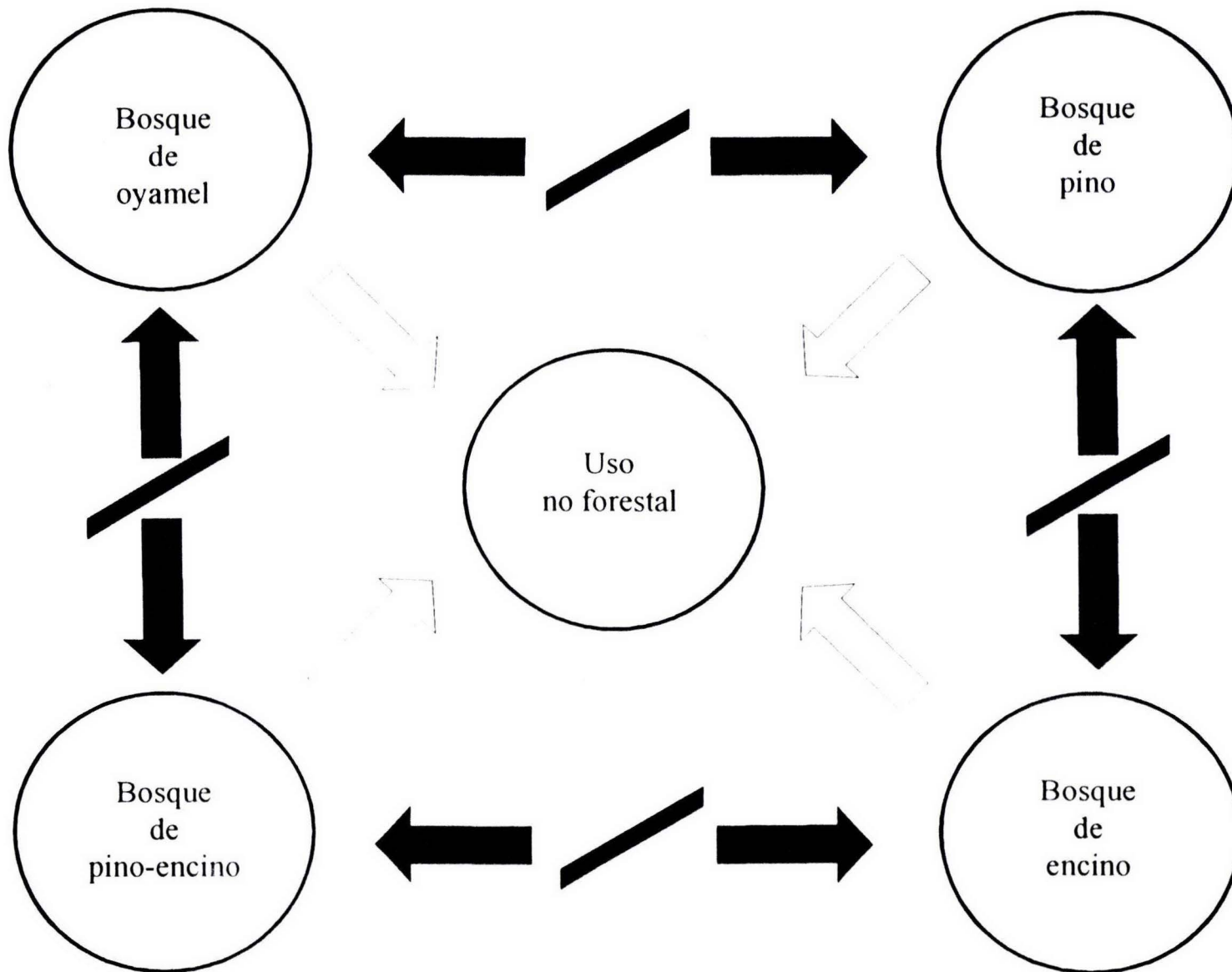


Figura 5. Esquema del cambio de vegetación en la REBMM según los criterios de no regeneración y de no cambio de tipo de bosque. Las flechas negras y tachadas indican los cambios de vegetación no permitidos y las flechas blancas las transiciones permitidas.

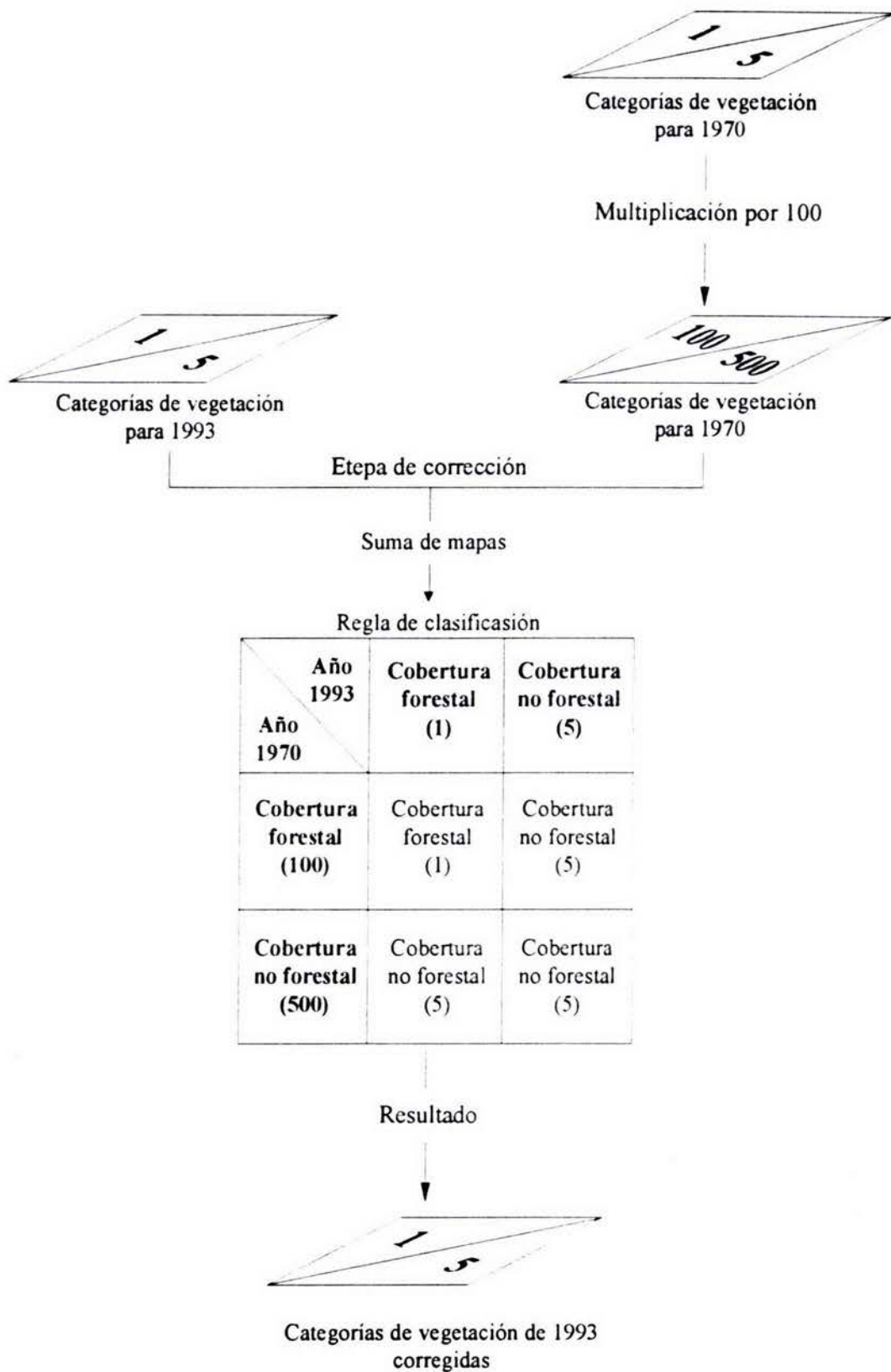


Figura 6. Esquema que ejemplifica el procedimiento para la determinación de las áreas sobreestimadas de uso del suelo. Las categorías de vegetación corresponden a 1 y 100 para 1993 y 1970 respectivamente. Las categorías de uso no forestal a 5 y 500 para 1993 y 1970 respectivamente. La matriz presentada en la etapa de corrección muestra los criterios y las categorías de reclasificación.

El modelaje espacial se realizó en intervalos de 50 años hasta el 2270 mediante la fórmula:

$$x_1 = x_0 e^{kt}$$

donde: x_1 es el área (ha) en el año simulado, x_0 es el área (ha) en el año inicial, e es el inverso del logaritmo neperiano, k es la tasa de cambio (ha/año) y t es el intervalo de simulación (años).

Las coberturas simuladas se utilizaron en la valoración del grado de presión con la siguiente fórmula (Berry 1987, Nascimento 1991):

$$AT_t = \frac{x_0 - x_1}{x_0} \times 100$$

donde: AT_t es el porcentaje de cambio, x_0 es el área (ha) de la cobertura x en 1970 y x_1 es el área (ha) de la cobertura en 1993.

Los grados de presión se clasificaron arbitrariamente en nulo (igual a 0%), muy bajo (mayor que 0 y menor 10%), bajo (entre 10 y 30%), moderado (entre 30 y 50%), alto (entre 50 y 70), muy alto (entre 70 y 80) y extremadamente alto (mayor de 80%). Cada unidad natural fue calificada con el grado de presión más alto de las coberturas vegetales. Los grados de presión obtenidos para cada paisaje terrestre se transfirieron al SIG y se elaboraron mapas ordinales para identificar los paisajes terrestres más vulnerables.

Los datos de extensión de paisajes terrestres y vegetación fueron organizados en grupos de características homogéneas con el fin de hacer más sencilla la consulta de la información contenida en cada unidad ambiental. Los grupos se crearon por medio del método politético divisivo (Pielou 1984) que organizó los datos de extensión, tipo de vegetación y superficie de cobertura. Para los análisis multivariados se utilizó el programa ORDEN versión 2.0 y los resultados fueron presentados en un bigráfico (Digby y Kempton 1987), por medio del programa Q-Pro.

Finalmente se creó el instrumento de planeación para el aprovechamiento de oyamel en la zona de estudio. Para esto se integró una herramienta de toma de decisiones durante la selección de proyectos forestales viables con base en sus manifestaciones de impacto ambiental (MIA). Constó de una tabla lógica de decisión de entradas limitadas (McDaniel 1978) donde se reconocieron los criterios y las condiciones a ser evaluadas en el proceso de calificación de la MIA así como las posibles acciones a tomar en caso de que se cumplieran o no estas condicionales.

Posteriormente, se calculó el número de combinaciones de respuestas afirmativas y negativas de estas las condiciones mediante la fórmula:

$$r = 2^n$$

Donde: r es el número de combinaciones y n es el la cantidad de condiciones.

Por último, se eliminaron de la tabla las combinaciones mutuamente excluyentes y se eligieron las acciones a tomar para cada una de las restantes.

Resultados

El análisis de riesgo se hizo en las tres Zonas Ecológicas reconocidas en la regionalización ecológica: (1) Cerro Altamirano (compuesta por tres Sistemas Terrestres); (2) Sierra de Angangueo (formada por dos Sistemas Terrestres); y (3) Sierra del Xoconusco (que consta de cuatro Sistemas Terrestres) (Tabla 1, figuras 7a, 7b y 7c).

En 1970 el bosque de oyamel y el bosque de pino-encino ocuparon el 23% y 42% del total del área de estudio respectivamente. El bosque de pino y el bosque encino abarcaron juntos el 5% de la extensión total. El uso no forestal cubrió el 30% restante (Tabla 2, figuras 8a, 8b, y 8c).

En 1993 el bosques de oyamel y el bosque de pino-encino, cubrieron el 21% y 37% de la cobertura total de la zona de estudio respectivamente; el bosque de pino y el de encino cubrieron juntos un total de 3%; el uso no forestal, que incluye el pastizal, agricultura y agricultura de riego, ocuparon 39% (Tabla 2, figuras 9a, 9b y 9c). Los resultados del análisis de áreas de confusión indicaron que se sobrestimó en un 10% al oyamel, en 11% al pino-encino y en más del 100% al pino y al encino (Tabla 3)

Los paisajes terrestres clasificados como montañosos resultaron tener aproximadamente el 84% de la superficie de oyamel presente en el área de estudio así como el 46% del resto de las coberturas forestales (Tabla 4).

El patrón de distribución de las coberturas forestales en los paisajes terrestres fue el mismo que para el año 1970. Sin embargo, se apreció una reducción de la superficie boscosa y un incrementode la cobertura no forestal equivalente al 9% con respecto a toda el área de estudio. En lo referente al oyamel, se apreció una disminución del 9% de su extensión con respecto a su superficie inicial. A partir de los primeros 50 años de simulación hasta 2270, se observó la desaparición de coberturas como el pino, el pino-encino y oyamel en los paisajes terrestres 4, 5, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 19, 20, 24, 25, y 27 (Tabla 4).

Las mayores tasas de cambio para el oyamel se encontraron en el sistema terrestre Rampas de piedemonte de la Sierra del Xoconusco (entre 2.6 y 5.9), así como en el paisaje terrestre Rampa de piedemonte coluvio-deluvial de la Sierra de Angangueo (Apéndice 3). También se observó que las coberturas forestales más sensibles, en orden de importancia, fueron el pino, el pino-encino y el oyamel.

Tabla 1. Extensión de las unidades del ambiente de la Regionalización ecológica tomada del Plan Ecológico de Manejo Forestal de la REBMM.

Zona Ecológica	Sistema Terrestre	PT Nombre del Paisaje Terrestre	Área		
Cerro Altamirano	Relieve volcánico acumulativo	3 Edificios volcánicos de laderas primarias	86		
		4 Coladas de derrames lávicos antiguos afallados	440		
		28 Derrames lávicos recientes	11		
	Complejo volcánico Altamirano	1 Volcán compuesto de laderas modeladas	2,106		
		2 Valles profundos largos con circos denudatorio-erosivos amplios en la cabecera y estrechos en la porción baja con sección en V	1,105		
	Rampas de piedemonte	5 Conos proluviales coalescentes, sepultando parcialmente a coladas lávicas	129		
	29 Cono proluvial	86			
Sierra de Anganguco	Complejo orográfico de relieve volcánico	8 Montañoso denudatorio de interfluvios cumbrales	3,682		
		9 Montañoso denudatorio de laderas	22,039		
		10 Montañoso erosivo-denudatorio en laderas de valles	9,193		
		12 Escarpa litológica-erosiva	300		
		13 Rampa de piedemonte coluvio-deluvial	2,134		
		11 Fluvial acumulativo	710		
	Rampa de piedemonte superior disecada	14 Volcánico acumulativo de flujos piroclásticos	240		
		15 Lomerios elevados coronados por derrames lávicos	35		
		Sierra del Xoconusco	Relieve volcánico acumulativo	16 Edificios volcánico con laderas primarias	3,397
				17 Edificios volcánico con laderas modeladas	790
18 Coladas de derrames lávicos	8,916				
Relieve volcánico modelado	19 Derrames lávicos con mantos volcanoclásticos.		1,353		
	20 Valles		2,205		
	21 Laderas interfluviales con aristas y cimas puntiagudas	1,577			
	22 Valles intermontanos	539			
Rampas de pie de monte	23 Valles de disección lineal	184			
	24 Piedemonte flagométrico y de sedimentos volcánicos	7,678			
	25 Barrancos y valles de corte erosivo lineal y lateral	1,140			
Planicies aluviales y lacustres	26 Llanuras aluviales	42			
	27 Llanuras lacustres	670			

