



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**PROPUESTA DE UN MODELO CARTOGRÁFICO
PARA IDENTIFICAR ZONAS DE VALOR AMBIENTAL AMENAZADAS
PARA EL DISEÑO DE POLÍTICAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA**

TESIS

para obtener el título de:

BIÓLOGA

Presenta

ZENIA MARÍA SAAVEDRA DÍAZ

Directora Externa

Dra. Lina Ojeda Revah

Director Interno

M. en C. Faustino López Barrera



México D.F.
Noviembre 2007.



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.



Agradecimientos y dedicatoria:

Agradezco a la vida por permitirme concretar una más de mis metas.

A mis padres: *por todo el apoyo y cariño que me han brindado en la vida, por ser mi ejemplo para ser una persona de provecho y enseñarme que siempre hay que superarse. Por transmitirme ese amor y orgullo hacia nuestra Universidad. Al fin!!! hay otro PUMA en la familia...*

A mis hermanos: *por su cariño y apoyo;. porque han sido una inspirado para tratar de ser un buen ejemplo para ustedes. Espero que pronto terminen sus estudios y no se tarden tanto como yo en titularse.*

A la UNAM: *por formar parte de ella; por el nivel académico y curricular que significa el haber estado en esta casa de estudios; por disfrutar de sus instalaciones y eventos dirigidos al progreso estudiantil y, por la plantilla de excelentes maestros con la que cuenta.*

A mi tíos Mundo y Lolita: *por recibirme en su hogar con los brazos abiertos; por su apoyo, cariño y consejos y, por tratarme como a una hija: antes, durante y después de la carrera.*

A Lina Ojeda: *por todas tus aportaciones y exigencias en esta tesis. Por ser una excelente amiga, bióloga, jefa y persona comprometida con tus principios y trabajo. Gracias por todas las experiencias adquiridas y vividas, por tu confianza y por dejarme aprender de ti.*

A Faustino López: *por su apoyo incondicional y sus contribuciones en esta tesis. Por su amistad, confianza y tiempo. Por todas las anécdotas y convivencias durante la carrera; por el compromiso que tiene para enseñar y apoyar a todos sus alumnos y amigos.*

A los maestros Eliseo Cantellano, David Espinosa y Rubén Zulbarán: *por el tiempo dedicado y las valiosas aportaciones al contenido de este trabajo. Por todo el apoyo para concluir los trámites.*

A José Manuel Madrigal: *por todo lo que me enseñaste en el manejo del SIG, por tu paciencia, tu tiempo, tu amistad.*

A Gloria Leal: *por toda tu ayuda incondicional en la conclusión de este trabajo, por tu tiempo, por tu amistad. Gracias.*

A mis jefes: *Ing. Olayo, Ileana, Jaime y Mónica, por las facilidades brindadas para concluir esta tesis.*

A mis amigos, maestros y demás personas *que estoy segura que comparten conmigo la alegría de haber concluido esta tarea que venía "arrastrando". Por ayudarme con sugerencias, consejos, información, apoyo moral, tiempo y cariño: Lucero, Leslie, Male, Vicky, Ana Lilia, Luis Miguel, Victor, Isra, Toño, Ana, Alejandro Mohar, Efraín, Gerardo, Arcadio, ... Gracias a todos, y una disculpa a los que me faltaron de nombrar...*

Este pequeño logro se los dedico a todos ustedes

AL FIN TERMINAMOS!!!

SINCERAMENTE

ZENIA



ÍNDICE

1	Introducción	1
2	Revisión de Literatura	3
2.1	Jurisdicción administrativa del SC del D.F.	3
2.2	Caracterización del SC	6
2.3	Servicios Ambientales	11
2.4	Problemas Ambientales del D.F.	17
2.5	Riesgo, vulnerabilidad y amenaza	18
2.6	Los Sistemas de Información Geográfica	19
3	Planteamiento del Problema y justificación	25
4	Hipótesis	27
5	Objetivos	27
5.1	Objetivo General	27
5.2	Objetivos Particulares	27
6	Materiales y método	28
6.1	Método aplicado en gabinete	28
6.1.1	Selección del área de estudio	28
6.1.2	Revisión bibliográfica	28
6.1.3	Selección de la cartografía digital	29
6.2	Método aplicado en el manejo de la cartografía digital	30
6.2.1	Adecuación y homogenización de la cartografía seleccionada	30
6.2.2.	Información contenida en las bases de datos de los mapas y su manejo.	32
6.2.3	Generación de Mapas Base y productos cartográficos	32
6.2.3.1	Mapa Base 1, “Incidencia de Incendios”	33
6.2.3.2	Mapa Base 2, “Riesgo de erosión”	34
6.2.3.3	Mapa Base 3, “Deforestación”	35
6.2.3.4	Mapa Base 4, “Asentamientos humanos irregulares”	36
6.2.3.5	Mapa Base 5, “Poblados rurales, Programas parciales y equipamientos urbanos”	37
6.2.3.6	Mapa Base 6, “Vialidades”	38
6.2.3.7	Mapa Base 7, “Recarga de Acuífero”	39
6.2.3.8	Mapa Base 8, “Captura de Carbono”	39
6.2.3.9	Mapa Base 9, “Riqueza de especies”	40
6.2.3.10	Mapa Base 10, “Programa General de Ordenamiento Ecológico del D. F.”	41
6.2.3.11	Mapa Base 11, “Uso de suelo y vegetación del 2005”	43
6.2.3.12	Mapa Base 12, “Programa de reforestación del Gobierno Local”	45



6.2.3.13	Mapa Base 13, “Obras de conservación y proyectos productivos”	45
6.2.3.14	Mapa Base 14, “Proyectos de reconversión productiva”	46
6.2.4	Generación de nuevos productos cartográficos	47
6.2.4.1	Mapa A: “Zonas amenazadas por incendios, erosión y deforestación”	48
6.2.4.2	Mapa B: “Zonas amenazadas por crecimiento urbano”	49
6.2.4.3	Mapa C: “Servicios Ambientales”	49
6.2.4.4	Mapa D: “Zonas en contradicción con lo establecido con el PGOEDF”	52
6.2.4.5	Mapa E: “Gestión Actual”	52
6.2.4.6	Identificación de zonas de valor ambiental por su grado de conservación	53
7	Discusión y Resultados	54
7.1	Resultados obtenidos de los Mapas Base	54
7.1.1	Mapa Base 11 “Uso de suelo y vegetación e identificación de zonas conservadas”	54
7.1.2	Mapa Base 1 “Incidencia de Incendios”	60
7.1.3	Mapa Base 2 “Riesgo de erosión”	63
7.1.4	Mapa Base 3, “Deforestación”	65
7.1.5	Mapa Base 4, “Asentamientos humanos irregulares”	66
7.1.6	Mapa Base 5, “Poblados rurales, Programas parciales y equipamientos urbanos”	67
7.1.7	Mapa Base 6, “Vialidades”	67
7.1.8	Mapa Base 7, “Recarga de Acuífero”	68
7.1.9	Mapa Base 8, “Captura de Carbono”	69
7.1.10	Mapa Base 9, “Riqueza de especies”	70
7.1.11	Mapa Base 10, “Programa General de Ordenamiento Ecológico del D.F.”	71
7.1.12	Mapa Base 12, “Programa de reforestación del Gobierno Local”	73
7.1.13	Mapa Base 13, “Obras de conservación y proyectos productivos”	74
7.1.14	Mapa Base 14, “Proyectos de reconversión productiva”	77
7.2	Resultados obtenidos del análisis comparativo entre todos los productos cartográficos	78
7.2.1	Mapa A: “Zonas amenazadas por incendios, erosión y deforestación”	78
7.2.2	Mapa B: “Zonas amenazadas por crecimiento urbano”	79
7.2.3	Mapa C: “Servicios Ambientales”	80
7.2.4	Mapa D: “Zonas en contradicción con lo establecido con el PGOEDF”	82
7.2.5	Mapa E: “Gestión Actual”	85
7.2.6	Modelo Cartográfico para el SC del D.F.	86