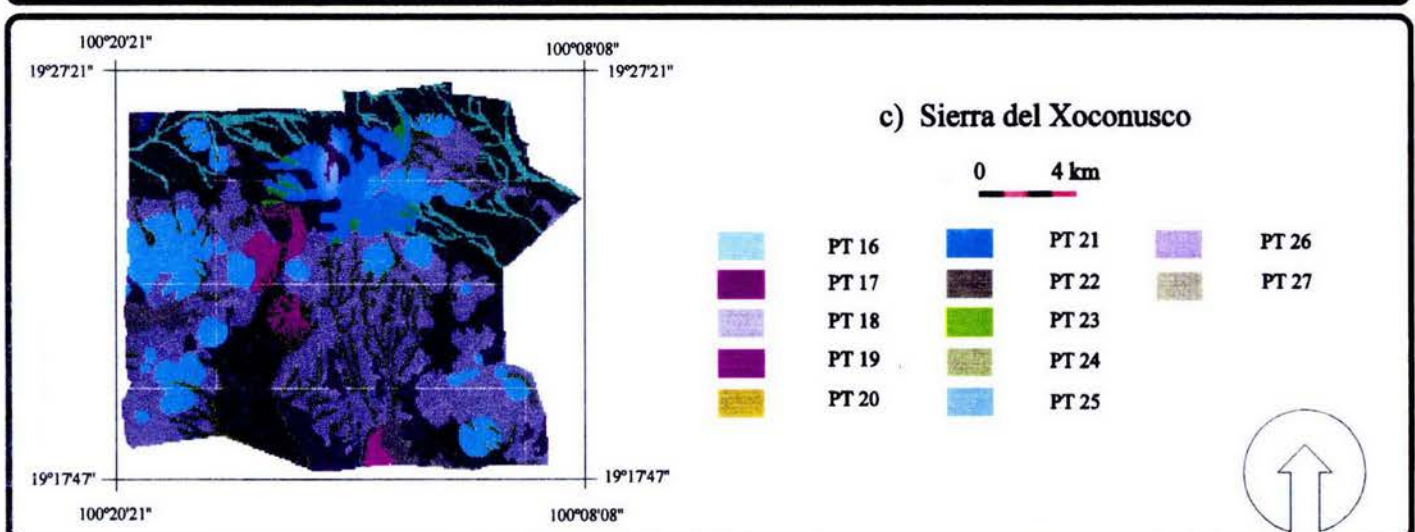
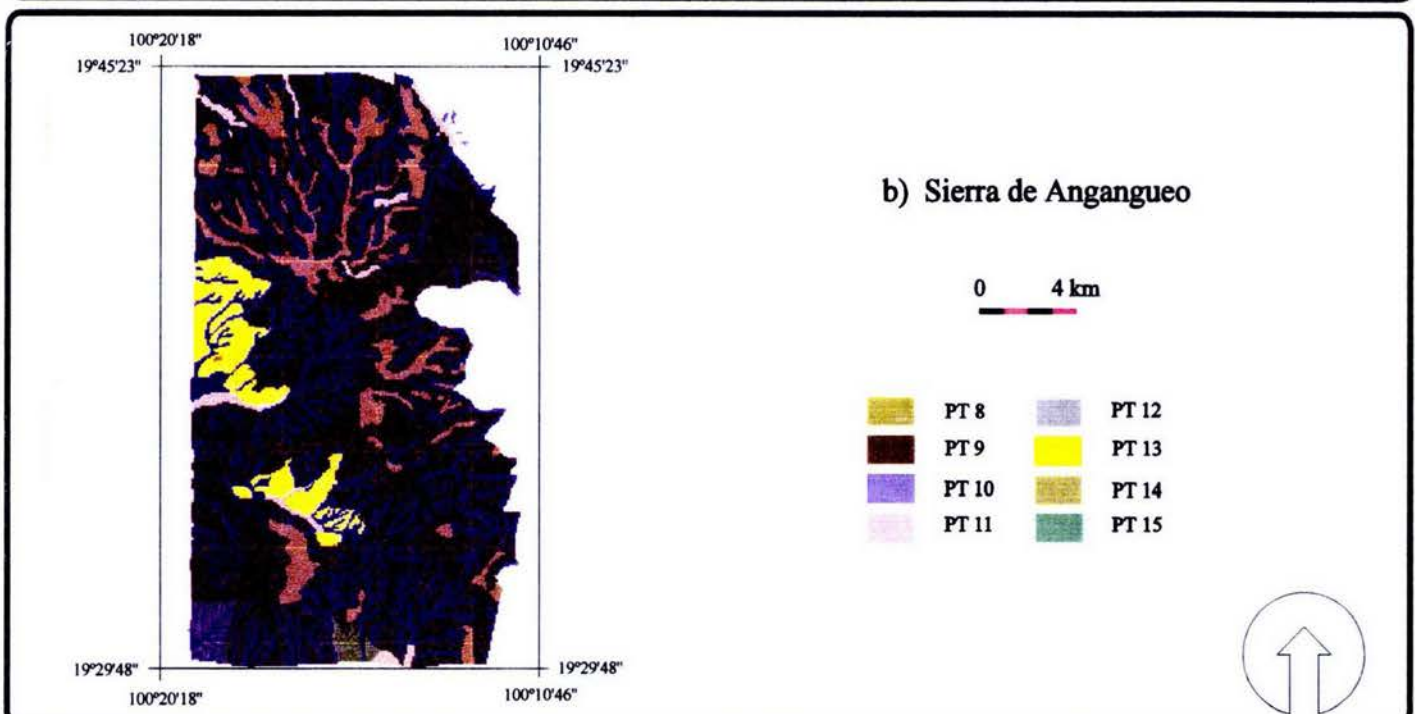
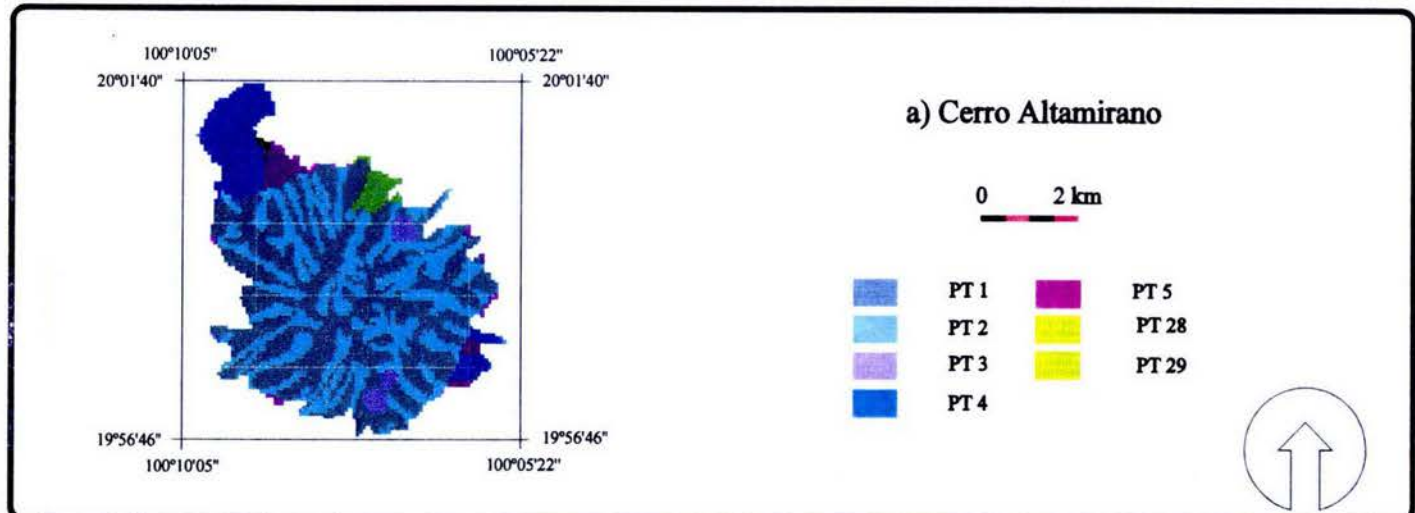


Figura 7. Regionalización ecológica de a) Cerro Altamirano, b) Sierra de Angangueo y c) Sierra del Xoconusco. Obtenida del Plan Ecológico de Manejo Forestal de la REBMM. Las claves de los paisajes terrestres se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Extensión de las coberturas del suelo de 1970 y 1993 de la REBMM.

Cobertura	Superficie (ha) en 1970	Superficie (ha) en 1993
Bosque de oyamel	16,579	15,075
Bosque de pino	2,655	1,750
Bosque de pino-encino	29,619	25,948
Bosque de encino	876	777
Uso no forestal	21,072	27,252
Total	70,802	70,802

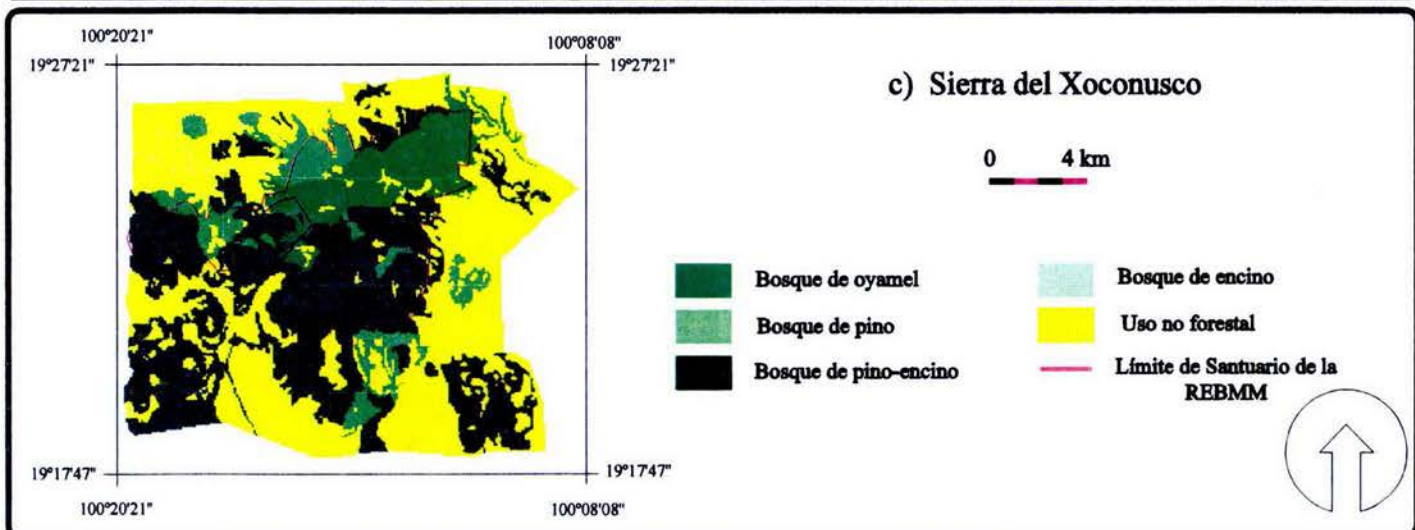
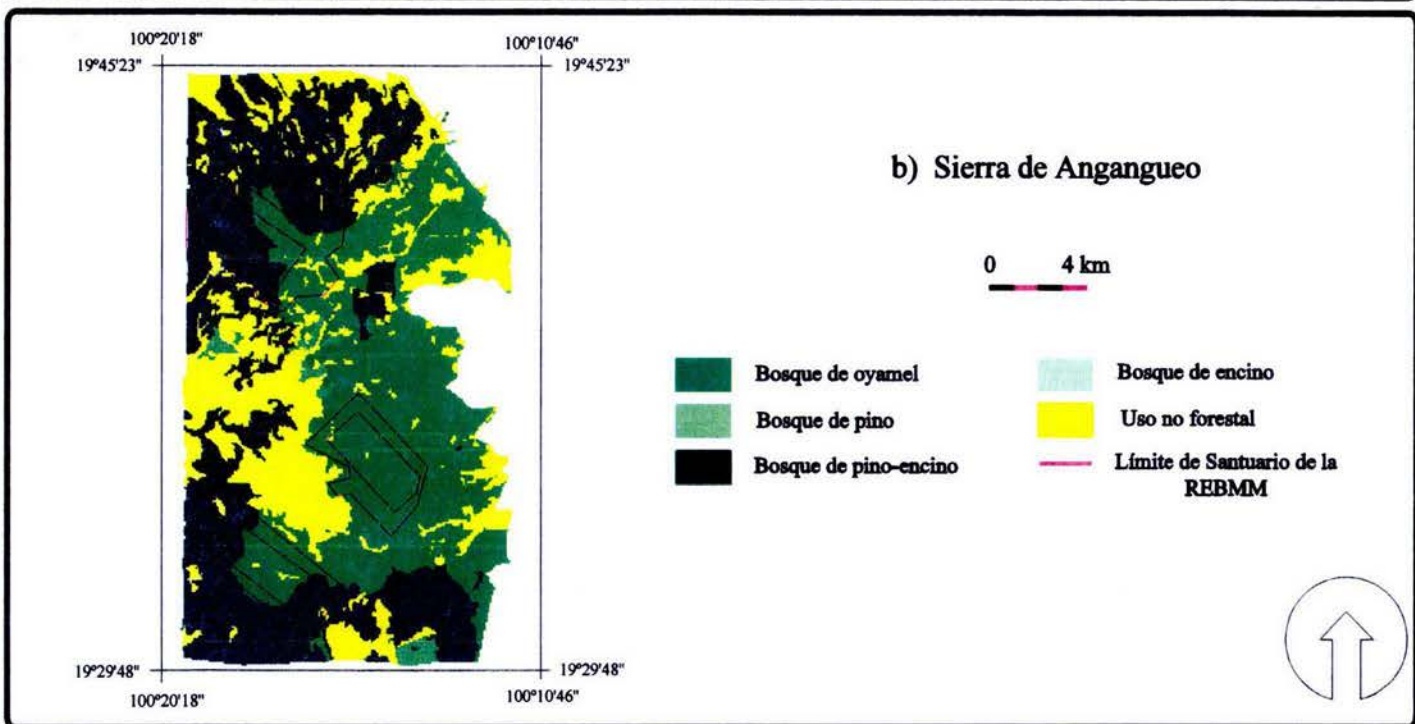
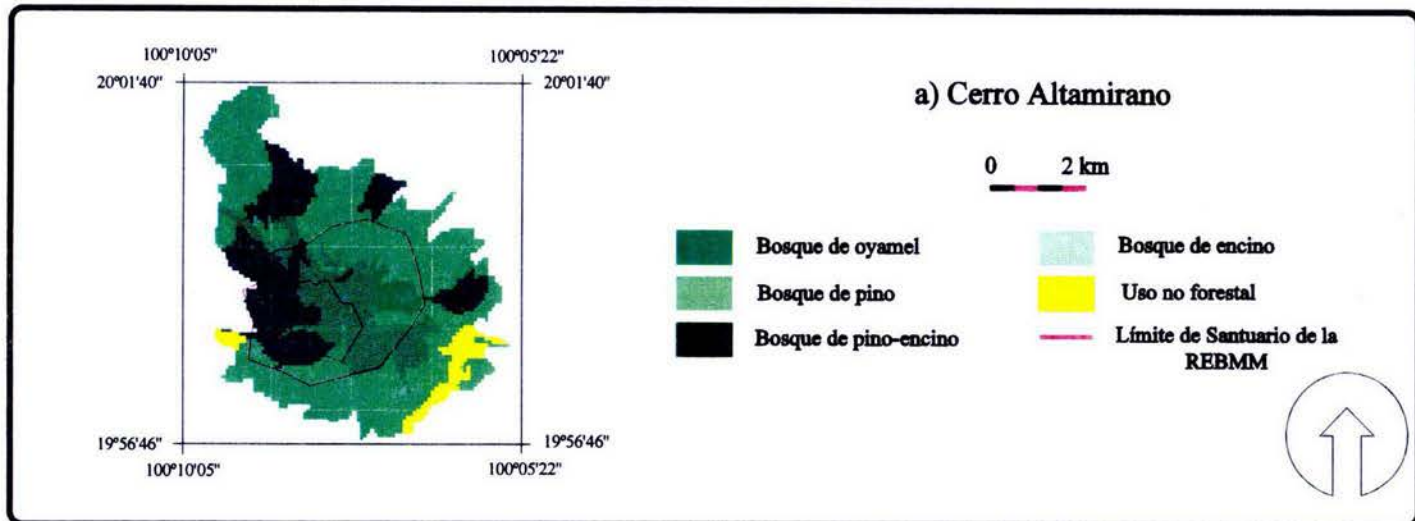


Figura 8. Vegetación y uso del suelo de 1970 para a) Cerro Altamirano, b) Sierra de Angangueo y c) Sierra del Xoconusco. Datos obtenidos de fotografía aérea de 1970 escala 1:20 000.

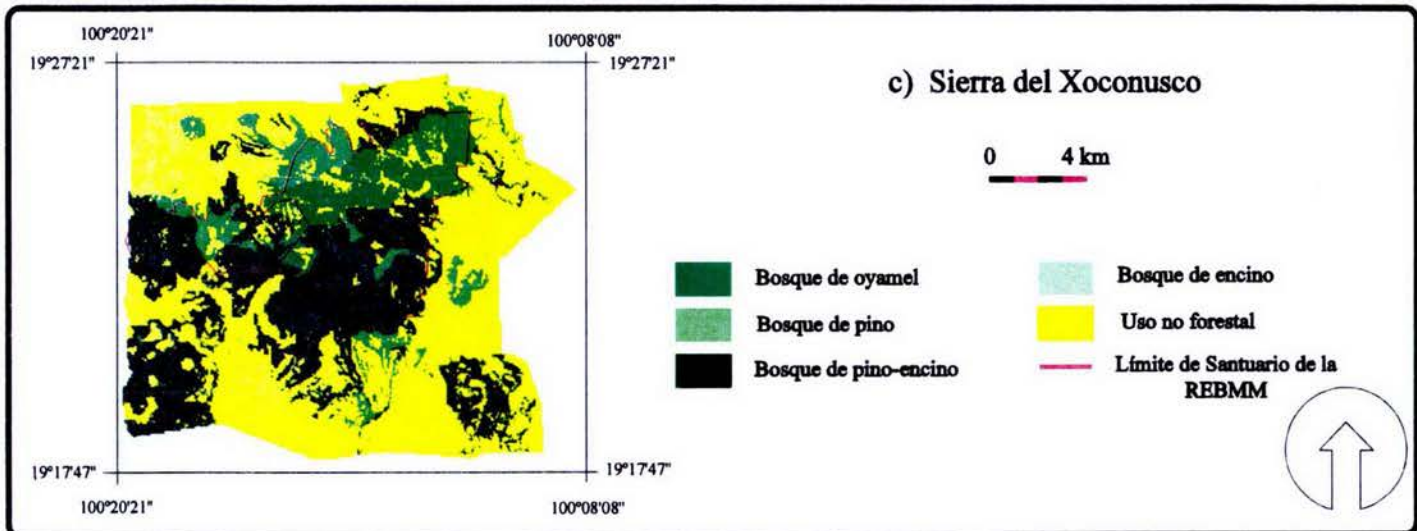
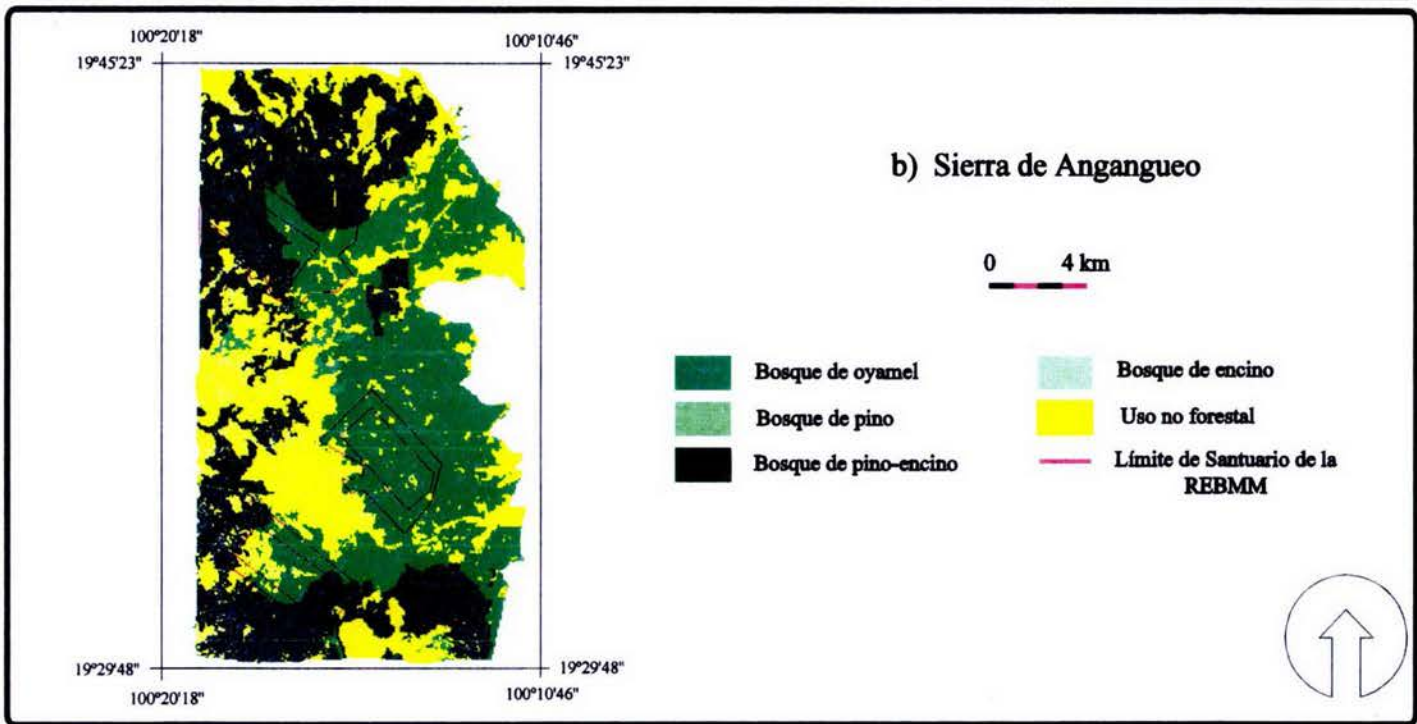
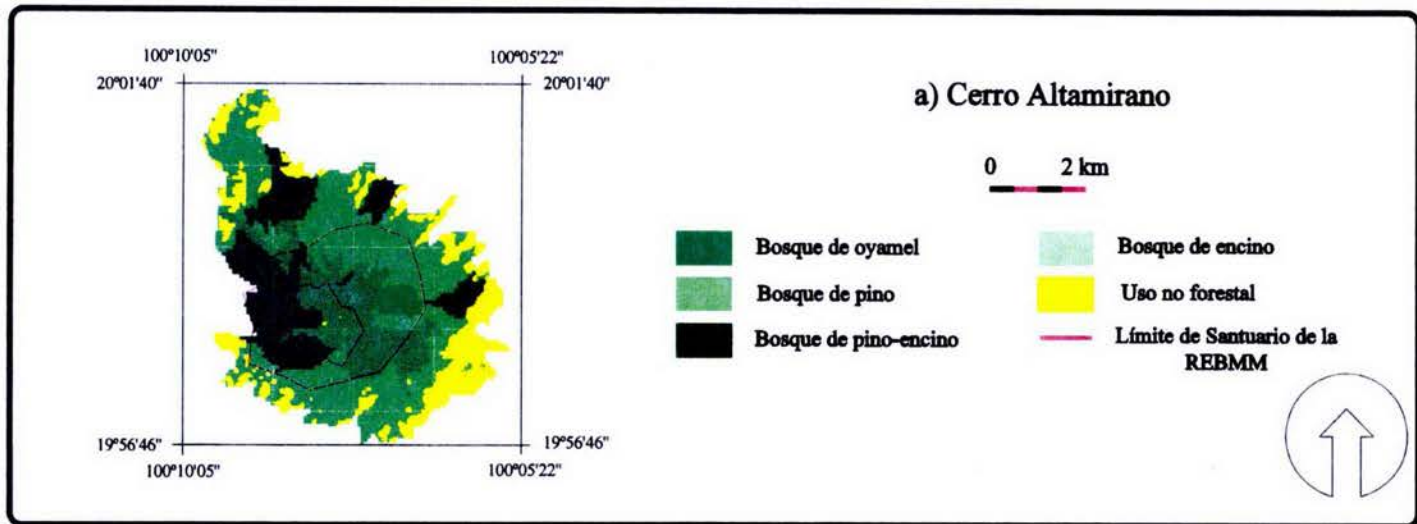


Figura 9. Vegetación y uso del suelo de 1993 para a) Cerro Altamirano, b) Sierra de Angangueo y c) Sierra del Xoconusco. Datos obtenidos de imagen de satélite Landsat TM 1993.

Tabla 3. Matriz de confusión. Se indica la extensión (ha) de los tipos de vegetación en 1970 (columna) que fueron interpretados como otro tipo de vegetación en 1993 (renglones).

Cobertura 1970	Cobertura 1993				
	Oyamel	Pino	Pino-encino	Encino	No forestal
Oyamel	---	2,211	2,377	1,090	-
Pino	95	---	379	601	-
Pino-encino	1,408	2,103	---	1,295	-
Encino	---	---	---	---	-
No forestal	22	34	219	34	-

Tabla 4. Coberturas (ha) de los distintos tipos de vegetación por paisaje terrestre para 1970, 1993 y los esperados para 2270 en la REBMM.

Paisaje terrestre	Oyamel			Pino			Pino-encino			Encino			No forestal		
	1970	1993	2270	1970	1993	2270	1970	1993	2270	1970	1993	2270	1970	1993	2270
1 Volcán compuesto de laderas modeladas	188	188	187	251	251	243	1,027	933	293	151	149	127	489	586	1,257
2 Valles profundos largos con circos denudatorio erosivos amplios en la cabecera y estrechos en la porción baja con sección en V	116	116	112	137	137	137	575	543	270	82	80	62	195	229	524
3 Edificios volcánicos de laderas primarias	0	0	0	1	1	1	54	51	25	0	0	0	31	34	60
4 Coladas de derrames lévicos antiguos afallados.	0	0	0	0	0	0	2	2	2	12	1	0	426	438	438
5 Conos proluviales coalescentes, sepultando parcialmente a coladas lévicas	0	0	0	0	0	0	82	49	0	0	0	0	47	79	128
8 Montañoso denudatorio de interfluvios cumbreles	1,636	1,531	690	257	138	0	1,315	1,220	494	5	3	0	470	792	2,498
9 Montañoso denudatorio de laderas	9,283	8,508	2,978	746	372	0	8,151	7,395	2,288	159	147	57	3,697	5,614	16,716
10 Montañoso erosivo-denudatorio en laderas de valles	2,783	2,620	1,267	226	160	3	4,177	3,922	1,836	97	93	54	1,910	2,398	6,034
11 Fluvial acumulativo	31	24	1	36	11	0	137	87	0	0	0	0	506	587	708
12 Escarpa litológica-erosiva	0	0	0	0	0	0	297	260	51	0	0	0	3	41	249
13 Rampa de piedemonte cobruido-deluvial	54	14	0	36	20	0	695	597	96	107	92	14	1,241	1,411	2,023
14 Volcánico acumulativo de flujos piroclásticos	0	0	0	2	1	0	26	22	4	0	0	0	212	217	236
15 Lomeríos elevados coronados por derrames lévicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35
16 Edificios volcánico con laderas primarias	449	423	209	175	135	6	2,533	2,314	777	10	8	0	229	518	2,406
17 Edificios volcánico con laderas modeladas	120	95	6	39	36	14	603	462	19	0	0	0	34	203	757
18 Coladas de derrames lévicos	562	463	44	421	297	4	5,829	4,798	460	237	196	20	1,867	3,163	8,387
19 Derrames lévicos con mantos volcanoclasticos	16	12	0	6	3	0	106	57	0	0	0	0	1,225	1,282	1,353
20 Valles	182	140	6	56	45	3	1,638	1,361	147	12	9	0	317	651	2,049
21 Laderas interfluviales con aristas y cimas puntiagudas encadenadas	636	574	166	75	60	4	814	752	289	0	0	0	52	191	1,118
22 Valles intermontanos	230	205	51	10	9	1	271	225	24	0	0	0	28	101	464
23 Valles de disección lineal	18	16	3	10	9	4	135	129	76	0	0	0	21	30	101
24 Piedemonte flagométrico y de sedimentos volcánicos	188	104	0	71	32	0	772	465	1	5	2	0	6,642	7,075	7,677
25 Barrancos y valles de corte erosivo lineal y lateral	86	44	0	99	35	0	247	205	21	0	0	0	714	864	1,126
26 Llanuras aluviales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	42	42
27 Llanuras lacustres	0	0	0	0	0	0	39	21	0	0	0	0	637	656	676
28 Derrames lévicos recientes	0	0	0	0	0	0	9	9	9	0	0	0	2	2	2
29 Cono proluvial	0	0	0	0	0	0	86	72	8	0	0	0	0	14	78
TOTAL	16,579	15,075	5,719	2,655	1,750	420	29,619	25,948	7,189	876	777	334	21,072	27,252	57,144

Las tasas de cambio y los grados de presión para estos tipos vegetales fueron mayores en las zonas ecológicas Sierra del Xoconusco y Sierra de Angangueo. Los grados de presión del oyamel en el Cerro Altamirano, en los primeros 50 años de simulación, fueron muy bajos (0-10%). En las dos zonas restantes, en el mismo intervalo de tiempo, el bosque de *Abies* estuvo expuesto a grados de presión que fueron de bajos a altos (10-80%) (Apéndice 5).

En el análisis de clasificación numérica realizado para la caracterización de los paisajes terrestres se obtuvo que la proporción de la varianza explicada por el primer eje fue del 90.8 %, y se relacionó con un gradiente del área de los Paisajes Terrestres (PT). Así, se reconocieron cinco grupos de paisajes terrestres (Figuras 10, 11, 12a, 12b y 12c):

Grupo 1: Formado por los PT 3, 5, 12, 15, 23, 26, 28 y 29; se caracterizó por contener PT de poca extensión (entre 11 y 300 ha) y carecer de cobertura de oyamel, pino y encino. La cobertura de pino-encino estuvo sometida a un grado de presión moderado para los primeros 50 años de simulación. Los grados de presión de este grupo fueron de nulos a moderados (0-50%).

Grupo 2: Estuvo conformado por los PT 14, 22, 4 y 27, cuyas extensiones se ubicaron entre las 239 y 676 ha. Se caracterizaron por la ausencia de oyamel, pino, pino-encino, con excepción del PT 22 y presentaron grados de presión bajos a altos (10-70%).

Grupo 3: está compuesto por los PT 2, 11, 17, 21, 25 y 19 los cuales se caracterizaron por ser de tamaño medio (entre 709 y 1,577 ha) y por presentar amplias zonas de uso no forestal y coberturas heterogéneas. Igualmente, el PT 11 careció de pino-encino y el PT 19 no hay bosque. Los grados de presión para este grupo fueron de bajos a altos (10-70%).

Grupo 4: Formado por los PT 1, 13 y 20 cuyos tamaño variaron entre 2,106 y 2,205 ha. Carecieron de coberturas oyamel y pino (excepto el PT 1) y encino para el PT 20. Los grados de presión sobre las coberturas forestales fueron de bajos a muy altos (10-80%).

Grupo 5: el sufrió divisiones por considerarse un grupo atípico. Esto se debió a que estuvo formado por unidades del paisaje muy heterogéneas y de gran tamaño (seis paisajes terrestres entre 3,397 y 22,039 ha). Se encontró constituido por los PT 8, 9, 10, 16, 18 y 24, y presentaron grados de presión que fueron de muy bajos a altos (10-70%).

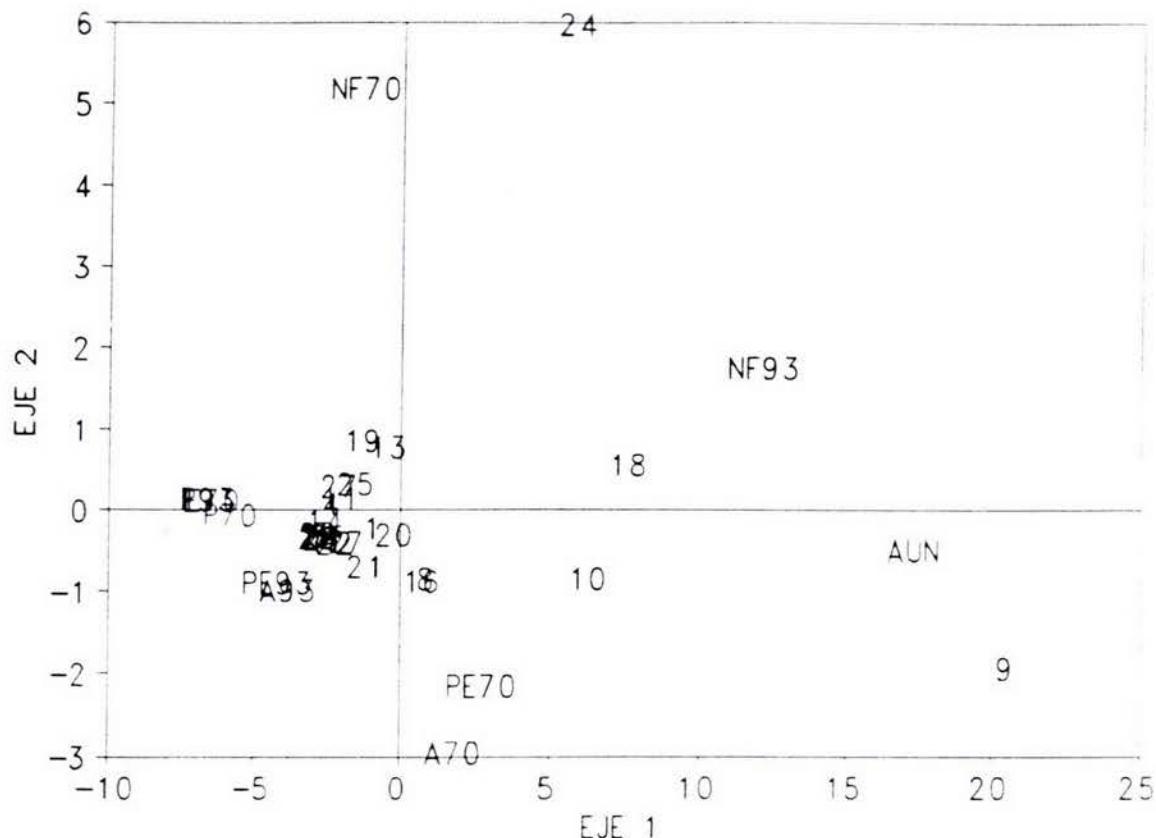


Figura 10. Bigráfico de grupos de unidades ambientales. Se observa la agrupación de los paisajes terrestres (números interiores) y la distribución de los tipos de uso de suelo en 1970 y 1993 (A= *Abies*, P= pino, PE= pino-encino, E= encino y NF= uso no forestal). El eje 1 explicó la distribución de las unidades naturales de acuerdo con su extensión. El eje 2 explicó el agrupamiento según la extensión de los tipos de vegetación.

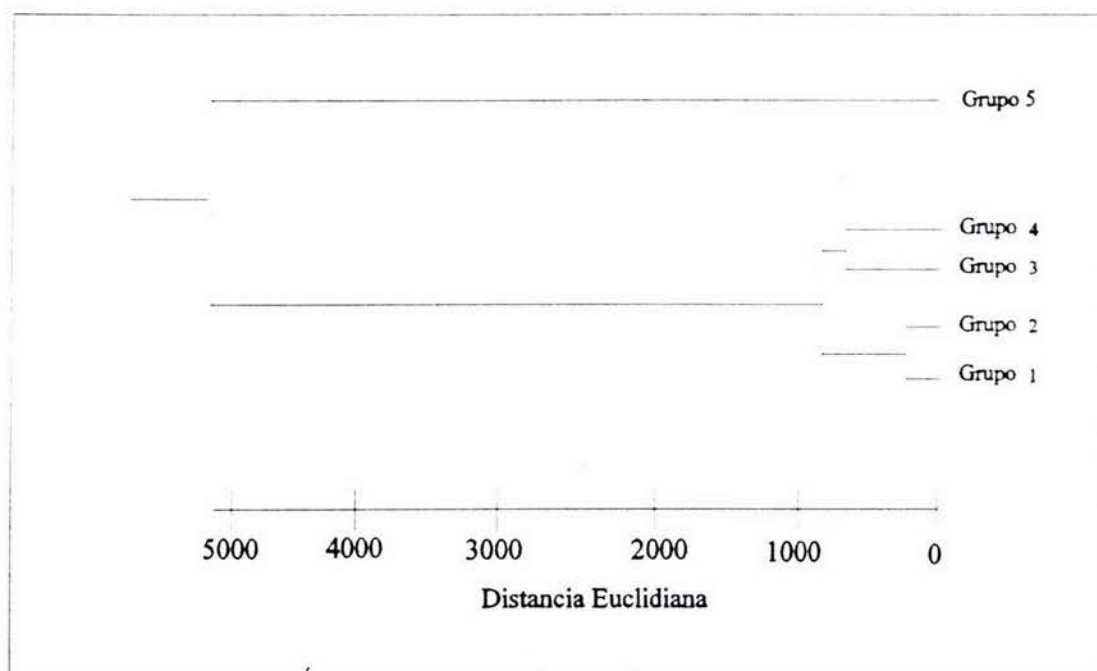


Figura 11. Dendrograma de grupos de unidades ambientales. Los grupos 1 y 2 se caracterizaron por carecer de oyamel, de pino, y de pino-encino (PT 3, 5, 12, 15, 23, 26, 28 y 29; y PT 4, 14, 22 y 27 respectivamente). Los grupos 3 y 4 presentaron amplias zonas de uso no forestal coberturas no forestales (PT 2, 11, 17, 19, 21 y 25; y 1, 13 y 20 respectivamente). El grupo 5 corresponde a un grupo atípico formado por paisajes terrestres con una superficie entre 3,394 y 22,039 ha (PT 8, 9, 10, 16, 18 y 24).