7.3	Propuesta metodológica	89
7.4	Alcances y limitaciones del modelo cartográfico	90
7.4.1	Alcances del Modelo Cartográfico propuesto	90
7.4.2	Limitantes encontradas en la búsqueda, revisión y manejo de la información	92
7.5	Recomendaciones	94
8	Conclusiones	95
9	Bibliografía	97

Anexos

1	Mapa de zonas amenazadas por incidencia de incendios, riesgo de erosión y deforestación
2	Mapa de zonas amenazadas por crecimiento urbano
3	Mapa de Servicios Ambientales
4	Mapa de Zonas en contradicción con lo establecido por el PGOEDF
5	Mapa de Gestión actual
6	Modelo Cartográfico de las zonas de valor ambiental del SC del D. F., sus amenazas y su orden de atención



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Jurisdicción administrativa del SC	4
Cuadro 2	Superficies de SC por delegación política	5
Cuadro 3	Tipos de vegetación y uso de suelo	9
Cuadro 4	Categoría de ANP del D.F.	11
Cuadro 5	Mapas Base y Productos Cartográficos generados a partir de ellos	33
Cuadro 6	Rangos y categorías de incidencia de incendios (2000-2005)	34
Cuadro 7	Áreas de influencia de las vías de comunicación del SC	38
Cuadro 8	Categorías del mapa de captura de carbono	40
Cuadro 9	Zonificación del PGOEDF y normatividad que aplica	42
Cuadro 10	Categorías de clasificación del mapa de uso de suelo y vegetación 2005	44
Cuadro 11	Clasificación de los proyectos productivos y de conservación financiados con el Programa FOCOMDES (SMA-DG CORENADER)	46
Cuadro 12	Categorías del mapa de amenazas por incendios, erosión y deforestación	49
Cuadro 13	Matriz de valores de recarga de acuíferos-captura de carbono	51
Cuadro 14	Ponderación de las zonas de mayor valor ambiental del SC de acuerdo a su conservación	59
Cuadro 15	Proyectos productivos y obras de conservación financiados por la SMA (2002-2005)	75
Cuadro 16	Esquema de prioridades de atención para las zonas de valor ambiental del SC	86



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa del Suelo de Conservación y Suelo Urbano del D.F.	5
Figura 2	Metodología de combinación de mapas en formato vector	31
Figura 3	Mapa de uso de suelo y vegetación 2005	58
Figura 4	Mapa de incidencia de incendios	63
Figura 5	Mapa de riesgo de erosión	64
Figura 6	Mapa de deforestación	65
Figura 7	Mapa de asentamientos humanos	66
Figura 8	Mapa de vialidades	68
Figura 9	Mapa de recarga de acuífero	69
Figura 10	Mapa de captura de carbono	70
Figura 11	Mapa de riqueza de especies	71
Figura 12	Mapa del PGOEDF	73
Figura 13	Mapa de reforestación y reconversión productiva	74
Figura 14	Mapa de obras de conservación y proyectos productivos sustentables	76
Figura 15	Mapa de zonas amenazadas por incendios, erosión y deforestación	79
Figura 16	Mapa de zonas amenazadas por crecimiento urbano	80
Figura 17	Mapa de servicios ambientales	82
Figura 18	Mapa de zonas en contradicción con lo establecido por el PGOEDF	84
Figura 19	Mapa de gestión actual	85
Figura 20	Modelo Cartográfico de las zonas de valor ambiental del SC del D.F., sus amenazas y su orden de atención.	88



1. INTRODUCCIÓN


El Distrito Federal es el territorio donde se encuentra parte de la Ciudad de México, la cual es considerada como una de las más extensas y densamente pobladas del mundo. Al sur de esta gran masa conurbada sobreviven casi 90 000 ha de ecosistemas aún conservados (bosques, matorrales y pastizales) y campos agrícolas, que son de vital importancia para los habitantes de esta ciudad por los Servicios Ambientales que les aportan. Este sitio corresponde al llamado Suelo de Conservación del Distrito Federal (SC), su administración está a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del D.F., la cual aplica los lineamientos del Programa General del Ordenamiento Ecológico del D.F., establecido en el año 2000, quien ayuda a resguardar las áreas de valor ambiental, controlando las actividades que aquí se realizan.

Existen muchas amenazas relacionadas con la población urbana y rural que, paulatinamente, han afectado al SC, como son: tala y caza clandestinas, erosión provocada por la pérdida de cobertura vegetal y malas prácticas agrícolas, incendios forestales y, principalmente, cambio de uso de suelo debido al crecimiento urbano, que ha ganado terreno en las zonas agrícolas y en los bosques.

También hay muchos estudios y documentos relacionados con el SC, que pueden apoyar la creación y mejoramiento de políticas de gestión ambiental, pero se encuentran dispersos en instituciones gubernamentales y de investigación, por lo que estas políticas se ven limitadas por falta de bases científicas que las respalden.

Por lo anterior, en el presente trabajo se ha hecho una recopilación de información, y se propone una metodología sencilla y práctica, basada en el manejo de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para identificar en corto plazo, sitios de valor ambiental que se encuentran amenazados dentro del SC.

La metodología propuesta consistió en analizar visualmente en un SIG, cartografía temática digital, considerando diferentes variables y revisando las bases de datos de los mapas, para

reflejar en ellos tendencias generales relacionadas con amenazas ambientales y la importancia ecológica que tiene cada sitio identificado. 

En la actualidad el SC sigue estando amenazado por diversas actividades del hombre, por lo tanto, se requiere generar diagnósticos rápidos de la situación, que respalden las decisiones estratégicas de manera pronta y efectiva para su restauración y conservación. Además, muchas instituciones gubernamentales carecen de personal especializado en temas específicos o presupuesto para generar los estudios requeridos que sustenten nuevas políticas de gestión ambiental. Este modelo permitirá analizar la información de manera rápida y eficaz, mostrando las zonas que se recomienda atender, priorizando así su atención.