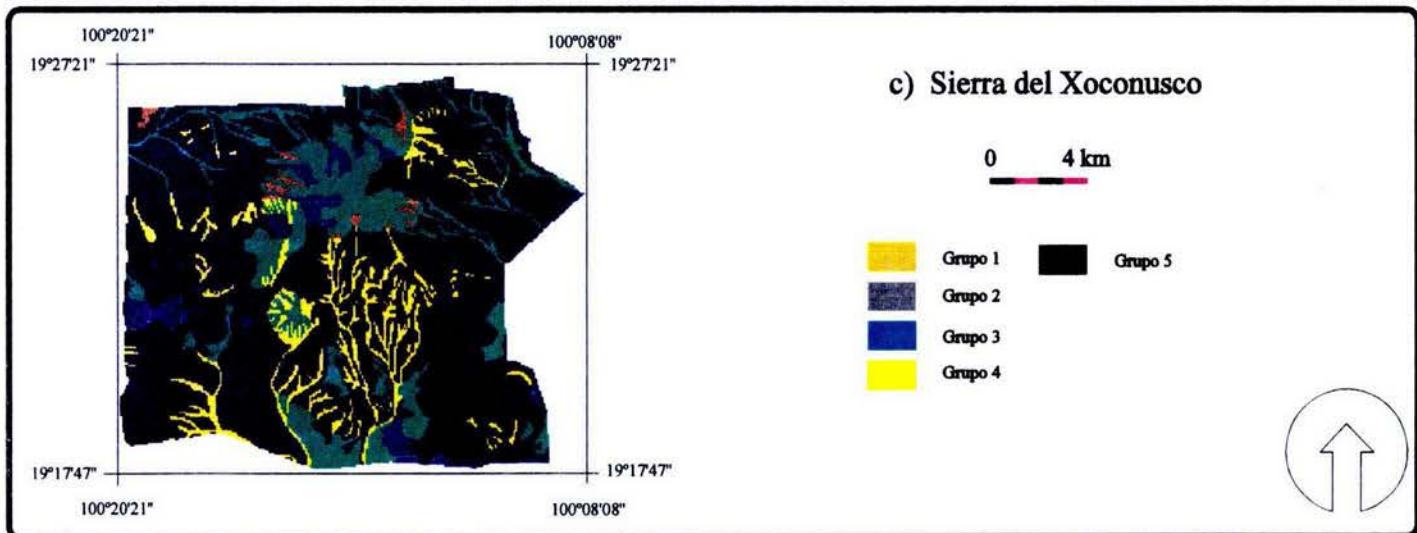
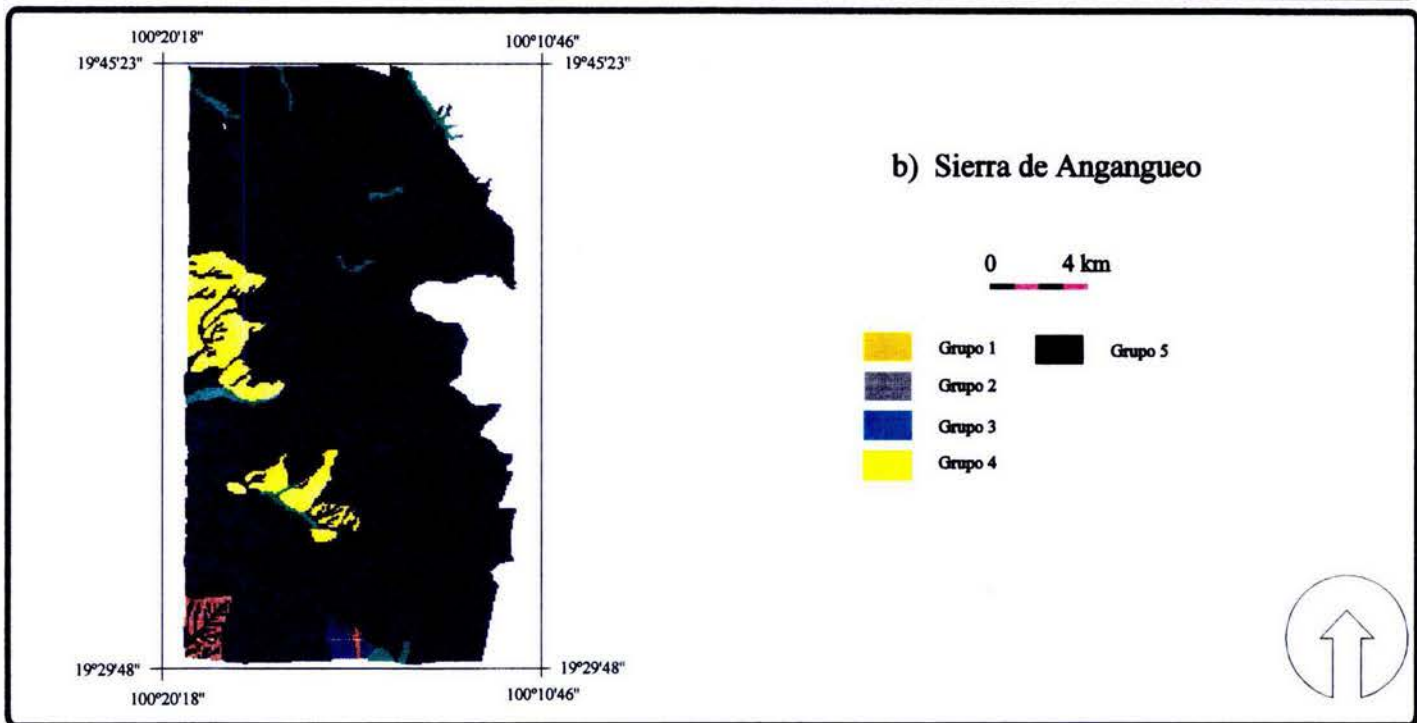
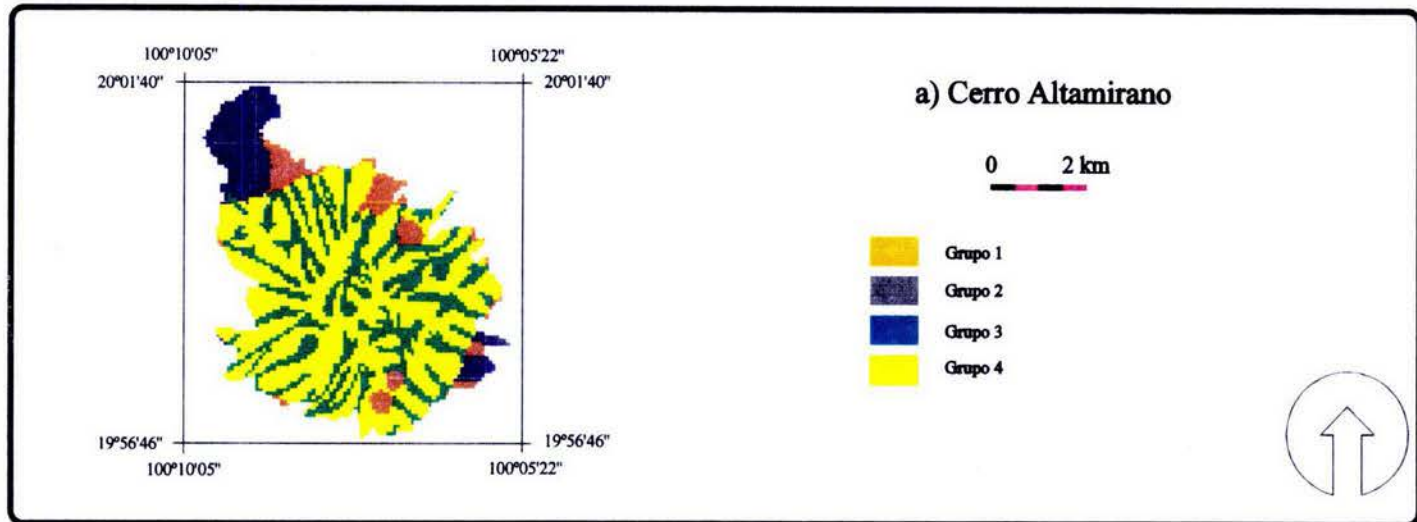


Figura 12. Grupos de paisajes terrestres obtenidos del análisis multivariado para a) Cerro Altamirano, b) Sierra de Angangueo y c) Sierra del Xoconusco.

Las observaciones a evaluar en la tabla lógica de decisión fueron las siguientes: (1) desaparición del bosque de oyamel si su uso es desmesurado, (2) dependencia de la mariposa por el bosque de oyamel y (3) presencia de la monarca en las condiciones actuales del bosque. Igualmente se reconoció la necesidad de la sociedad por usar los bosques y por conservar a la mariposa. Además se consideró que (1) los lugares donde la mariposa monarca se alberga son bosques de oyamel no asociados o en asociación con pino (Espejo *et al* 1992, Soto y Vázquez 1993); y (2) que la estructura y composición del bosque oyamel están relacionadas con la conservación de las condiciones microclimáticas necesarias para el establecimiento y sobrevivencia de las colonias de mariposas monarca (Calvert *et al* 1982, Masters *et al* 1988, Weiss *et al* 1991, Alonso-Mejía *et al* 1992, Snook 1993) así como de la conservación de los bosques (Sato e Iwasa 1993, Hoth 1995). Para evaluar dicha estructura se incluyó el modelo de crecimiento silvícola generado en el Plan Ecológico Forestal de la Reserva Especial de la Biósfera de la Mariposa Monarca (Anónimo 1995). En él se tomó en cuenta el número y el tamaño de los árboles ya que son variables que influyen en el crecimiento, sobrevivencia y reproducción de los ya establecidos, así como en el reclutamiento de nuevas plántulas. El tiempo de simulación fue de seis periodos de 50 años cada uno, los cuales corresponden al periodo de reclutamiento necesario para completar la onda de regeneración del bosque (Sato e Iwasa 1993). Con base en las observaciones antes mencionadas se incluyeron en la tabla lógica de decisión los siguientes criterios que fueron utilizados durante la selección de los proyectos forestales:

1. Conservación del hábitat que la mariposa visita en la actualidad.
2. Aprovechamiento forestal en zonas con riesgo ecológico nulo, bajo o moderado.

Tomando en cuenta estos criterios, la tabla lógica constó de ocho condiciones a analizar, cuatro acciones a tomar y 256 combinaciones posibles de respuestas afirmativas y negativas. Con la depuración de la tabla, se redujo el número de estas a cuatro de combinación específica y a siete de combinaciones independientes (Tabla 5). Dentro del grupo de condiciones se consideraron tres implicaciones ambientales: (1) el grado de presión (nulo-moderado y alto-extremadamente alto), (2) la estructura de edades del bosque y (3) el hábitat de la mariposa monarca. Se observó que el único caso de no aprobación del aprovechamiento fue la existencia de grados de presión entre altos (50-70%) y extremadamente altos (más de 80%). Para la aprobación de un proyecto forestal los grados de presión debieron de estar entre nulos (0%) y moderados (30-50%). Además, el bosque de abeto tuvo que alcanzar en algún momento (si no la poseía) una estructura

de edades congruente con el hábitat actual de la mariposa. Cuando no la alcanzó, se condicionó el proyecto de tal manera que se encontrara. Las condicionales consistieron en la modificación del volumen de tala según las edades de los árboles, de tal manera que en un tiempo de 50 años o menos, la estructura de edades requerida por este lepidóptero fuera la ideal.

Tabla 5. Tabla lógica de decisión. En la sección caso se muestran las posibles combinaciones de respuestas afirmativas (S) y negativas (N) resultantes de la discriminación de combinaciones no lógicas y inconsistentes. En la sección de decisión se marca con una X la acción a tomar para cada caso.

Condiciones a evaluar	Caso										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Proyecto ubicado fuera de la zona de Santuario de la Mariposa Monarca?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
¿Presentó Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)?	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N
¿Zona de interés georeferenciada?	S	S	S	S	S	S	N	N	S		N
¿El grado de presión está en el rango de nulo a moderado?	S	S	S	S	S	N		N	N		N
¿El grado de presión está en el rango de alto a extremadamente alto?	N	N	N	N	N	S		S	S		S
¿En la zona, existe estudio de estructura de edades para <i>Abies religiosa</i> ?	S	S	S	S	N						
¿La estructura de edades es congruente con el hábitat conocido de la Mariposa Monarca?	S	S	N	N							
¿Se tendrá el hábitat de la Mariposa Monarca?	S	N	S	N							
Acción	Decisión										
Aprobar	X		X								
Desaprobar		X				X		X	X		X
Solicitar requisito o requisitos no presentado(s)					X		X			X	
Condicionar el proyecto de explotación forestal				X							

Discusión y Conclusiones

Los resultados del análisis de riesgo de los bosques de la REBMM y zonas convecinas confirman las observaciones hechas por Snook (1993) acerca de la tendencia de cambio del uso del suelo hacia el uso no forestal. A pesar de que el área de estudio presenta zonas bajo protección, se pudo observar que el promedio de las tasas de cambio del oyamel (1-2% anual) no difiere de las tasas de cambio descritas por Ávila (en prensa) para los bosques no protegidos de pino del occidente de Michoacán. Esto sugiere que el bosque de oyamel se está perdiendo a las mismas tasas que los bosques de pino utilizados comercialmente, a pesar de que cuando el bosque de oyamel es potencialmente hospedero de la monarca.

Se consideraron zonas de alto riesgo para el abeto a las unidades ambientales clasificadas como barrancos, pie de monte y rampas pie de monte con grados de presión muy altos y extremadamente altos. Los resultados también indicaron que la REBMM y zonas vecinas perderán en 24 años el 18% del bosque de oyamel, a una tasa de cambio en promedio moderada (1-2% anual).

En términos generales, todas las coberturas forestales ubicadas en los paisajes terrestres clasificados como rampas de pie de monte, coladas de derrames lávicos y fluviales acumulativos estuvieron sometidas a un cambio y a una presión mayor que en otros lugares.

La presencia de grados de presión altos en esas zonas tuvieron mayores extensiones con pendientes menores al 21% lo que facilitó el aprovechamiento de los bosques así como el cambio de uso del suelo en estas áreas. Otro de los factores fue la vecindad a las zonas de actividad agrícola y pecuaria que estuvieron promoviendo la deforestación en las zonas ecológicas Sierra de Angangueo y Sierra del Xoconusco.

Se identificó a los paisajes terrestres clasificados como montañosos (PT 8, 9, 10 del grupo 5) como paisajes terrestres aptos para la conservación ya que ellos agrupan al 87% del bosque de oyamel, al 42% del resto de tipos de bosque además de poseer mayores extensiones con pendientes por encima del 21%.

Por otro lado, se comprobó la pérdida del 34% de la cobertura inicial de pino durante los primeros 23 años. Además, el pino mostró una tasa de cambio y un grado de presión mayores que cualquier otro tipo de vegetación en el 62% de los casos en donde se encontraron los cuatro tipos de bosque. La importancia comercial del pino en los bosques boreales (Larsen 1980) fue una de las explicaciones para este efecto. Cabe resaltar que el oyamel es también comercialmente importante y sin embargo los grados de presión ejercidos sobre él son menores debido a su localización.

Como alternativa al aprovechamiento de los bosques de oyamel y de pino, Snook (1993) propone la utilización del pino y del encino extraídos de los bosques de pino-encino. El análisis de riesgo realizado justificó esta propuesta pues la presión del abeto y del pino descenderían con la preferencia por el pino-encino. Esta relación de variación de un grado de presión con respecto a otro no se hizo evidente en el modelo predictivo sin embargo se tomó en cuenta en el momento de asignar el grado de presión a cada una de las unidades ambientales. Así se evitó caer en el error de Tipo II (criterio precautorio) (Suter 1993), que ocurre al subestimar o negar un impacto (como el aumento de los grados de presión por desaparición de un recurso alternativo).

La deficiencia mas grande que se observó en el manejo de los bosques de la REBMM fue la falta de una estrategia de manejo clara. Las teorías científicas en las que se basan los planes de manejo de sus bosques no alcanzan un consenso. El dubio se demuestra en las publicaciones realizadas por Hoth (1995), Lincoln (1995) y Alonso-Mejía (1995), donde discuten sobre los requerimientos ecológicos y energéticos de la mariposa monarca. La teoría "clásica" sobre del manejo de estas áreas excluye cualquier posibilidad de aprovechamiento del bosque dentro o cerca de los santuarios (Brower 1985, Calvert *et al.* 1989, Brower y Malcom 1991, Snook 1993). La "contemporánea" propone que "se tale y se queme moderadamente" el bosque para mantener su regeneración y proporcionar las fuentes energéticas para la sobrevivencia de la monarca (Hoth 1995), sin embargo aún no hay elementos suficientes para elegir cualquiera esas dos opciones.

Con base en lo discutido por Shrader-Frechette y McCoy (1993), el plan de manejo planteado en este trabajo evitó tomar las teorías ecológicas antes mencionadas como leyes para implantar una estrategia de manejo para los bosques de la monarca. El papel que cumplieron fue únicamente como indicadores del estado del bosque señalado, desde la perspectiva inductiva, como adecuado para la hibernación de la mariposa monarca. Los estudios de casos similares realizados por Hilborn (1993) y Ludwig (1993) respaldaron esta metodología ante la presencia de un conocimiento científico endeble. Otros de los soportes teóricos de este plan fueron los planteados por Swanson (1989) y Franklin (1993) sobre la conservación del paisaje. Con estos postulados se justificó la conservación de aquellos paisajes en donde la mariposa monarca llega en la actualidad.

La aplicación de todo el marco teórico le dio al plan la posibilidad de adaptarse a los distintos estados del bosque de oyamel y a los requerimientos de aprovechamiento del recurso, y así mejorar el manejo (Kessler

et al 1992 y Sharitz *et al* 1992). Además logra escapar al problema de “la patología del manejo de los recursos naturales”, que se define como la aplicación de estrategias verticales que reducen la tolerancia del recurso ante perturbaciones externas a él (Holling 1996).

Una de los fenómenos potenciales no evaluados en este trabajo pero que se debe considerar en la zona es el efecto de borde. Thomas *et al* (1978), Harris y McElveen (1981) y Hunter (1990) reportaron que dicho efecto cambia las condiciones microclimáticas de los bosques, lo que según Calvert *et al* (1992) representa una amenaza para la monarca. Por este motivo se propone en este trabajo la creación e implantación urgente de instrumentos de manejo para los bosques de pino, encino y pino-encino de la reserva y zonas aledañas pues la desaparición de las coberturas vegetales circundantes al abeto ocasionaría un efecto de borde sobre este último. Dichos planes también reducirían las probabilidades de que los grados de presión del oyamel aumenten por la desaparición de estos recursos alternativos.

Por último se reconoció la necesidad de estudios de estructura de edades pues es un indicador de las condiciones del hábitat de la monarca. Por el mismo motivo las MIA deben contener este tipo de información y también ser calificadas con base en ella.

Literatura citada

- Alonso-Mejía A., A. Arellano-Guillermo Y L. Brower. 1992. Influence of temperature, surface body moisture and height aboveground on survival of monarch butterflies overwintering in Mexico. Biotrópica 24: 415-419.
- Alonso-Mejía A., E. Rendón y E. Montesinos. 1995. Realidades energéticas de la mariposa monarca. Ciencias. 39: 48-49.
- Anónimo. S/F. Programa de ordenamiento ecológico para el desarrollo acuicola de la región costera de Sinaloa y Nayarit. Reporte Técnico. OEA-SEDESOL. México. 93 pp.
- Anónimo. 1994. Sistema automatizado de información para la planeación ambiental y el monitoreo de indicadores. Reporte Técnico. OEA-SEDESOL. México. 51 pp.
- Anónimo. 1995. Plan ecológico de manejo forestal de la Reserva Especial de la Biosfera de la Mariposa Monarca. Reporte Técnico. INE. México.
- Avila-Flores, J. H. 1997. Dinámica local y regional del uso de suelo en el occidente Michoacano. Tesis de Licenciatura. Universidad del Valle de México. 50 pp.
- Azuara, I. y A. Ramírez. 1994. Tecnologías y manejo de información geográfica en bioconservación. Ciencia y desarrollo. 118(20): 58-65.
- Bailey, R. 1983. Delineation of ecosystem regions. Environmental Management 4(7): 365-375.
- Berry, J. 1987. A mathematical structure for analyzing maps. Environmental Management 3(11). Pp 317-325.
- Bocco-Verdalli, G. y M. Ortiz. 1994. Definición de unidades espaciales para el ordenamiento ecológico. Jaina. 5(1): 8-9.
- Bojórquez-Tapia, L.A, I. Azuara, E. Ezcurrea y O. Flores-Villela. 1994. Identifying conservation priorities in Mexico through geographic information systems and modeling. Ecological Applications (en prensa).
- Bojórquez-Tapia, L.A. 1989. Methodology for prediction of ecological Impacts under real conditions in Mexico. Environmental Management. 13(5): 545-551.
- Bojórquez-Tapia, L.A, E. Ongay y E. Ezcurrea. 1993. Multivariate approach for suitability assessment and environmental conflict resolution. Journal of Environmental Management 41: 187-198.
- Bojórquez-Tapia, L. y A. Ortega. 1989. Análisis de técnicas de simulación cualitativa para la predicción del impacto ecológico. Ciencia. 40: 71-78
- Bourrough, P. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment: Chapter 5, Methods of Data Analysis and Spatial Modeling. Clarendon Press. Oxford. Pp. 81-102

Brower, L. 1985. New perspective on the migration of the monarch butterfly, *Danaus plexippus*, L.: 748-785. En: Rankin, M.A. (ed.) Migration Mechanism and Adaptive Significance. Contributions to Marine Science Supplement. University of Texas.

Brower, L y S. Malcom. 1991. Animal migrations: endangered phenomena. American Zoologist. 31: 265-276.

Calvert, W., W. Malcom, J. Glendinning, L. Brower, M. Zalucki, T. Hook, J. Anderson y I. Snook. 1989. Conservation Biology of Monarch Butterfly overwintering sites in Mexico. Vida silvestre neotropical. 2: 38-48.

Calvert, W., W. Zuchowski y L. Brower. 1982. The impact of forest thinning on microclimate in monarch butterfly (*Danaus plexippus* L.) overwintering areas of Mexico. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 42: 11-18.

CETENAL. 1988. Carta topográfica 1:50 000. Ciudad Hidalgo (E14A35). México

Congalton, R. y K. Green . 1992. The ABCs of GIS: An introduction to geographic information systems. Journal of Forestry. 90: 13-20.

Conservación Internacional. 1992. CI/SIG. Sistemas de Información Geográfica, ver. 2.0: manual del usuario. Conservación Internacional. Washington.

Corson-Rikert, J. 1990. Roots User's Manual. Harvard University Graduate School of Design. Massachusetts.

Crowfoot, J y J. Wondolleck. 1990. Citizen organizations and environmental conflict: 1-16. En: J. Crowfoot y J. Wondolleck (eds.). Environmental Disputes, Community Involvement in Conflict Resolution. Island Press. Washington.

Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Riap, S.A. Madrid. 453 pp.

De la Maza, R. 1995. La monarca del vuelo. Ciencias. 37: 4-18.

Diario oficial. 1986. Organo del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. México D.F. Jueves 9 de octubre de 1986. 398: 33-41.

Digby, P. y R. Kempton. 1987. Multivariate Analysis of Ecological Communities. Chapman & Hall. Londres. pp 63-70.

Dirzo, R. y M. Gracia. 1992 Rates of deforestation in Los Tuxtlas, an neotropical area in southeast Mexico. Conservation Biology. 1: 84-90.

- Espejo, A., J. Brunhuber, G. Segura y J. Ibarra. 1992. La vegetación de la zona de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.) en la Sierra de Chincua. Studies in Zoology and Botany. Tulane University. 1: 79-99.
- Franklin, J. 1993. Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscape?. Ecological Applications. 3: 202-205.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. OFFSET Larios S.A., México. 252 pp.
- Gottfried, C. 1993. Monarch Conservation in Mexico: The challenge of membership and fund-raising for Monarca, A.C.: 379-381. En: S.B. Malcom. y M.P. Zalucki. Biology and Conservation of the Monarch Butterfly. Science Series Natural History Museum of Los Angeles. Los Angeles.
- Gutiérrez, L. y Ma. de L., Aguirre. 1985. Los suelos y la vegetación de Michoacán.: 270-281. En: Memorias del X Congreso Nacional de Geografía. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. México.
- Harris, L. y J. McElveen. 1981. Effect of forest edges on north Florida breeding birds. IMPAC. Reports 4.
- Harris, L. 1984. The Fragmented Forest. University of Chicago Press. Chicago. 211 pp.
- Hernández, E. 1980. Análisis y problemática de los parques nacionales de michoacán: 259-269. En: Memorias del Congreso Nacional de Geografía. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. México.
- Hilborn, R. y D. Ludwig. 1993. The limits of applied ecological research. Ecological Applications. 3: 551-552.
- Hoth, J. 1992. Current Situation of the Monarch Butterfly Special Biosphere Reserve in Mexico. School of Rural Planning and Development. Guelph. Ontario. 39 pp.
- Hoth, J. 1993. Rural Development and Protection of the Monarch Butterfly (*Danaus plexippus*) in Mexico: a Sustainable development. School of Rural Planning and Development. Guelph. Ontario. 39 pp.
- Hoth, J. 1994. Reporte de Campo: Posicionamiento de los Santuarios de la Mariposa Monarca y Observaciones Ecológicas Cualitativas. School of Urban and Regional Planning. Faculty of Environmental Studies. University of Waterloo. Waterloo. 19 pp.
- Hoth, J. 1995. Mariposa monarca, mitos y otras realidades aladas. Ciencias. 37. pp 19-28
- Holling, C y g. Meffe. 1996. Command and control and the pathology of natural resource management. Conservation Biology. 2: 328-337.
- Hunter, L. 1990. Wildlife, Forest, and Forestry. Principles of Managing Forest for Biological Diversity. Prentice Hall. New Jersey. Pp 101-114.

- ICFA. 1987. AU2 Paquete General de Cartografía: Manual del usuario. Publicación 88-AU-2-01. ICFA, México D.F.
- INEGI. 1971. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. SPP. México.
- INEGI. 1981. Atlas Nacional del Medio Físico 1981. SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- INEGI. 1983 a. Carta edafológica 1:250 000. Morelia (E14-1). SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- INEGI. 1983 b. Carta geológica 1:250 000. Morelia (E14-1). SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- INEGI. 1984. Carta de uso del suelo y vegetación 1:250 000. Morelia (E14-1). SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- INEGI. 1987 a. Carta topográfica 1:50 000. Maravatio (E14A15). SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- INEGI. 1987 b. Carta topográfica 1:50 000. El Oro Hidalgo (E143A16). SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- INEGI. 1987 c. Carta topográfica 1:50 000. Angangueo (E14A26). SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- INEGI. 1988. Carta de efectos climáticos regionales MAYO-OCTUBRE 1:250 000. Morelia (E14-1). SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- INEGI. 1990 a. Carta topográfica 1:50 000. Villa Allende (E14A36). SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- INEGI. 1990 b. Carta topográfica 1:50 000. Zitácuaro (E14A35). SPP (Secretaría de programación y presupuesto). México D.F.
- Kessler, W., H. Slawarsser, C. Cartwright, Jr y Caplan. 1992. New perspective for sustainable natural resources management. Ecological Application. 2:221-225
- Larsen, J. 1980. The Boreal Ecosystem. Academic Press. New York. 500 pp.
- Lincoln P. 1995. Revisión a los mitos de Jürgen Hoth. Ciencias. 93: 50-51.
- Ludwig, J y J. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing. Wiley. New York. 337 pp.

Ludwig, D., R. Hilborn y C. Walters. 1993. Uncertainty, resource exploitation, and conservation: lessons from history. Ecological Applications. 3: 547-549.

Malcom, S and M. Zalucki. 1993. Biology and conservation of the monarch butterfly: **Concluding Remarks**. : 397-402. En: S.B. Malcom. y M.P. Zalucki. Biology and Conservation of the Monarch Butterfly. Science Series Natural History Museum of Los Angeles. Los Angeles.

Masters, A., S. Malcom y L. Brower. 1988. Monarch butterfly (*Danaus plexippus*) thermoregulatory behavior and adaptations for overwintering in Mexico. Ecology. 69:458-467.

McDaniel, H. 1978. An Introduction to Decision Logic Tables. Perocelli book. New York. 140 pp.

McKendry, J., J. Eastman, K. St. Martin y M. Fulk. 1992. Applications in forestry. En: Exploration in Geographic Information Systems Technology. (2). UNITAR European Office. Genova.

Nascimento, J.R. 1991. Discutiendo números do desmatamento. Interciencia. 5: 232-239.

Nieto-Gallegos, C. y J. López García. 1989. El paisaje geográfico y la interrelación de sus aspectos humanos físicos y biológicos. En: Contribución Geográfica al Programa Integral de Desarrollo Mariposa Monarca. Boletín del Instituto de Geografía. México. 19: 13-16.

Ogarrio, R. 1993. Conservation actions taken by Monarca, A.C. to protect the overwintering sites of the monarch butterfly in Mexico.: 377-378. En: S.B. Malcom. y M.P. Zalucki. Biology and Conservation of the Monarch Butterfly. Science Series Natural History Museum of Los Angeles. Los Angeles.

Pickup, G., G. N. Bastin y V.H. Chewings. 1994. Remote-sensing-based condition assessment for nonequilibrium rangelands under large-scale commercial grazing. Ecological Application. 4: 497-517.

Pielou, E. C. 1984. The Interpretation of Ecological Data. J. Wilson & sons, Inc. E. U. A. Pp 163-165.

Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. LIMUSA. México. Pp 236-310.

Sato, K. y Y. Iwasa. 1993. Modeling of wave regeneration in subalpine abies forest: population dynamics with spatial structure. Ecology. 5: 1538-1550.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE, s/f) Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Subsecretaría de Ecología, Dirección general de Normatividad y Regulación Ecológica. México. 356 pp.

Sharitz, R., L. Boring, D. Van Lear y J. Pinder III. 1992. Integrating ecological concepts whit natural resource management of southern forest. Ecological Application. 2: 226-237.

Shrader-Frechette, K y E. McCoy. 1993. Method in Ecology: Strategies for Conservation. Cambridge University Press. Cambridge. Pp 106-169.

- Snook, L. 1993. Conservation of the monarch butterfly reserves in Mexico: focus on the forest.: 363-375. En: S.B. Malcom. y M.P. Zalucki. Biology and Conservation of the Monarch Butterfly. Science Series Natural History Museum of Los Angeles. Los Angeles.
- Soto, J. y L. Vázquez. 1993. Vegetation types of monarch butterfly overwintering habitat in Mexico: 287-293.. En: S.B. Malcom. y M.P. Zalucki. Biology and Conservation of the Monarch Butterfly. Science Series Natural History Museum of Los Angeles. Los Angeles.
- Spellerberg, I. 1991. Monitoring Ecological Change: Chapter 14, Monitoring Land use and Landscapes. Pp 253-271.
- Suter, W. 1993. Ecological Risk Assessment. Lewis Publishers. Michigan. 538 pp.
- Swanson J.F. y J. Franklin. 1992. New forestry principles from ecosystem analysis of pacific northwest forest. Ecological Applications. 2: 262-274.
- Thomas, J. C. Master y J. Rodic. 1978. Edges. Their interspersion, resulting diversity and its management.: 91-100. En: R. de Groaf, de . Prof. Workshop on Nongame Bird Habitat Management in the Coniferous Forest of The Western United States. USDA for Serv. Gen. tech Rep. PNW.
- UCDFO (Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal) No. 1. 1994. Manifestación de impacto Ambiental en su modalidad general para el predio ejidal denominado "Asoleadero", Municipio de Ocampo, Michoacán. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología.
- Urquhart, F.A. 1976. Found at last: The monarch's winter home. National Geographic. 150:160-173
- USACERL (US Army Construction Engineering Research Laboratories). 1993. Geographical Resources Analysis Support System (GRASS). Versión 4.1.
- Weiss, S.B., P. M. Rich, D.D. Murphy, W. H. Calvert y P. Ehrlich. 1991. Forest canopy structure at overwintering monarch butterfly sites: measurement with hemispherical photography. Conservation Biology. 5:165-175.

ANEXO 1

Lista de vegetación

Lista de especies en orden de abundancia. Datos obtenidos de Espejo *et al.* (1992) y Vázquez *et al.* (1993):

a. Bosque de oyamel

Abies religiosa H.B.K. (Pinaceae)

b. Bosque mesofilo montaña

Abies religiosa (H.B.K) Cham. & Schl. (Pinaceae)

Pinus pseudostrobus Lindl. (Pinaceae)

Quercus laurina Humb. & Bonpl. (Fagaceae)

Cleyera integrifolia (Benth. Choisy)(=*Eurya mexicana* (turcz.) Sysz.) (Theaceae)

Quercus rugosa Nee (Fagaceae)

Cornus diciflora D.C. (Cornaceae)

Symplocos prionophylla Hemsl. (Symplocaceae)

Arbustus xalapensis H.B.K. (Ericaceae)

Cupressus benthamii var. *lindleyi* Klotsch. (Cupresaceae)

Alnus acuminata ssp. *arguta* (Schlecht.) Furlow (Betulaceae)

Ternstroemia lineata D.C. ssp. *lineata* (Theaceae)

Styrax ramirezii Greenm. (Styracaceae)

Ilex toluhana Hemsl. (Aquifoliaceae)

Cupressus lindleyi Klotsch (Cupresaceae)

c. Bosque mixto de oyamel y pino

Abies religiosa (H.B.K) Cham. & Schl. (Pinaceae)

Pinus pseudostrobus Lindl. (Pinaceae)

Ternstroemia lineata D.C. ssp. *lineata* (Theaceae)

Cleyera integrifolia (Benth. Choisy)(=*Eurya mexicana* (turcz.) Sysz.) (Theaceae)

Cornus diciflora D.C. (Cornaceae)

Arbustus xalapensis H.B.K. (Ericaceae)

Symplocos prionophylla Hemsl. (Symplocaceae)

d. Bosque de pino

Pinus pseudostrobus Lindl. (Pinaceae)

P. montezumae Lamb. (Pinaceae)

P. rudis Endl. (Pinaceae)

P. hartwegii Lindl. (Pinaceae)

P. michoacana Mtz. (Pinaceae)

e. Bosque de pino y encino

Pinus pseudostrobus Lindl. (Pinaceae)

Quercus laurina H. & B. (Fagaceae)

Quercus sp. (Fagaceae)

P. montezumae Lamb. (Pinaceae)

P. rudis Endl. (Pinaceae)

P. hartwegii Lindl. (Pinaceae)

P. michoacana Mtz. (Pinaceae)

f. Pradera de Potentilla

Potentilla candidans H. & B. (Rosaceae)

Sisyrinchium scabrus Schldl. & Cham (Iridaceae)

S. angustifolium Mill. (Iridaceae)

Eryngium carlinae Delar. (Apiaceae)

Prunella vulgaris L. (Lamiaceae)

Trifolium mucronatum Willd. (Fagaceae)

Senecio helodes Benth. (Asteraceae)

Halenia brevicornis (H.B.K.) G. Don (Gentianaceae)

Helenium scorsoneraefolia (D.C.) A. Gray (Asteraceae)

Plantago australis Lam. (Plantaginaceae)

Solanum tuberosum L. (Solanaceae)

Castilleja schaffneri Hemsl. (Scrophulariaceae)

Conyza schiedeana (Less) Cronq. (Asteraceae)

Stachys kerlii Benth. (Lamiaceae)

Trisetum sp. (Poaceae)

Muhlenbergia sp. (Poaceae)

Cirsium sp. (Asteraceae)

ANEXO 2

Tabla de tasas de cambio

Tasa de transformación por tipo de cobertura y paisaje terrestre para la R.E.B.M.M.