Al aplicar esta metodología en el SC, quedó demostrado que este modelo cartográfico resulta lo suficientemente confiable y consistente, para identificar zonas de valor ambiental por el grado de conservación que éstas presentan, el papel que desempeñan en la dinámica ambiental y los servicios ambientales que aportan, asimismo, pudieron ubicarse las principales amenazas a las que está sujeto el SC, plasmándose en un mapa final junto con las áreas de valor ambiental.

Por último, cabe mencionar a manera de limitación, que este modelo requiere una actualización constante y que se vería muy enriquecido si se incorporan variables de tipo socioeconómico al hacer el diagnóstico del sitio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.-Jurisdicción administrativa del Suelo de Conservación del Distrito Federal

Para fines administrativos, actualmente el Distrito Federal (D.F.) se encuentra dividido en Suelo Urbano (SU) y Suelo de Conservación (SC). Uno de los instrumentos de gestión que más influyó hasta llegar a esta jurisdicción administrativa fue el Plan Director para el Desarrollo Urbano del D.F. (DDF, 1978).

Posteriormente, en 1987 la Ley de Desarrollo Urbano del D.F. clasificó al suelo en apto para el desarrollo urbano y en áreas de conservación ecológica. La delimitación de esta zona estaba definida por la línea de Conservación Ecológica (DDF, 1987).

En el Programa General de Desarrollo Urbano (PGDU) se estableció la estructuración del espacio regional a través de la integración de un sistema de áreas protegidas para preservar y restaurar las zonas naturales y evitar la ocupación del ahora SC (GDF, 1996).

La declaratoria de la línea limítrofe ratificó el perímetro del suelo considerado de conservación ecológica, definida en el PGDU (DDF, 1987).

En 1998, el GDF y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) convinieron realizar investigaciones para desarrollar el estudio del Ordenamiento Ecológico, el cual fue la base para la elaboración del Programa General del Ordenamiento Ecológico del D.F. (PGOEDF), cumpliendo con los mandatos establecidos en la Ley Ambiental aprobada por la Asamblea Legislativa del D.F. (ALDF), Gaceta Oficial del D.F. (GODF) en el 2000. El Programa cumple con lo establecido en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEEPA), y con otros ordenamientos aplicables. El PGOEDF es un instrumento para regular el SC del D.F. a través de procesos de planeación dirigidos a evaluar y programar las actividades humanas con el fin de lograr un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, a partir de cuatro políticas: Conservación, Protección Ecológica, Restauración del Equilibrio Ecológico y Aprovechamiento Sustentable (PAOT, 2005).

A manera de síntesis se presenta el Cuadro 1 donde se aprecia el desarrollo cronológico de los instrumentos legales que fueron la base de la jurisdicción administrativa vigente.

Cuadro 1 Jurisdicción administrativa del SC			
FECHA	INSTRUMENTO LEGAL	DISPOSICIONES	OBSERVACIONES
(DOF) 7 de enero de 1976. revisada 16 julio 1987	Ley de Desarrollo Urbano del D.F. (DDF, 1976, 1987).	Establece el límite entre el área de desarrollo urbano y el área de conservación ecológica	Art. 48. Clasificación del suelo que incluía los espacios dedicados a la conservación. Se definen las áreas de conservación ecológica como "constituidas por los elementos naturales que cumplen una función de preservación del medio ambiente"
1978	Plan Director para el Desarrollo Urbano del D.F. (DDF, 1978).	Consideraba como elementos de equipamiento urbano a las áreas verdes, dividiendo al territorio del D.F. en espacios urbanizados, reservas territoriales y espacios dedicados a la conservación; estos últimos quedaron comprendidos en la superficie del ahora SC.	
(DOF) 28 de diciembre 1981	Publicación de reformas a la Ley de Desarrollo Urbano del D.F. (PAOT, 2005).	Definió la zonificación primaria en términos de lo establecido en la primera Ley de Desarrollo Urbano del D.F. (1976)	
(DOF) 16 de julio 1987; ratificada (GODF) el 5 de octubre 1992	Declaratoria de línea limítrofe (DDF, 1987)		
1980	Plan General de Desarrollo Urbano del D.F. (DDF, 1980)		
1982	Actualización del Plan General de Desarrollo Urbano del D.F. de 1980 (PAOT, 2005)	Establece la línea del SC	
GODF 29 enero 1996	Ley de Desarrollo Urbano del D.F. incluida en el PGDU del D.F. y en los 16 Programas Parciales publicados en 1987. (GDF, 1996).	El territorio del D.F. se clasificará en SU y SC	Art. 30. Donde SC son: diversas zonas naturales conservadas, aptas para producción agropecuaria, piscícola, forestal, agroindustrial o turística y poblados rurales, y las zonas no aptas para asentamientos humanos. Se incluyen las áreas de conservación ecológica constituidas por los elementos naturales que cumplen una función de preservación del medio ambiente con criterios urbanistas
Aprobada por la ALDF el 23 de diciembre 1999; (GODF) 13 de enero 2000.	Ley Ambiental del D.F. (GDF, 2000)	Art. 9° Otorga a la Secretaría del Medio Ambiente del D.F. a través de la DG CORENADER la atribución de vigilar formular y ejecutar el PGOEDF	
(GODF) 1° de agosto de 2000	PGOEDF. (GDF, 2000).	Establece zonificación (8 zonas homogéneas, denominadas <i>unidades ambientales</i>) a través de la cual define y regula los usos del suelo en el SC	
(GODF) 26 de enero de 2004	Reformas Ley Ambiental del D.F. (GDF, 2004)	Normatividad vigente.	

Para la realización del presente modelo cartográfico se seleccionó el SC del D.F. el cual abarca 59% de su superficie total (GDF, 2000). Si consideramos que el crecimiento de la Ciudad de México se ha dado principalmente hacia la parte noreste, norte y noroeste, extendiéndose hacia el

Estado de México (zona metropolitana), es en la zona sur del D.F. donde queda englobada la mayor parte del SC.

Según el PGOEDF, el SC cubría una superficie de 85 554 ha, sin embargo, esta superficie se incrementó a 86 804 ha, debido a la incorporación de la Sierra de Guadalupe en el 2003 (1 250 ha), la cual se ubica al norte del D.F., en la delegación Gustavo A. Madero (GDF, 2000a).

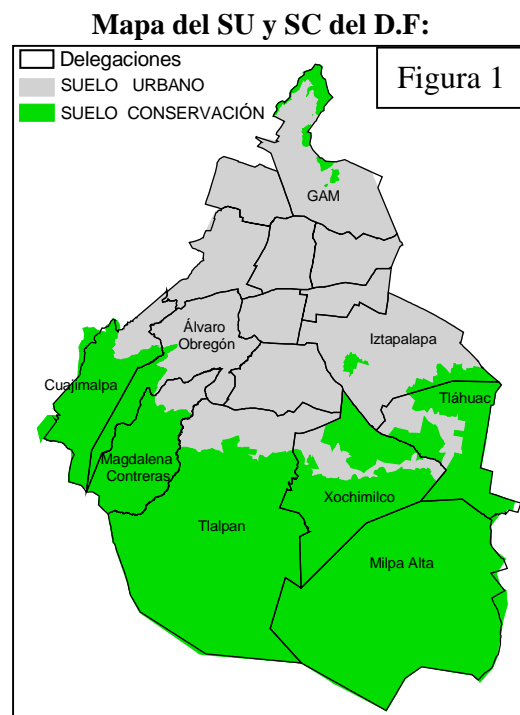
Cabe señalar, que del 2000 al 2002, los límites del D.F. con los Estados de México y Morelos, así como los límites entre el SC y el SU, se han ido ajustando de acuerdo con las actualizaciones de los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano (PDDU) del D.F. Con base en lo anterior, el Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (DGCORENADER), calculó y reportó que la superficie del SC para el 2003 era de 88 442 ha (Figura 1), (DGCORENADER, 2003).

Finalmente, en marzo del 2006 fue editado, con recursos de la Secretaría del Medio Ambiente del D.F.(SMA), y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el “Atlas de uso de suelo y vegetación”, publicado en noviembre del 2006 y en el que se reporta una superficie de 87 310.8 ha para el SC (GDF, 2005).

De las 16 delegaciones que conforman al D.F.,

nueve forman parte del SC (Cuadro 2):

Cuadro 2. Distribución del SC por delegaciones		
Delegación	Superficie total de SC por delegación (ha)	SC (%)
Milpa Alta	28093.88	31.8
Tlalpan	25953.57	29.4
Xochimilco	10243.18	13
Tláhuac	6482.23	7.3
La Magdalena Contreras	6196.05	7
Cuajimalpa de Morelos	5776.61	6.5
Álvaro Obregón	1980.18	2.2
Gustavo A. Madero	1225.11	1.4
Iztapalapa	1147.42	1.3



En el Cuadro 1 y Figura 1 se aprecia la superficie y el porcentaje que cada demarcación aporta al territorio total del SC. Cabe resaltar que, a excepción de Gustavo A. Madero e Iztapalapa, las otras siete delegaciones tienen la mayor parte de su superficie como zona de conservación y Milpa Alta es totalmente SC.

2.2.-Caracterización del SC del D.F.

Ubicación geográfica

La mayor parte del SC se ubica al sur del D.F., sólo una pequeña porción de éste se localiza al norte del mismo (figura 1). En la fracción sur, sus coordenadas geográficas extremas son: 19°19'44'' latitud norte, 98°58'13'' longitud oeste, y 19°02'47'' latitud norte, 99°03'11'' longitud oeste; mientras que en la fracción del norte, son: 19°34'40'' latitud norte, 99°08'00'' longitud oeste y 19°29'42'' latitud norte y 99°05'11'' longitud oeste (GDF, 2000).

Geomorfología

El SC está ubicado dentro de la región fisiográfica de la cuenca endorreica del Valle de México, la cual limita con el Eje Neovolcánico Transversal y en la que se reconocen al menos tres diferentes formaciones: lacustre, de transición y de montaña. Las formaciones montañosas que rodean al SC son: al norte, la Sierra de Guadalupe; al sur, las Sierras del Chichinautzin y del Ajusco; al poniente, la Sierra de las Cruces; y, al oriente, la Sierra de Santa Catarina (GDF, 2000).

De las laderas montañosas de la Sierra de las Cruces, se extiende una planicie de origen lacustre con mantos de acumulación volcánica y de acarreo, que forma un pie de monte irregular el cual drena hacia la llamada zona lacustre metropolitana, mientras que el escurrimiento, sobre todo superficial, de las Sierras del Chichinautzin y del Ajusco, baja hacia la zona plana donde se encontraban los lagos de Texcoco, Xochimilco y Chalco, de los que actualmente sólo subsisten en el D.F. la parte inundada de la zona chinampera en Xochimilco y Tláhuac y los humedales de esta última demarcación (GDF, 2000).

En lo que se refiere a la altitud, el SC va de las cotas de los 2 200 a los 4 000 msnm, pero casi la mitad de este territorio se ubica por arriba de los 3 000 msnm (Rzedowsky, 1978).

Geología

En la parte sur del SC se presenta un relieve endógeno (material volcánico acumulado), resultado de la continua actividad volcánica a fines del periodo geológico del Pleistoceno. Los volcanes jóvenes muestran coladas de lava asociadas y los más antiguos se encuentran cubiertos, total o parcialmente, de materiales eyectados por otros volcanes jóvenes (Velázquez y Romero, 1999).

Cabe mencionar que la zona montañosa, de más de 2 700 msnm, presenta materiales parentales constituidos por coladas basálticas y de andesitas basálticas, originando una permeabilidad alta que se incrementa por la fracturación de los materiales (GDF, 2000).

Suelos

La edafología del sitio está asociada al drenaje natural, donde la zona lacustre está compuesta por dos formaciones de arcillas, una superior y otra inferior de 30 a 70 m de espesor, que están divididas por la llamada “Capa Dura”, compuesta de limos y arenas. Las formaciones arcillosas constituyen un acuitado debido a su baja permeabilidad. La zona de transición que se localiza en el pie de monte se considera como la *interfase* de las zonas lacustre y de montaña y está conformada por arcillas embebidas en limos y arenas, en las cercanías de la zona lacustre, y por basaltos fracturados, en las inmediaciones de la zona montañosa. Como sus permeabilidades son altas, el pie de monte se considera como la zona donde ocurre la mayor recarga del acuífero (GDF, 2000).

Los principales tipos de suelos reportados por el INEGI según la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) son: Andosol húmico (suelo joven formado básicamente de material volcánico, arena y cenizas) y Litosol (suelos muy delgados asociados a material rocoso superficial). En menor proporción se reportan Regosol dístico y éutrico, Cambisol, Feozem háplico y Fluvisol dístico (INEGI, 1978).

Hidroclimatología

Como se mencionó, el D.F. se encuentra en una cuenca cerrada (endorreica); esta cuenca fue drenada “artificialmente” mediante el Túnel de Tequixquiac en la época de la Colonia. Cuando la cuenca estaba cerrada era una zona de lagos, mismos que hoy en día están casi secos en su totalidad. La desaparición de los lagos ha provocado importantes cambios en el ciclo hidrológico y el clima de la región (Jáuregui, 1998).

Las corrientes superficiales existentes, son de régimen torrencial e intermitente, ya que principalmente se observan en época de lluvias. Los principales tipos de drenaje superficial son el subdendrítrico, en la porción oeste, mientras que en el sur, dada la elevada infiltración, se carece de cualquier tipo de drenaje superficial (GDF, 2000).

De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen (Lateinamerika-Studien Online, 2005), el mesoclima de todo el SC es templado subhúmedo con lluvias en verano e invierno seco (Cw). Aunque, desglosando más este comportamiento climático, según Köppen, modificado por García (INEGI, 2007), en el SC existe: una zona templada con temperatura media anual entre 12 y 15 °C en altitudes cercanas a los 2 000 msnm y hasta 2 800-2 900 msnm (en general este clima se presenta en la zona de Xochimilco); y una zona semifría con temperatura media anual de 5 a 12 °C localizada en las partes más elevadas de las sierras, en alturas mayores de 3 000 msnm (Rzedowsky, 1978).