Cobertura	Superficie en 1970 (ha)	Superficie en 1993 (ha)	Tasa de cambio (k) (%)
Volcán compuesto de laderas modeladas			
Bosque de oyamel	188	188	-0.003
Bosque de pino	251	251	-0.012
Bosque de pino-encino	1027	933	-0.418
Bosque de encino	151	149	-0.056
Uso no forestal	489	586	0.787
Valles profundos largos con circos denudatorio-erosivos amplios en la cabecera y porción baja con sección en "V"			
Bosque de oyamel	116	116	-0.012
Bosque de pino	137	137	0.000
Bosque de pino-encino	575	543	-0.252
Bosque de encino	82	80	-0.094
Uso no forestal	195	229	0.708
Edificios volcánicos de laderas primarias			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	1	1	0.000
Bosque de pino-encino	54	51	-0.252
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	31	34	0.411
Coladas de derrames lávicos antiguos afallados			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	0	0	0.000
Bosque de pino-encino	2	2	0.000
Bosque de encino	12	1	-12.589
Uso no forestal	426	438	0.118
Conos proluviales coalescentes, sepultando parcialmente a coladas lávicas			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	0	0	0.000
Bosque de pino-encino	82	49	-2.197
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	47	79	2.302

(Continúa tabla)

Cobertura	Superficie en 1970 (ha)	Superficie en 1993 (ha)	Tasa de cambio (k) (%)
Montañoso denudatorio de interfluvios cumbrales			
Bosque de oyamel	1636	1531	-0.288
Bosque de pino	257	138	-2.722
Bosque de pino-encino	1315	1220	-0.326
Bosque de encino	5	3	-2.476
Uso no forestal	470	792	2.265
Montañoso denudatorio de laderas			
Bosque de oyamel	9283	8508	-0.379
Bosque de pino	746	372	-3.028
Bosque de pino-encino	8151	7395	-0.423
Bosque de encino	159	147	-0.342
Uso no forestal	3697	5614	1.817
Montañoso erosivo-denudatorio en laderas de valles			
Bosque de oyamel	2783	2620	-0.262
Bosque de pino	226	160	-1.499
Bosque de pino-encino	4177	3922	-0.274
Bosque de encino	97	93	-0.197
Uso no forestal	1910	2398	0.989
Fluvial acumulativo			
Bosque de oyamel	31	24	-1.193
Bosque de pino	36	11	-4.979
Bosque de pino-encino	137	87	-1.957
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	506	587	0.649
Escarpa litológica erosiva			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	0	0	0.000
Bosque de pino-encino	297	260	-0.590
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	3	41	11.597

(Continúa tabla)

Cobertura	Superficie en 1970 (ha)	Superficie en 1993 (ha)	Tasa de cambio (k) (%)
Rampa de pie de monte coluvio-deluvial			
Bosque de oyamel	54	14	-5.958
Bosque de pino	36	20	-2.578
Bosque de pino-encino	695	597	-0.660
Bosque de encino	107	92	-0.669
Uso no forestal	1241	1411	0.557
Volcánico-acumulativa de flujos piroclásticos			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	2	1	-4.477
Bosque de pino-encino	26	22	-0.642
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	212	217	0.095
Lomerios elevados coronados por derrames lávicos			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	0	0	0.000
Bosque de pino-encino	0	0	0.000
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	35	35	0.000
Edificios volcánicos con laderas primarias			
Bosque de oyamel	449	423	-0.254
Bosque de pino	175	135	-1.151
Bosque de pino-encino	2533	2314	-0.394
Bosque de encino	10	8	-1.242
Uso no forestal	229	518	3.539
Edificios volcánicos con laderas modeladas			
Bosque de oyamel	120	95	-1.020
Bosque de pino	39	36	-0.332
Bosque de pino-encino	603	462	-1.155
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	34	203	7.749

(Continúa tabla)

Cobertura	Superficie en 1970 (ha)	Superficie en 1993 (ha)	Tasa de cambio (k) (%)
Coladas de derrames lávicos			
Bosque de oyamel	562	463	-0.846
Bosque de pino	421	297	-1.523
Bosque de pino-encino	5829	4798	-0.846
Bosque de encino	237	196	-0.831
Uso no forestal	1867	3163	2.292
Derrames lávicos con mantos volcanoclásticos			
Bosque de oyamel	16	12	-1.257
Bosque de pino	6	3	-3.103
Bosque de pino-encino	106	57	-2.731
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	1225	1282	0.196
Valles			
Bosque de oyamel	182	140	-1.162
Bosque de pino	56	45	-0.967
Bosque de pino-encino	1638	1361	-0.804
Bosque de encino	12	9	-1.445
Uso no forestal	317	651	3.129
Laderas interfluviales con aristas y cimas puntiagudas encadenadas de la Sierra del Xoconusco			
Bosque de oyamel	636	574	-0.449
Bosque de pino	75	60	-0.949
Bosque de pino-encino	814	752	-0.345
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	52	191	5.671
Valles intermontanos			
Bosque de oyamel	230	205	-0.505
Bosque de pino	10	9	-0.777
Bosque de pino-encino	271	225	-0.808
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	28	101	5.528

(Continúa tabla)

Cobertura	Superficie en 1970 (ha)	Superficie en 1993 (ha)	Tasa de cambio (k) (%)
Valles de disección lineal			
Bosque de oyamel	18	16	-0.574
Bosque de pino	10	9	-0.333
Bosque de pino-encino	135	129	-0.190
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	21	30	1.499
Piedemonte fanglomerático y de sedimentos volcánicos del Xoconusco			
Bosque de oyamel	188	104	-2.604
Bosque de pino	71	32	-3.427
Bosque de pino-encino	772	465	-2.201
Bosque de encino	5	2	-4.334
Uso no forestal	6642	7075	0.275
Barrancos y valles de corte erosivo lineal y lateral			
Bosque de oyamel	86	44	-2.932
Bosque de pino	99	35	-4.589
Bosque de pino-encino	247	205	-0.829
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	714	864	0.828
Llanuras aluviales			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	0	0	0.000
Bosque de pino-encino	0	0	0.000
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	42	42	0.000
Llanuras lacustres			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	0	0	0.000
Bosque de pino-encino	39	21	-2.785
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	637	656	0.125

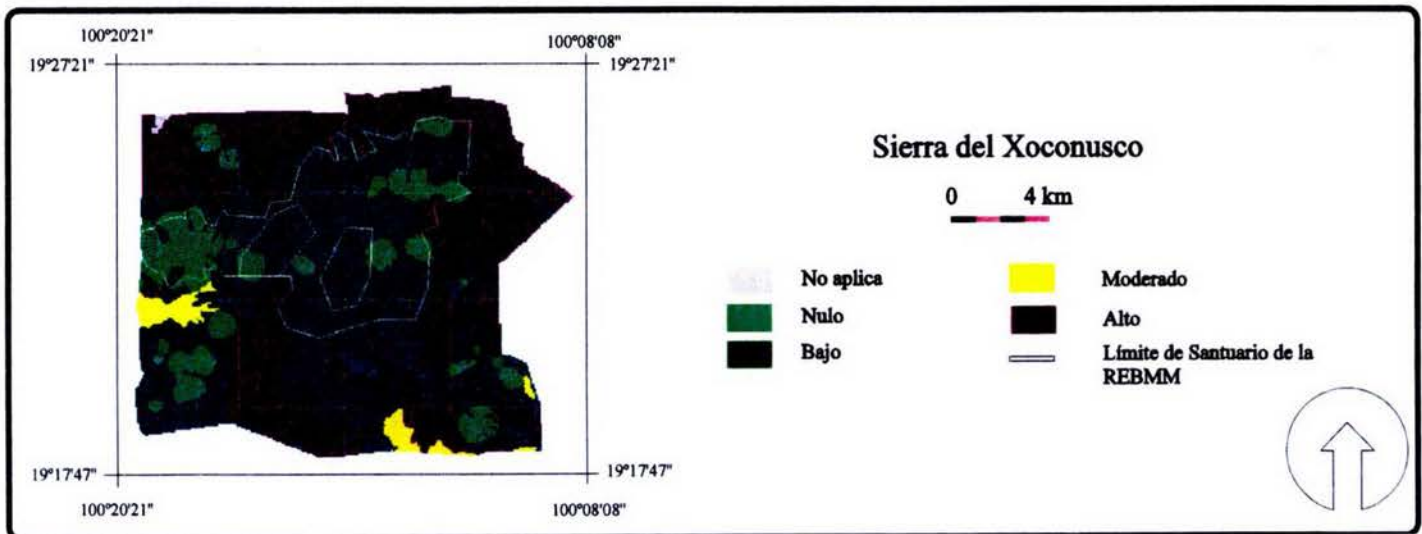
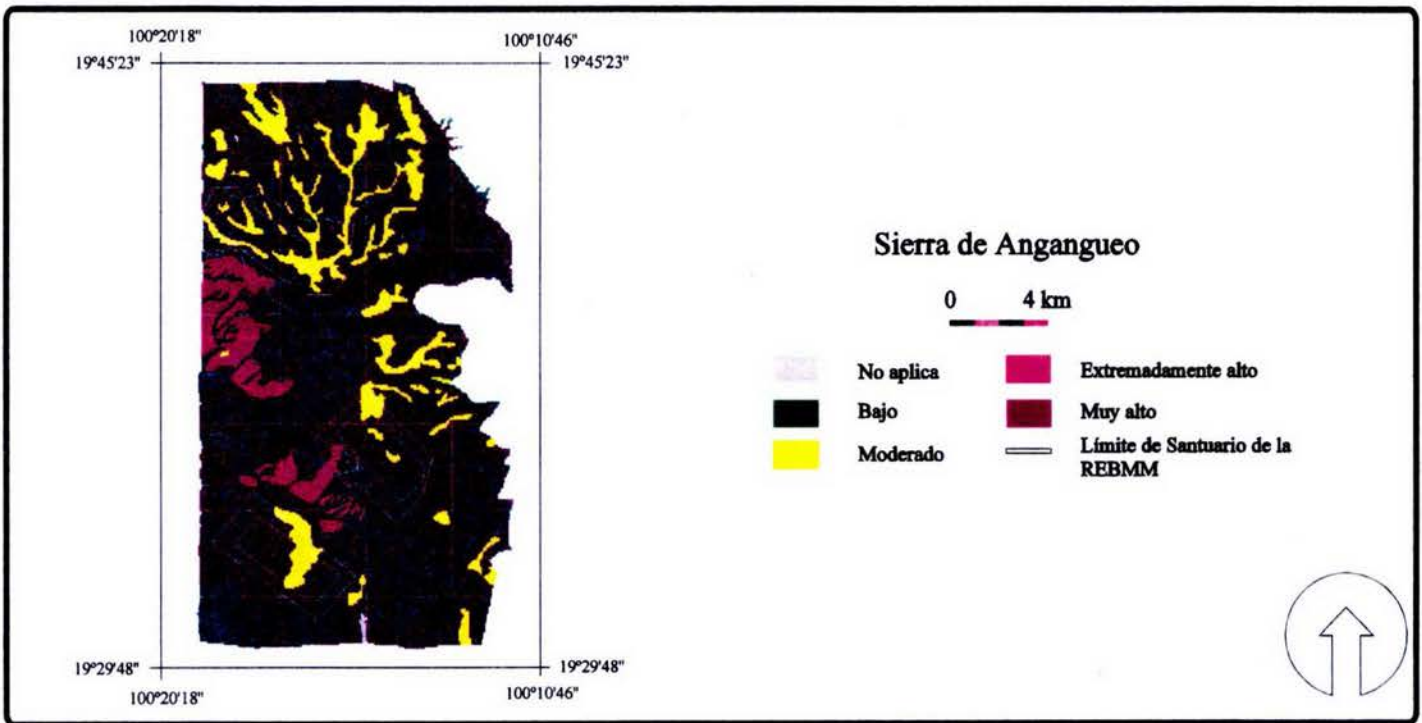
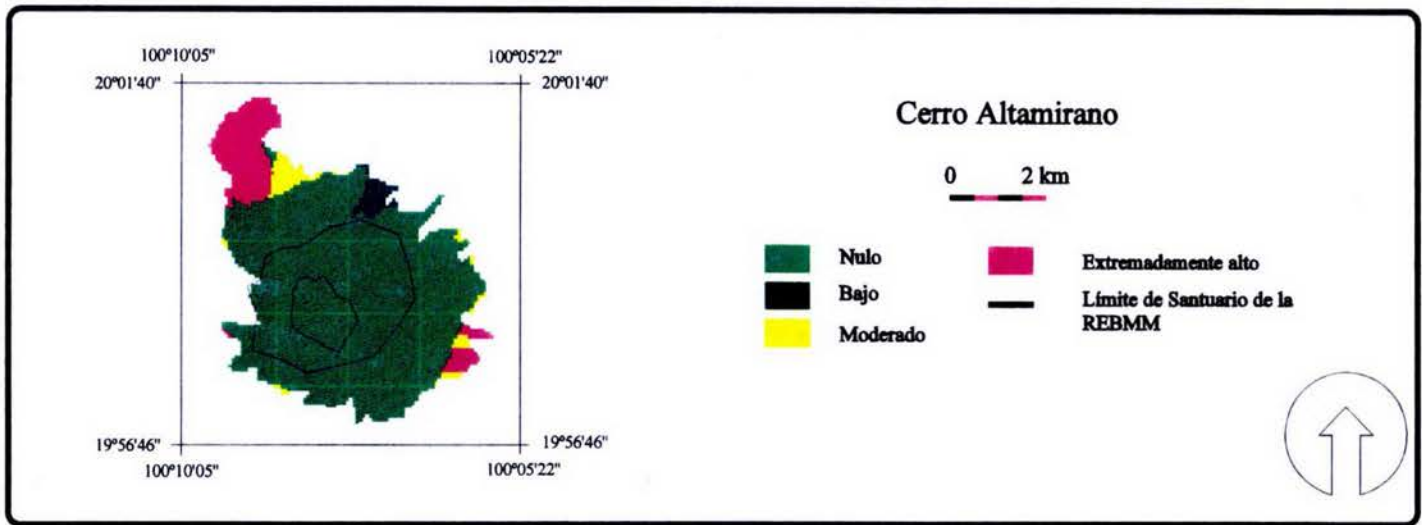
(Continua tabla)

Cobertura	Superficie en 1970 (ha)	Superficie en 1993 (ha)	Tasa de cambio (k) (%)
Derrames lávicos recientes			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	0	0	0.000
Bosque de pino-encino	9	9	0.000
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	2	2	0.000
Cono proluvial			
Bosque de oyamel	0	0	0.000
Bosque de pino	0	0	0.000
Bosque de pino-encino	86	72	-0.798
Bosque de encino	0	0	0.000
Uso no forestal	0	14	11.565

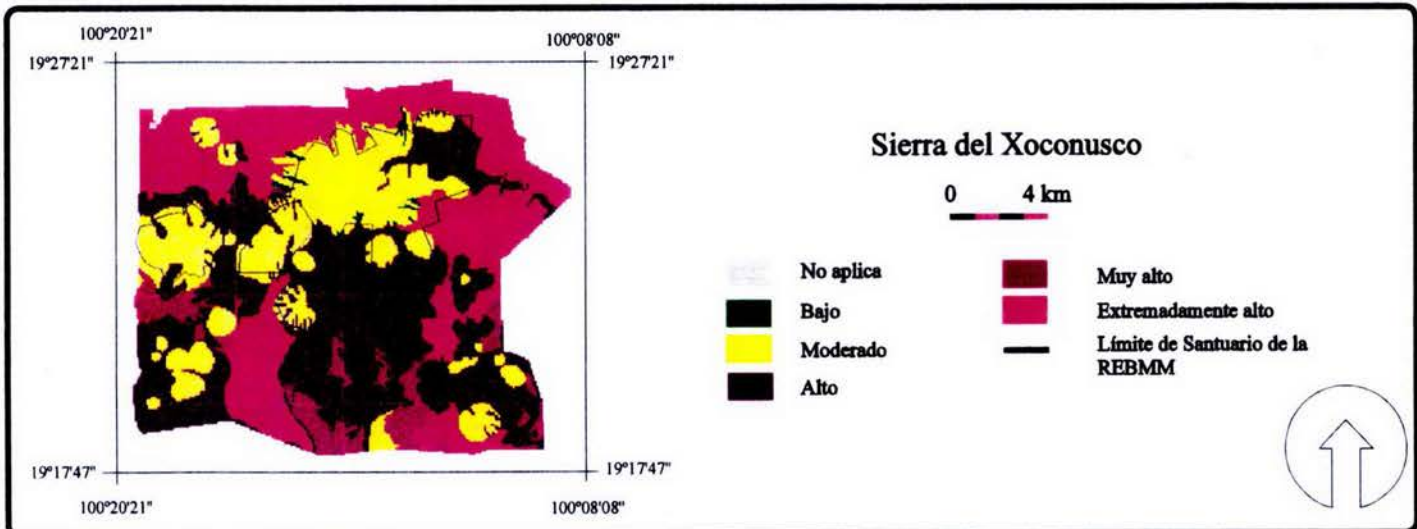
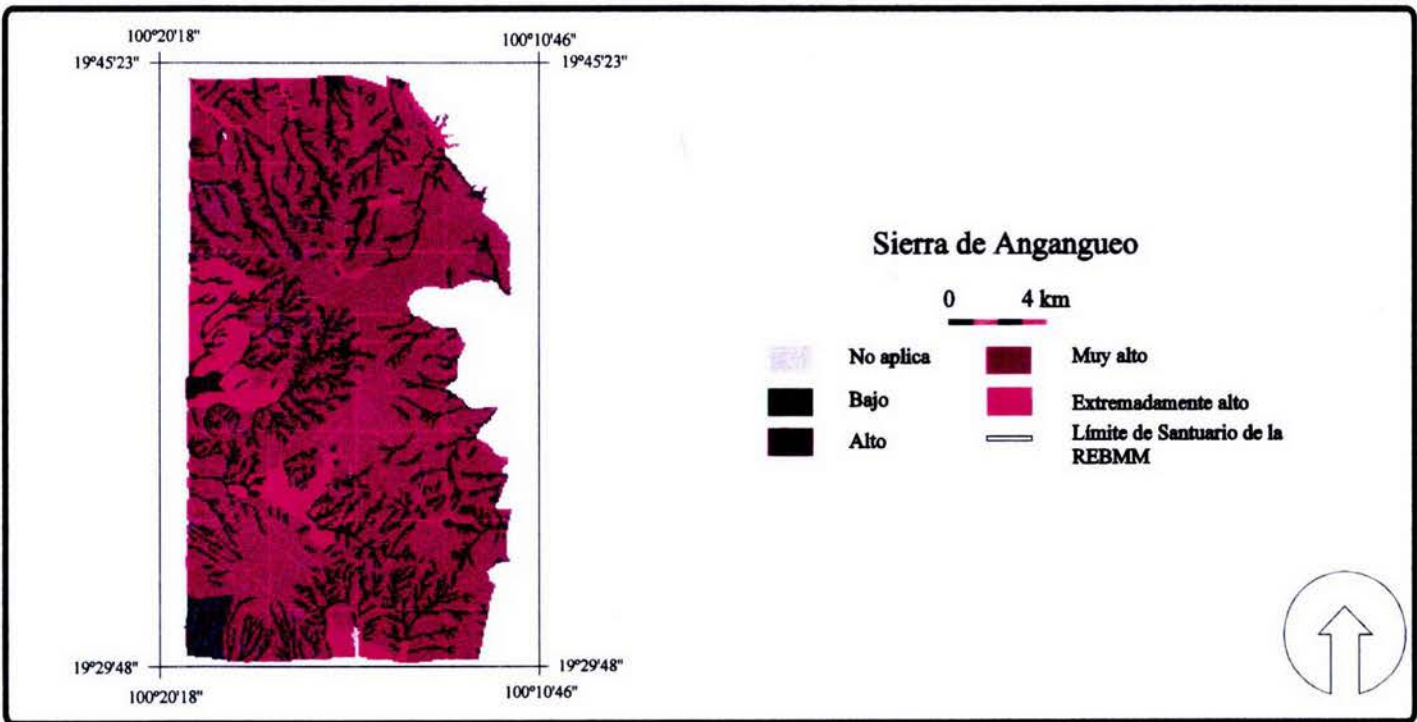
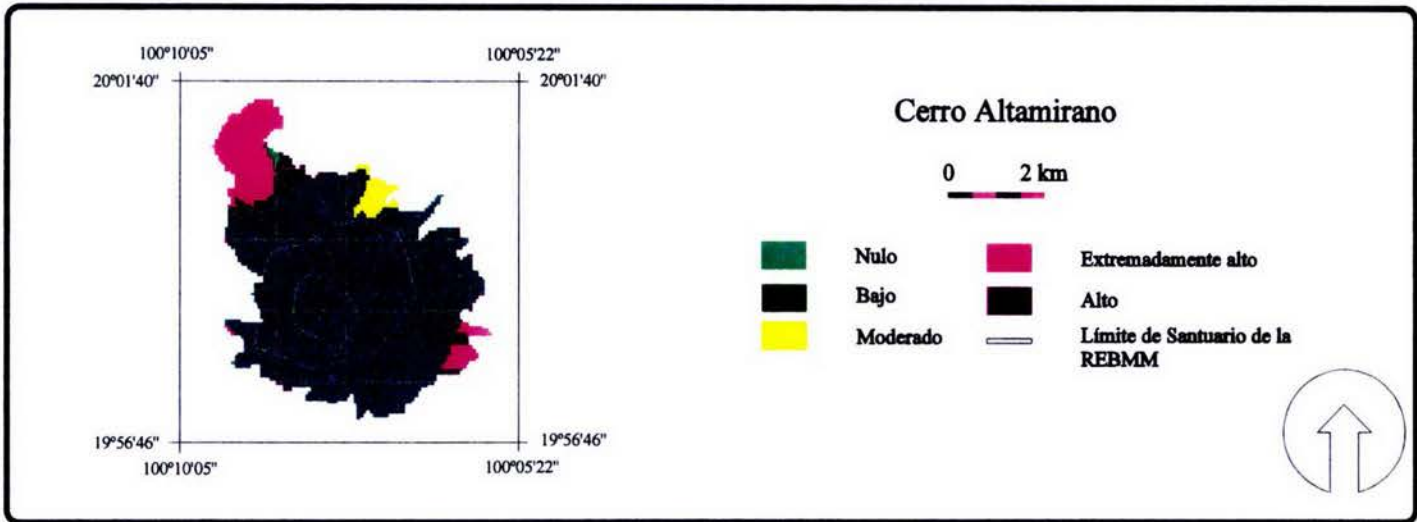
ANEXO 3