En el SC se pueden distinguir dos estaciones climáticas bien definidas, por su posición geográfica y particular topografía: la húmeda (junio-octubre) y la seca (abril-mayo). El promedio anual de precipitación es de 1 200 mm y se recibe en el oeste y sureste principalmente, es decir, sobre las Sierras de las Cruces y del Ajusco (Rzedowsky y Calderón, 2001).

Varios autores (Rzedowsky y Calderón, 2001; GDF, 2000a y Velázquez y Romero, 1999) coinciden en que el valor natural de esta zona se ha subestimado, pues la dinámica evolución del área originó condiciones edafológicas y geomorfológicas muy diversas que permiten muchas infiltraciones, siendo las zonas con mayor potencial para recarga de acuíferos las que se localizan en Sierra de Las Cruces, Sierra del Ajusco y Sierra del Chichinautzin.

Biodiversidad

Esta región es una de las de mayor concentración de especies del país –muchas de ellas endémicas- debido a la compleja topografía y variedad de climas que la conforman (Región Biogeográfica Neártica y Neotropical) (Velázquez, 2005).

A pesar de ser la entidad más pequeña en el país y la que sufre la mayor presión urbana sobre su zona de conservación, en lo que se refiere a fauna, el D.F. ocupa el vigésimo tercer lugar en número de especies endémicas de vertebrados en Mesoamérica (cifra comparable sólo con las selvas secas de la vertiente del Pacífico); y el vigésimo cuarto lugar en especies endémicas

estatales. Todavía cuenta con 381 especies entre mamíferos, aves, reptiles y anfibios; de éstas, 71 se encuentran en peligro de extinción por la pérdida de su hábitat (GDF, 2000 y Velázquez y Romero, 1999).

Tipos de vegetación y uso del suelo

En el SC aún se encuentran grandes extensiones o macizos boscosos de coníferas y latifoliadas. Los bosques de coníferas comprenden generalmente especies de *Pinus hartwegii*, *P. teocote* y *P. leiophylla*, que se ubican en las zonas más altas de las sierras ya mencionadas. Conforme disminuye la altitud se encuentran bosques mixtos principalmente de pino, oyamel (*Abies religiosa*) y encino (*Quercus laurina*, *Q. rugosa* y *Q. obtusata*). En las zonas de cañadas abunda el oyamel; y, en las zonas bajas de las montañas hay encinares, asociados en algunas ocasiones con ailes (*Alnus jorullensis* y *A. acuminata*) y madroños (*Arbutus jalapensis*) (GDF, 2000 y Velázquez y Romero, 1999); aunque por la intensa influencia humana, las reforestaciones con especies no originarias, los incendios y la invasión de vegetación secundaria, actualmente se puede observar en todas estas comunidades vegetales hay una gran cantidad de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que no son nativas del SC. Los tipos de vegetación mencionados se describen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tipos de vegetación y uso del suelo del SC				
Vegetación y uso de suelo	Extensión en ha (2000)	% SC 2000	Extensión en ha (2005)	% SC 2005
Coníferas y latifoliadas	38,252	43.3	39,713.17	45.48
Matorral	500	0.6	4029.1	4.62
Pastizal	10,937	12.4	6613.04	7.57
Agrícola	28,599	32.3	30,785.20	35.26
Urbano	10,104	11.4	5,554.93	6.36
Minas	-	-	125.43	0.14
Cuerpos de agua	-	-	489.82	0.56
Total	88,442	100	87,310.8	100

Fuente: (GDF, 2000 y GDF, 2005).

Al respecto, es necesario mencionar el papel que juegan las Áreas Naturales Protegidas (ANP) en las zonas que aún tienen ecosistemas conservados.

Áreas Naturales Protegidas

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), define a las ANP como “...porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados” (CONANP, 2007). Estas zonas protegidas federales se crean mediante un decreto presidencial, y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la LEGEEPA (su reglamento, programas de manejo y programas de ordenamiento ecológico). A cada ANP se le asigna una categoría cuando es decretada, con ello queda sujeta a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo; según las actividades que se permiten realizar en ellas, pues mientras más conservado y biodiverso sea el ecosistema, más se restringe la presencia humana. Para las ANP a nivel federal existen seis categorías que se enlistan a continuación: (CONANP, 2007)

- 1) Reservas de la Biosfera
- 2) Parques Nacionales
- 3) Monumentos Naturales
- 4) Áreas de Protección de Recursos Naturales
- 5) Áreas de Protección de Flora y Fauna
- 6) Santuarios

En México, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la CONANP, administra 161 áreas naturales de carácter federal, mismas que representan más de 22'712 284 ha (CONANP, 2007).

En el caso del D.F. actualmente existen 17 ANP, pero siete de ellas eran de competencia federal, hasta que en abril de 1999, el GDF y el Gobierno Federal, a través de la antes Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), suscribieron un convenio para transferir la administración de siete Parques Nacionales al Gobierno local, a través de la SMA. Posteriormente a su decreto, las ANP del D.F. fueron clasificadas de la siguiente manera: (GDF, 2000).

- ZSCE: Zona Sujeta a Conservación Ecológica
- ZPF: Zona Protectora Forestal
- PN: Parque Nacional
- PU: Parque Urbano

Actualmente, se encuentra en proceso el establecimiento del Sistema de ANP (SIANAP D.F.), el cual conjuntará, organizará y controlará todas las acciones administrativas y técnicas para la planificación y realización de programas orientados a la conservación, manejo y administración

de estas zonas. En el Cuadro 4 se enuncian las 17 ANP del D.F. con su categoría de protección, ubicación y superficie (SMA, 2006a):

Cuadro 4.	Categorías de las ANP del D.F. y su ubicación y superficie		
	ANP	Ubicación	
Delegación		Suelo*	
1. ZSCE. Bosques de las Lomas	Miguel Hidalgo	SU	26.4
2. P-U. Bosque de Tlalpan	Tlalpan	SU	252.86
3. P.N. Cerro de la Estrella	Iztapalapa	SC	143.0
4. P.N. Cumbres del Ajusco	Tlalpan	SC	920.0
5. P.N. Desierto de los Leones	Cuajimalpa, Álvaro Obregón	SC	1,529.0
6. ZSCE. Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco	Xochimilco	SC	2,657.0
7. P.N. El Tepeyac	Gustavo A. Madero	SC	238.53
8. P.N. Fuentes Brotantes de Tlalpan	Tlalpan	SU	17.85
9. P.N. Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla	Cuajimalpa	SC	336.0
10. P.N. Lomas de Padierna	Álvaro Obregón	SC	30.63
11. ZSCE. Parque Ecológico de la Cd. de México	Tlalpan	SC	727.61
12. ZSCE. Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Miguel Hidalgo	SU	141.6
13. ZSCE. Tercera Sección del Bosque de Chapultepec II	Miguel Hidalgo	SU	85.67
14. ZSCE. Sierra de Guadalupe	Gustavo A. Madero	SC	684.0
15. ZSCE. Sierra de Santa Catarina	Iztapalapa y Tláhuac	SC	576.0
16. PU Bosque de Tláhuac	Tláhuac	SU	21
17. ZSCE La Armella	Gustavo A. Madero	SC	121.5
Total			8,366.15

*La administración y normatividad de las ANP corresponde a la SMA, a través de la DGCORENADER. En el caso de las ANP ubicadas en Suelo Urbano (SU), la administración es competencia de la Delegación correspondiente quedando la normatividad en la SMA.