Mapas de grados de presión estimados

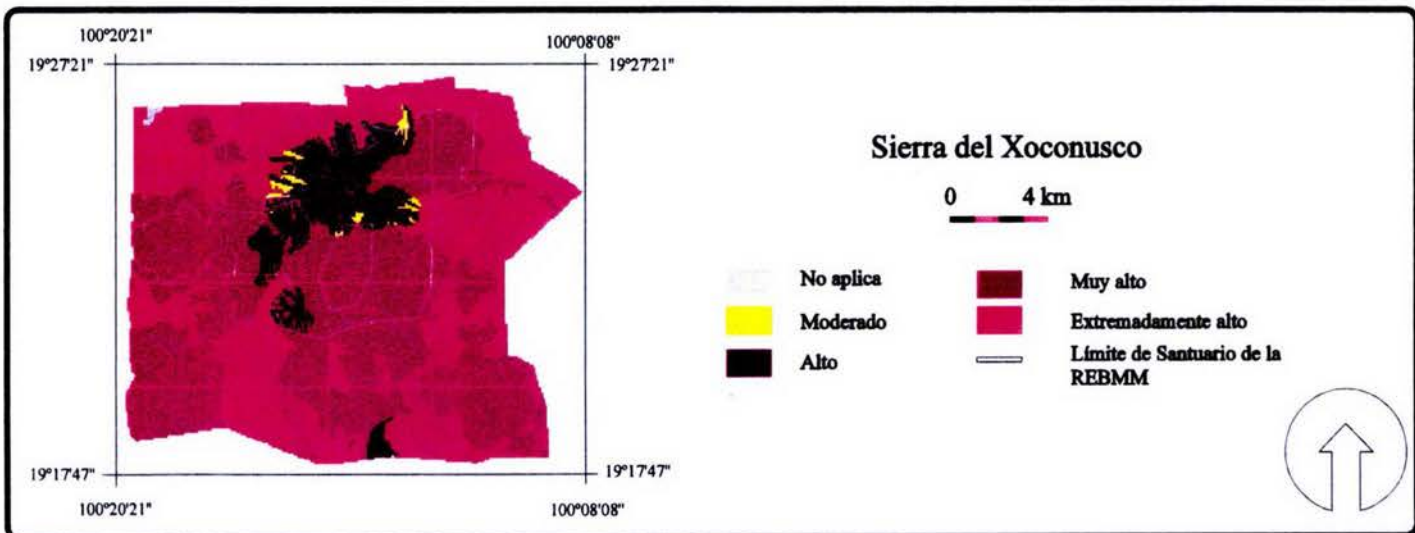
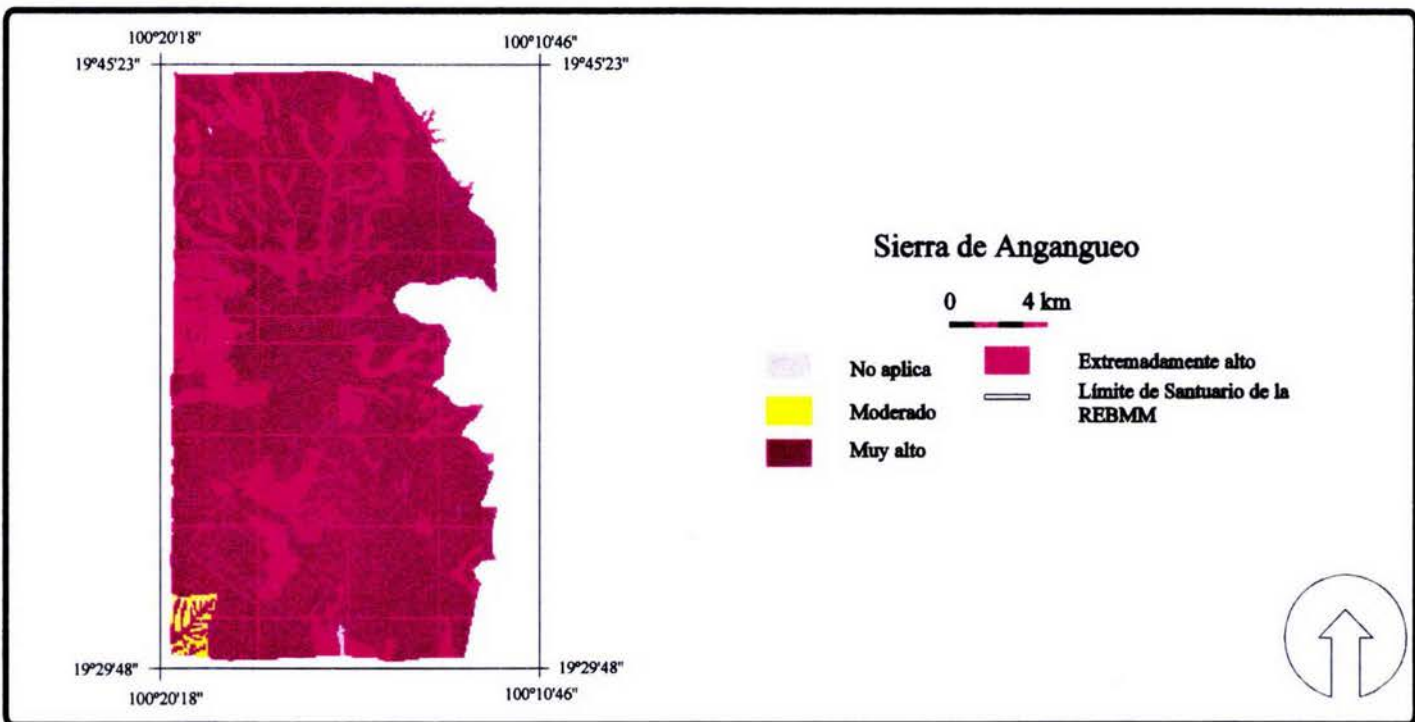
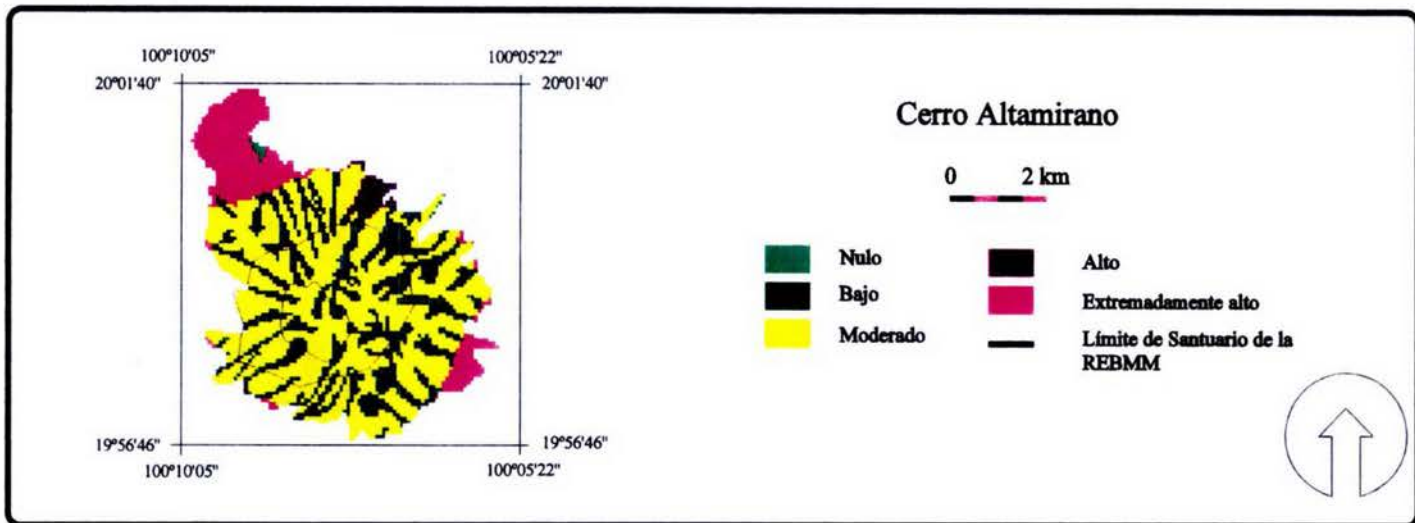
Grupos de grados de presión estimados para 1993



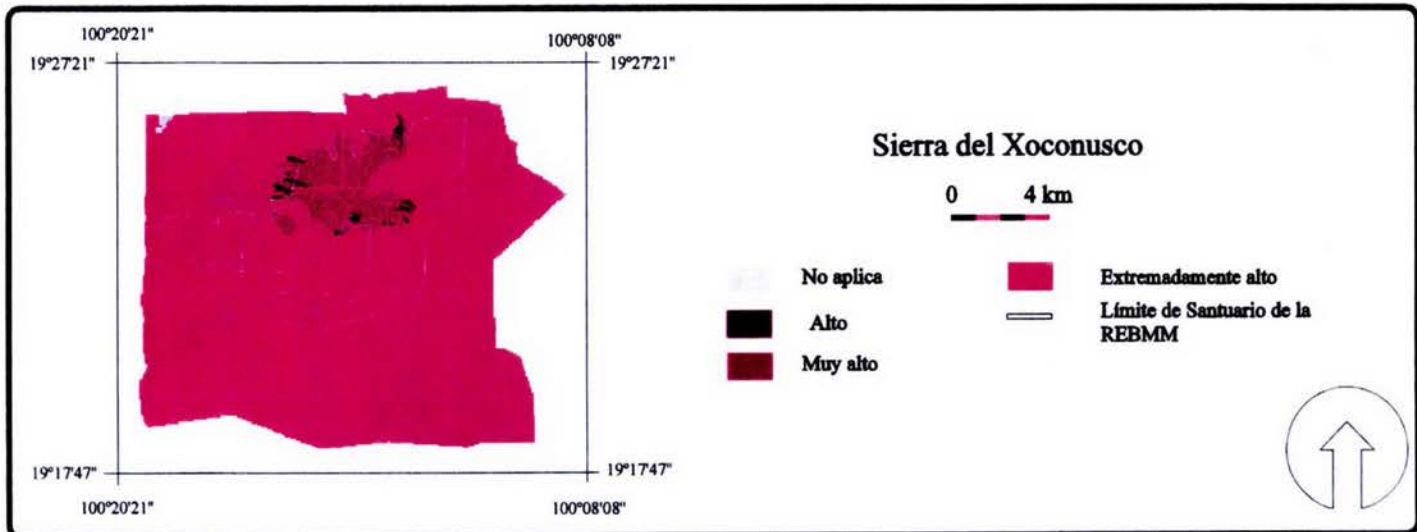
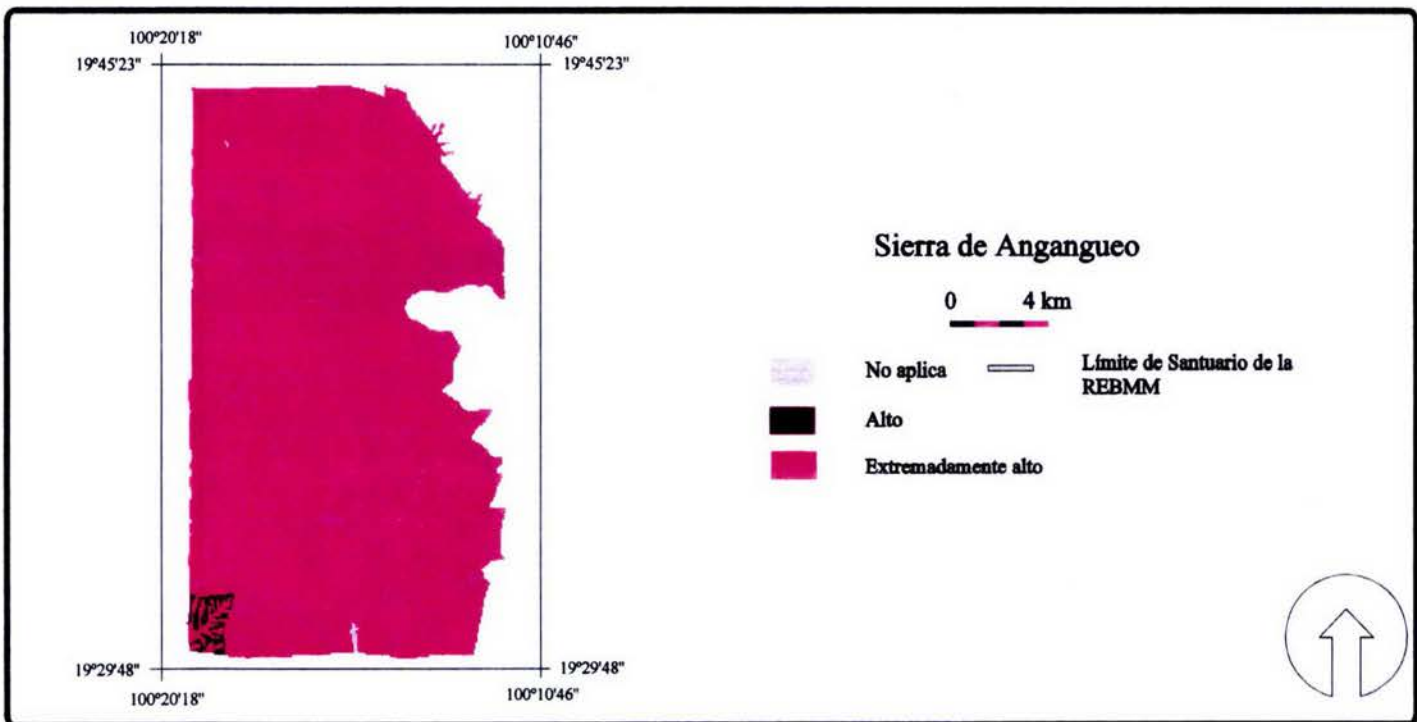
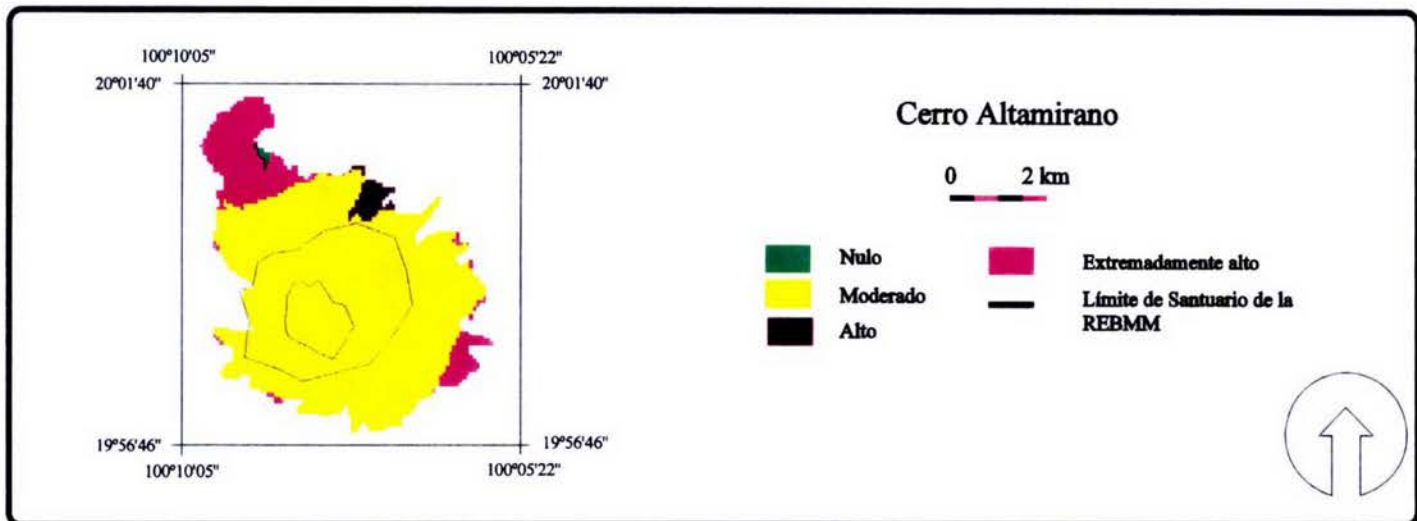
Grupos de grados de presión estimados para 2020