Es importante aclarar que, aunque las poligonales de las ANP localizadas en SC aparecen en el PGOEDF, este último no incluye las actividades que se pueden realizar en ellas, pues las ANP deben tener su propia zonificación asociada a un programa de manejo (SMA, 2006a).

Otra atribución importante que tiene el GDF y que puede beneficiar mucho a la biodiversidad existente en el SC, es que cuenta con la facultad para crear nuevas ANP, a través de la SMA la cual, puede proponer la creación de nuevas áreas protegidas, regularlas, vigilarlas y administrarlas, además de establecer los lineamientos generales y la coordinación de acciones en materia de protección, conservación y restauración de sus recursos naturales, flora, fauna, aire, suelo y zonas de amortiguamiento (GDF, 2000).

2.3.- Servicios Ambientales (SA)

De acuerdo con Herman, R. (2003), se denomina servicio ambiental “*al beneficio intangible que los diferentes ecosistemas ponen a disposición de la sociedad, ya sea de manera natural o por*

medio de su manejo sustentable. En consecuencia, la base de los servicios ambientales se halla en los componentes y procesos que integran los ecosistemas y entre los principales destacan...”:

- Regulación del clima y amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales.
- Provisión de agua, por su calidad y/o cantidad.
- Generación de oxígeno.
- Control de la erosión y generación, conservación y recuperación de suelos.
- Captura de carbono y asimilación de diversos contaminantes.
- Protección de la biodiversidad, de ecosistemas y formas de vida.
- Polinización de las plantas y control biológico de plagas.
- Degradación y reciclaje de los desechos orgánicos.
- Belleza del paisaje y recreación.

Otro concepto de SA es el que se menciona en *Millenium Ecosystem Assessment (2005)*, “... *los servicios ambientales son las condiciones y los procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman dan sostén a la vida en el planeta*”. De acuerdo con esta definición, los SA se clasifican de la siguiente manera:

- Servicios de aprovisionamiento o suministro.- Bienes producidos o proporcionados por los ecosistemas, por ejemplo: alimentos, agua pura, madera/leña, combustibles, fibras, minerales, bioquímicos y recursos genéticos.
- Servicios de regulación.- Beneficios obtenidos a partir de la regulación del ambiente y los procesos de los ecosistemas: servicios climáticos, degradación de suelos, retención de sedimentos/control de la erosión, control biológico y de enfermedades, regulación y purificación del agua, mantenimiento de la calidad del aire, absorción de desechos y mitigación de riesgos, entre otros.
- Servicios de soporte o base.- Mantienen las condiciones básicas para la vida en el planeta y constituyen los procesos necesarios para la generación de todos los demás servicios de los ecosistemas: producción de materias primas, polinización, provisión de hábitat, producción de oxígeno y formación del suelo y del ciclo de los nutrientes o producción primaria, etcétera.
- Servicios culturales.- Beneficios intangibles, no materiales, que las personas obtienen de los ecosistemas para mejorar su calidad de vida mediante el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo (tradicional y formal/educativo), la reflexión, la recreación y las experiencias de carácter estético, la herencia de valores (patrimonio cultural), etcétera.

En resumen, según las definiciones anteriores, los SA son los beneficios que aportan los recursos naturales. Sin embargo, en la primera cita, estos beneficios se han clasificado de acuerdo con lo que ofrecen a la población o al uso que les dan los seres humanos; a diferencia de la segunda clasificación, donde los servicios están catalogados por las aportaciones que hacen a todo el entorno (ecosistema) y no sólo a la población humana.

En años recientes, el acelerado deterioro ambiental ha planteado la necesidad de buscar instrumentos que promuevan el mantenimiento de los servicios ambientales a largo plazo, permitiendo el desarrollo sustentable. Estos instrumentos componen las políticas públicas a nivel mundial, aunque en el caso de México éstas aún no son suficientes (Hernán, 2003)

Como el SC es la zona donde se ubican las áreas más conservadas y la mayor cantidad de recursos naturales, éste es el que más SA aporta y, por ende, es de gran importancia para toda la Ciudad de México. Cabe destacar que un tema primordial para implementar políticas de preservación y conservación en esta zona, es el pago de los SA a los núcleos agrarios que tienen la posesión de estas tierras (SMA, 2005).

En cuanto a los SA que el SC otorga, al que más se le ha dado prioridad para buscar alternativas de protección es a la recarga del acuífero, puesto que el D.F. obtiene de los mantos acuíferos, el 70% del agua que se consume en la Ciudad de México (FAO, 2006).

Es evidente que la demanda actual de agua sobrepasa la capacidad hídrica de la Cuenca de México por lo tanto, es urgente modificar los esquemas de manejo para hacer un uso más eficiente del agua y evitar su contaminación. Es necesario resguardar las zonas identificadas como de mayor infiltración y controlar la extracción de agua subterránea en la subcuenca Chalco-Xochimilco por medio de instrumentos legales (Cotler, 2004).

Otro SA que hay que atender en el D.F. es la biodiversidad, la cual tiene una de las mayores aportaciones para los habitantes, pues engloba desde materias primas y especies de autoconsumo (madera, flora medicinal y comestible) hasta la apreciación del paisaje, zonas de recreación e investigación, etcétera. (Mitchell, 1999).

La captura de partículas suspendidas y la Captura de Carbono (CC) son otros servicios importantes que brinda el SC a través de la conservación de la masa arbórea existente. Es sabido que la Ciudad de México, a nivel mundial, es una de las ciudades con más alta contaminación del aire. Parte de la contaminación se mide por la cantidad de partículas suspendidas, las cuales, dependiendo de su tamaño, se clasifican como PM₅ y PM₁₀. Las primeras miden entre 2.5 y 10 micrómetros y son originadas por humo, tierra y polvos tóxicos de fábricas, zonas agrícolas y caminos y pueden contener también mohos, esporas y polen. Las segundas son menores a 2.5 micrómetros y se originan de compuestos orgánicos y metales pesados. Ambas ocasionan daños a

la salud, pero las PM₅ afectan más a los pulmones porque están compuestas con elementos de mayor toxicidad (Air Info Now, 2007).

Las concentraciones de PM₁₀ en la atmósfera están con mucha frecuencia fuera de los límites establecidos por normas de protección a la salud. Los niveles de este contaminante exceden el límite permisible para periodos de 24 horas (150 ug/m³) lo que puede tener como consecuencia efectos de tipo agudo en la salud de la población. Cuando este promedio se mantiene, el riesgo aumenta a efectos de tipo crónico. Esto se dio durante dos meses en 1998 y en diciembre del 2000 en la Ciudad de México. (SEMARNAT, 2002).

En cuanto a la CC, es el único SA con un mercado formal de carácter global (bajo las normas del Protocolo de Kyoto). Una definición de este SA es: *“la extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros de carbono (como los océanos, los humedales, los bosques o la tierra) a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis”* (Prompex, 2007). Hoy en día se intenta aumentar la CC plantando nuevos bosques y conservando en buen estado los existentes (Prompex, 2007).

Los proyectos de CC bien implementados generan beneficios adicionales, como la protección de cuencas y la propia remuneración por el pago de SA a las comunidades locales (SEMARNAT, 2003). En México, por ejemplo, en 2002 el Congreso aprobó la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la cual fue reformada el 26 de diciembre de 2005 (SEMARNAT, 2005), para promover la CC. Dicha ley contempla el pago por SA prestados por ecosistemas forestales y tierras con potencial de uso forestal. El carbón capturado sería pagado a la comunidad mediante proyectos de desarrollo económico y social. Este proyecto fue sometido a la consideración del *Bio Carbon Fund* el cual, de ser aprobado, pagaría 8.65 USD la tonelada de CO₂ equivalente; de esta manera los proyectos comunitarios pueden ser una alternativa efectiva para la reducción de emisiones (Falls Brook Centre, 2006).

El SC ofrece también SA de paisaje como zona recreativa, turística y de valor escénico; al sur de la Ciudad existen muchas zonas de este tipo, accesibles para los ciudadanos y ligadas a la atracción que generan las tradicionales fiestas, ferias, comidas, etc., de todas las localidades rurales que se ubican en la zona de conservación (Bazant, 2001).

Desafortunadamente, este panorama no es tan atractivo, pues paralelamente hay una gran lista de problemas que atacan al SC (y que no son muy diferentes a los que se dan en el resto del país).

Aun con la aplicación de este nuevo instrumento legal (PGOEDF), siguen ocurriendo problemas que afectan la calidad de vida de la población humana y de los ecosistemas, pero ahora se lleva un mejor control de las actividades que se realizan e incluso, se han restringido algunas otras (GDF, 2000). Asimismo, se han creado otros instrumentos que tratan de proteger el patrimonio natural que aún existe en el D.F. A este respecto se decretó la *Ley para la retribución por la protección de los Servicios Ambientales del Suelo de Conservación* del D.F. (GDF, 2006a); esta Ley se publicó en la Gaceta Oficial el 4 de octubre del 2006 y su objetivo es establecer mecanismos que retribuyan a los núcleos agrarios y pequeños productores del SC, para que protejan, conserven y amplíen los SA que sus tierras brindan a los habitantes de la Ciudad de México. Además de poder realizar actividades productivas vinculadas al desarrollo rural equitativo y sustentable conforme a la Ley Ambiental y el PGOEDF (GDF, 2006a).

Dicha Ley se aplicará a través de la SMA pues esta Entidad debe impulsar los programas e instrumentos de política ambiental destinados a los productores y habitantes rurales; a su vez, pretende que éstos obtengan empleos e incrementen sus ingresos, desalentando los cambios de uso de suelo. Los apoyos estarán dirigidos, por lo tanto, a las actividades productivas y de conservación de los recursos naturales, tales como (GDF, 2006a):

- Vigilancia, conservación y protección de los propios recursos naturales y de las áreas decretadas con alguna figura de protección en los ejidos y comunidades del SC
- Restauración ecológica de las zonas degradadas
- Promoción y realización de proyectos productivos sustentables
- Fomento de la comercialización de productos agropecuarios y artesanales del SC
- Cuidado y fomento de la chinampa
- Fomento y regulación de la actividad pecuaria que reduzca los impactos negativos al medio ambiente y el deterioro ambiental
- Prevención y combate de incendios forestales; y,
- Fomento de actividades ecoturísticas y de conservación de suelo y agua que eviten el cambio de uso de suelo.

Para apoyar esta Ley, la Asamblea Legislativa del D.F (ALDF), en el Decreto de Presupuesto de Egresos del D.F. deberá destinar anualmente, recursos para el Fondo Ambiental Público, el cual es un instrumento de política ambiental previsto en los artículos 69,70 y 71 de la Ley Ambiental del D.F. (GDF, 2006a).

Finalmente, cabe destacar que aún existen muchas zonas de alto valor ambiental, que no cuentan con decretos de protección; el primer paso para poder conservarlas o rescatarlas es identificándolas a partir de indicadores que puedan justificar su importancia.

Se considera un **Área de Valor Ambiental** (AVA), cuando “...*los ambientes originales han sido modificados por actividades antropogénicas y requieren ser restaurados o preservados...*” (Agroforestal San Remo, 2006), porque aún mantienen ciertas características biofísicas y escénicas, y éstas les permiten contribuir a mantener la calidad ambiental en el estado o situación en que se localizan (Agroforestal San Remo, 2006).

En el D.F., el Artículo 90 Bis 1 de la Ley Ambiental del D.F. (GDF, 2002), dicta que las categorías de áreas de valor ambiental que son de competencia de esta entidad, son los bosques urbanos y las barrancas, “...*los bosques urbanos son las áreas verdes ambientales que se localizan en suelo urbano, en las que predominan especies de flora arbórea y arbustiva y se distribuyen otras especies de vida silvestre asociadas y representativas de la biodiversidad, así como especies introducidas para mejorar su valor ambiental, estético, científico, educativo, recreativo, histórico o turístico, o bien, por otras zonas análogas de interés general, cuya extensión y características contribuyen a mantener la calidad del ambiente en el Distrito Federal; (...) los bosques urbanos se establecerán mediante decreto del Jefe de Gobierno*”, y deberán cumplir con los requisitos establecidos en las fracciones II, IV y VI del artículo 94 de esta Ley. Asimismo, ésta Ley indica que todas las barrancas del D.F. se consideran áreas de valor ambiental; para éstas últimas, la SMA elaborará un diagnóstico ambiental para formular su programa de manejo según las disposiciones contenidas en la Ley Ambiental del D.F., el PGOEDF, el Programa de Desarrollo Urbano del D.F. y los Programas delegacionales aplicables.

A partir del 2006, en el D.F., se está aplicando este criterio para decretar áreas de valor ambiental dentro de la zona urbana sin embargo, no hay AVA decretadas en el SC (SMA, 2006).

Por otro lado, en la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO), se realizan estudios para determinar el valor ambiental de las áreas conservadas y los parámetros que toman en cuenta son: la integridad ecológica (funcionalidad) de cada ecosistema y el estado del hábitat (calidad-grado de conservación). Cuando las características funcionales se encuentran en, o lo más cercano a su estado natural, tienen el mayor valor. También, evalúa cualitativamente la diversidad de hábitat que se encuentran representados en el área en cuestión, esto se usa como indicador cuando en un mismo sitio, están representados varios tipos de hábitat (bosques, lagos, ríos, humedales, bosques, matorrales, pastizales u otros). Se consideran también los endemismos (con respecto a las estadísticas nacionales), las especies amenazadas y la abundancia de las mismas (CONABIO, 2007).