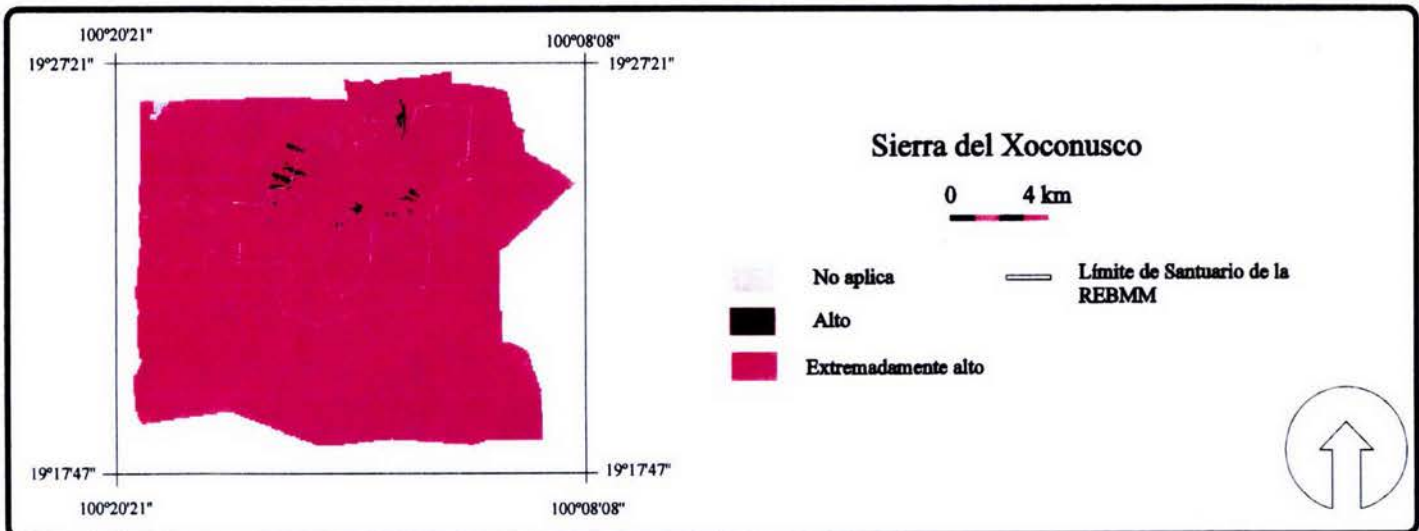
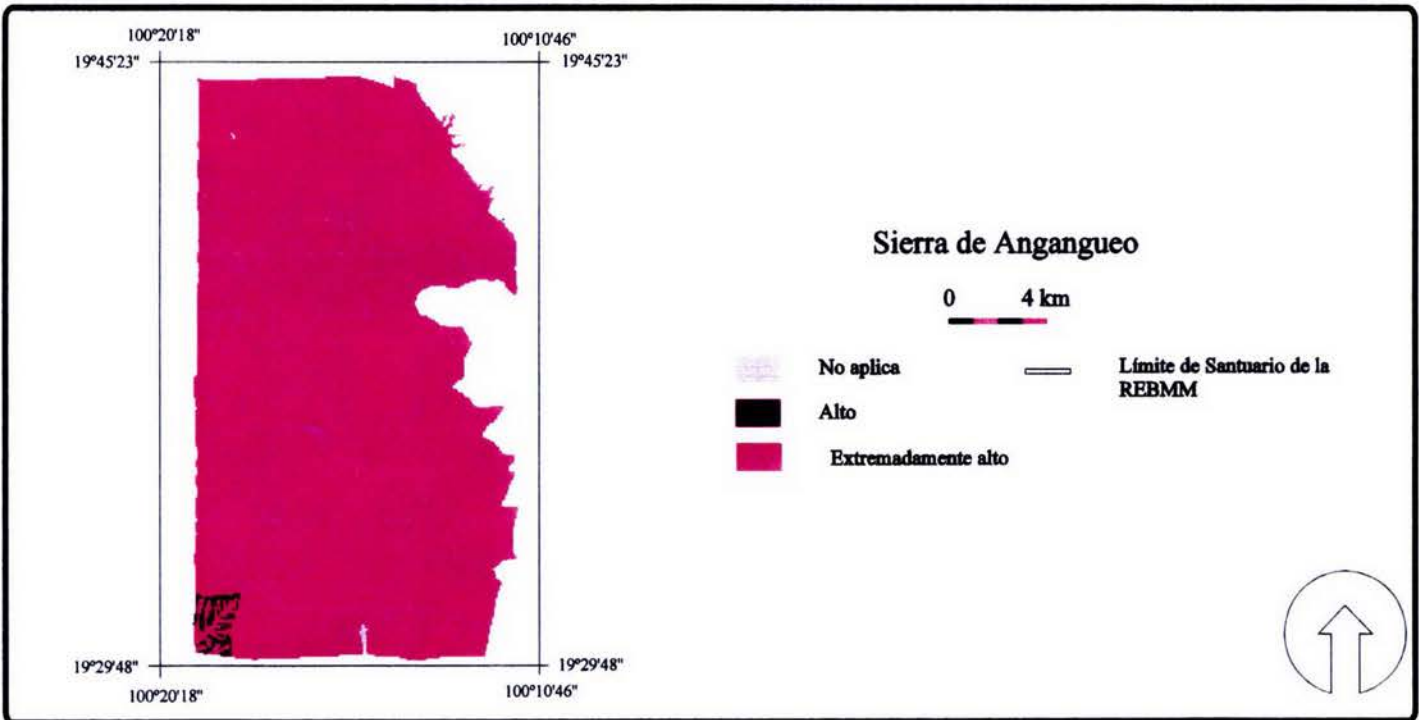
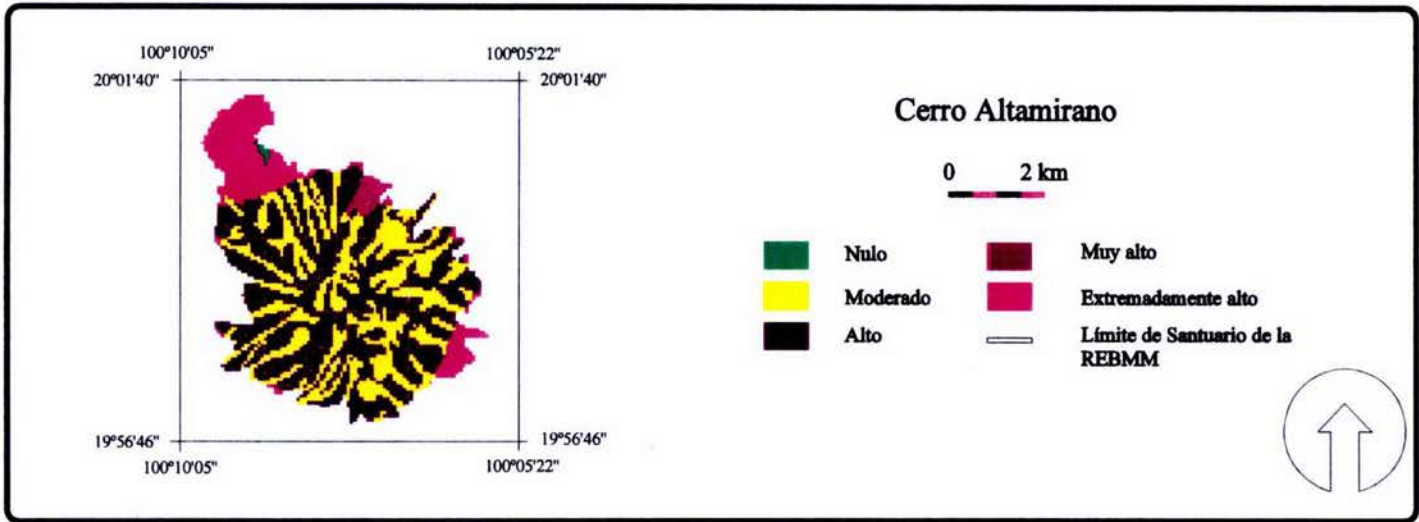
Grupos de grados de presión estimados para 2070



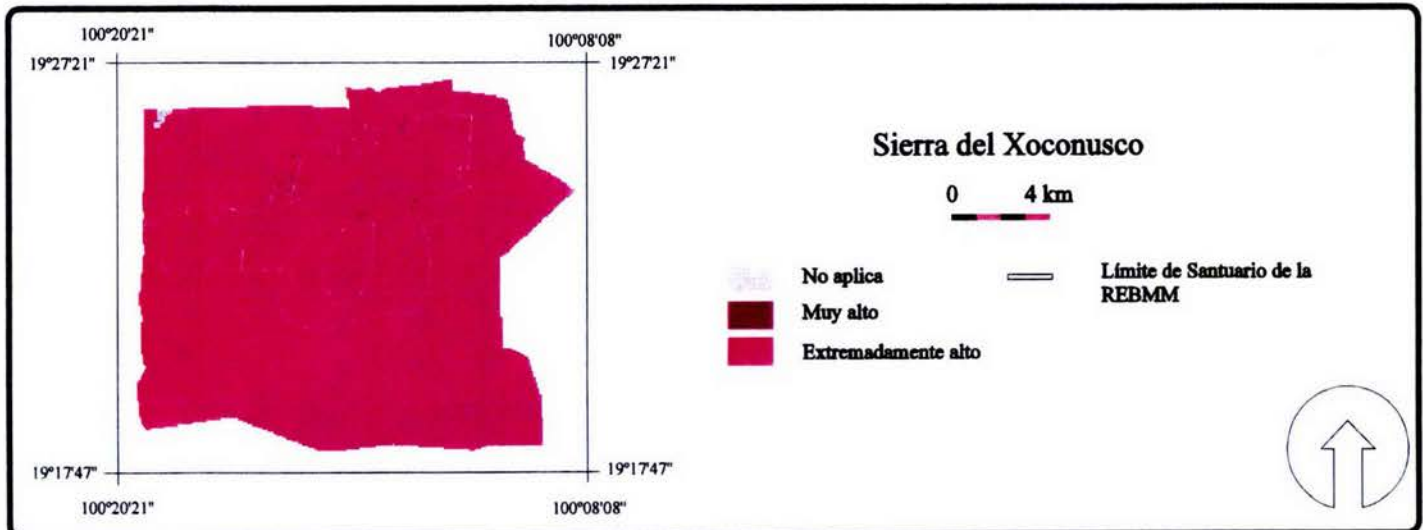
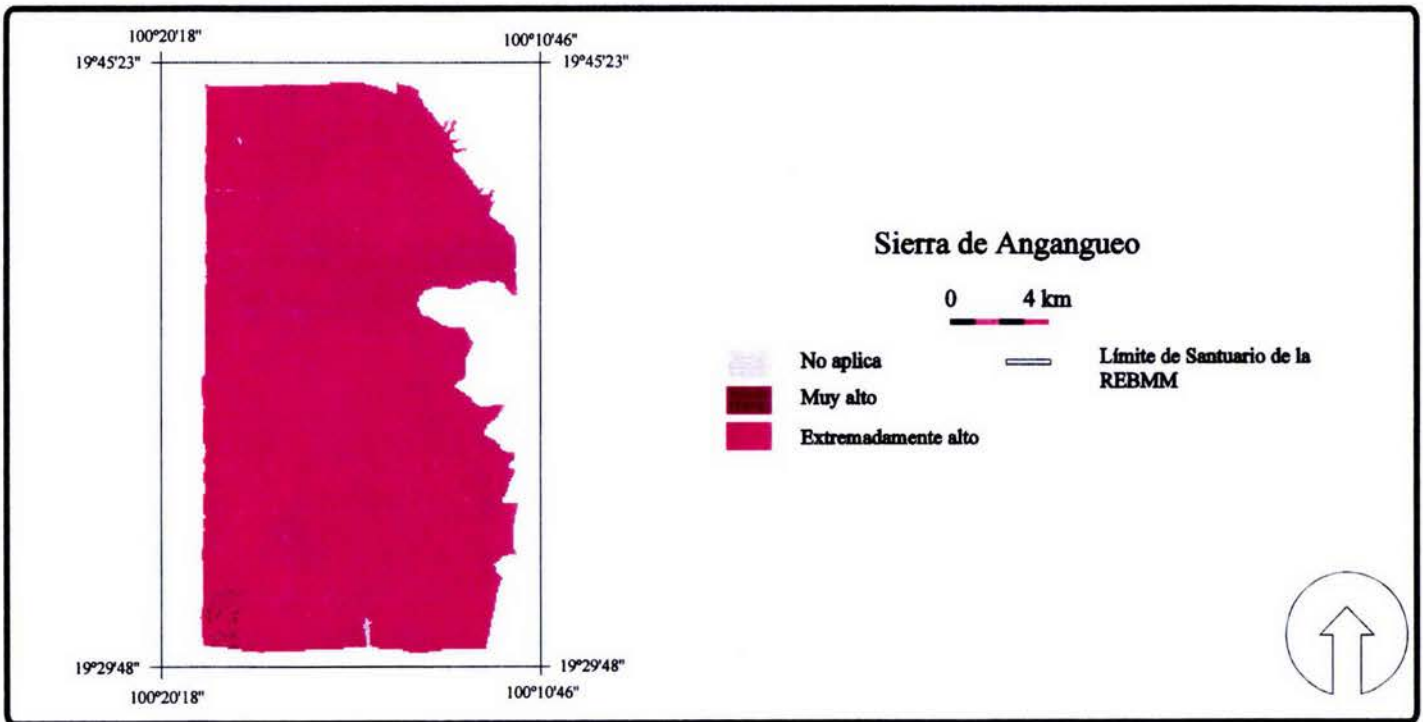
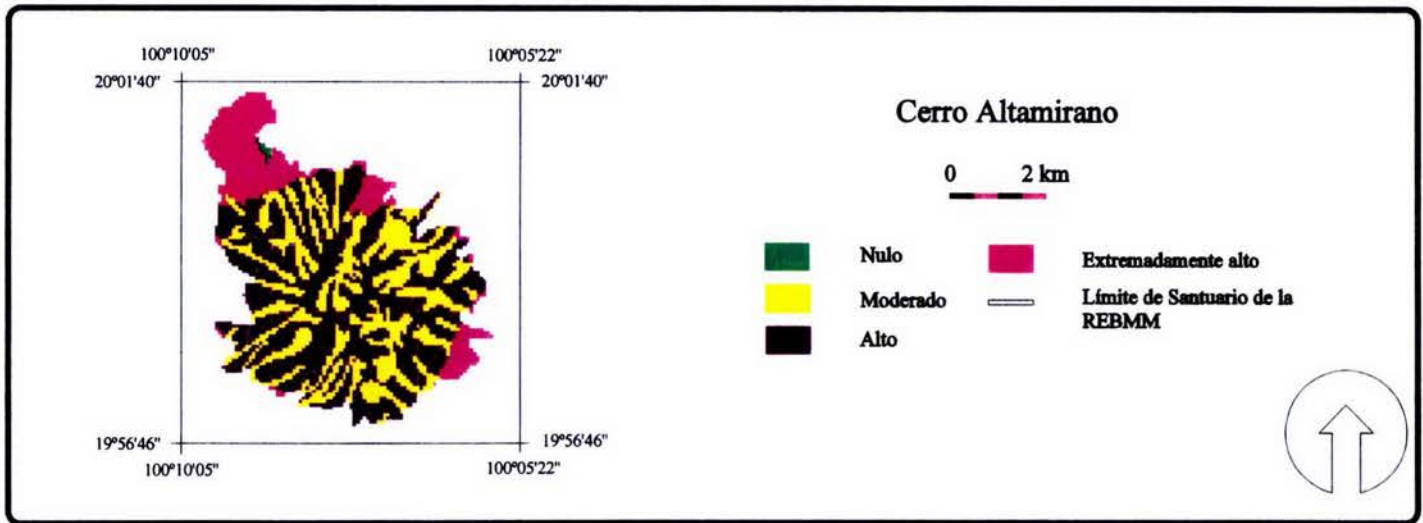
Grupos de grados de presión estimados para 2120



Grupos de grados de presión estimados para 2170



Grupos de grados de presión estimados para 2220



Grupos de grados de presión estimados para 2270