Por su parte, el Instituto Nacional de Ecología (INE), cuando identifica sitios de valor ambiental califica principalmente: la cantidad de agua que las áreas aportan a los mantos acuíferos, la cantidad de especies endémicas, la superficie que ocupan y en general, otros SA como biodiversidad, paisaje, riberas naturales y cauces fluviales no contaminados, zonas de importancia agroecológica y/o recreativa y laderas frágiles. (INE, 2007).

Se considera que un área de **Alto Valor Ambiental** *tiene un potencial de factores bióticos y abióticos que interactúan en un ecosistema determinado y que propician una biodiversidad relevante o las condiciones para el desarrollo de la misma; así como, para ayudar al abastecimiento de agua, regular el clima o proteger otros recursos naturales* (INE, 2007).

2.4.- Problemas Ambientales del D.F

Otros problemas ambientales en el D.F. son la deforestación, tiraderos clandestinos de basura y cascajo, asentamientos humanos irregulares, erosión, etcétera. Por ejemplo, se ha reportado que en el área en cuestión se perdieron 6 810 ha de masa forestal, entre 1970 y 1997. Otro dato drástico es que la zona urbana en este mismo lapso de tiempo ganó 7 540 ha (6 370 ha de zonas agrícolas, 500 ha de pastizal, 530 ha forestales y 140 ha de matorral), sumando para 1997 cerca de 9 400 ha (GDF, 2002a).

Como antecedente de estos cambios de uso de suelo que se han dado en el D.F. se tiene que, entre los años cuarentas y cincuentas existían 81 ejidos y 12 comunidades. Para los años setentas desaparecieron 40 núcleos agrarios (36 ejidos y 4 comunidades) por la urbanización, los cuales se calcula que son equivalentes a 17 000 ha agropecuarias y forestales (GDF, 2000a).

Actualmente, la SMA reporta una tasa anual de deforestación de 240 ha; parte de esa deforestación no sólo es por la urbanización, también influyeron la tala clandestina, el cambio de uso de suelo (de forestal a agropecuario) y los incendios, asociados casi siempre a las quemadas de monte para el pastoreo, entre otros (GDF, 2002a).

Toda esta problemática crecía de forma exponencial y cuando entró en vigor el PGOEDF, se empezaron a aplicar políticas de conservación y manejo de recursos, también a restringir muchas actividades que antes no se controlaban. Pero aún quedan muchas cosas por hacer en materia ambiental para poder minimizar las actividades que amenazan y ponen en riesgo al SC. Por un largo tiempo se aplicaron en esta entidad políticas ambientales diseñadas para todo el país. Además, el Departamento del D.F. por su parte, no llevó a cabo un control efectivo de la

expansión urbana sobre las áreas protegidas, porque carecía de esquemas administrativos locales que permitieran una aplicación adecuada de la legislación, es decir, permitió que la zona rural se viera invadida por la urbanización (Schteingart, 2005).

2.5.- Riesgo, vulnerabilidad y amenaza

El Centro de la Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos en 1983, estableció que “el **riesgo** *“es el costo social relacionado con la posibilidad de que se produzca en un periodo determinado y en un zona dada, un accidente o desastre potencialmente nocivo para los bienes, las actividades, la salud y la vida de quienes habitan el lugar”* (Rodríguez, D. 1999). Asimismo, la **vulnerabilidad** *“se refiere a la probabilidad de que un ser humano, grupo social, o elemento físico o socioeconómico, pueda resultar destruido, dañado o perdido”* (Novo y Lara, 1997).

Por otro lado, Wilches Chauxs (1993), plantea que un **riesgo** *“es cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente donde habita una comunidad determinada que sea vulnerable a ese fenómeno; siendo la vulnerabilidad, la incapacidad de la comunidad para absorber mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente.”*

Como las definiciones de riesgo y vulnerabilidad, anteriormente citadas, refieren estos conceptos de manera muy general, se presenta otra definición que las engloba y que está asociada a un ejemplo donde éstos son calificados:

Según Novo y Lara (1997), el término riesgo *“se refiere a la posibilidad de que se produzcan daños para las personas o para sus bienes y depende no sólo del proceso en sí, sino también del grado y ocupación de la superficie terrestre por parte de las comunidades humanas”*. Con base en lo anterior, si se tiene una zona deshabitada donde se han presentado varias erupciones volcánicas en años recientes, el nivel de peligrosidad o amenaza para el sitio será elevado pero el riesgo será prácticamente nulo, pues al no estar habitada es casi imposible que haya daños. Por el contrario, una zona densamente poblada que sufre inundaciones cada 50 años, tiene una amenaza baja pero un riesgo elevado, ya que los daños que las inundaciones producirán serán considerables. La vulnerabilidad participa aquí como un factor que influye en la evaluación de riesgos, ya que se estima por comparaciones: con la destrucción producida por eventos anteriores en la zona o por eventos similares en diferentes zonas.

Según el ejemplo anterior y las definiciones de tres autores, se traduce que:

- ✓ El riesgo debe pensarse o medirse en víctimas o pérdidas económicas, y que es un fenómeno o proceso que produce un daño potencial a un individuo o población.
- ✓ La vulnerabilidad es lo susceptible que es el objeto, individuo o población, para ser afectado por el fenómeno, dadas las condiciones que presenta.
- ✓ La amenaza es la probabilidad que tiene el objeto, individuo o población de ser afectado por un riesgo o fenómeno.

2.6.- Los sistemas de información geográfica (SIG).

En la actualidad todos los estudios relacionados con la evaluación o el manejo de los recursos naturales requieren del uso (y a su vez son generadores) de información espacial, es decir de datos generados en campo y referidos a un lugar específico de la superficie terrestre (López, 2001). Para poder ordenar e interpretar la información de manera visual se ocupan, por lo tanto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Un SIG puede definirse como un modelo de un sitio real, referido a un sistema de coordenadas terrestres y construido para satisfacer necesidades concretas de información; consiste en un conjunto de programas computacionales o rutinas automatizadas con equipos de cómputo, periféricos e información relacionada con un sitio específico localizado y tienen la capacidad para compilar, almacenar, manipular, analizar y consultar información referente al espacio en un tiempo determinado, para después desplegarla o plasmarla en forma de mapas, tablas y gráficos (Geomatik Schweiz, 2006).

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía (Geomatik Schweiz, 2006).

Una buena razón para utilizar un SIG es la gestión pública con información espacial, pues este sistema ofrece al usuario los elementos necesarios para la planeación y la toma de decisiones en torno a problemas relacionados con el espacio, no sólo por la cantidad y complejidad de la información que se genera en los estudios sobre recursos, sino también por la necesidad de analizar esos datos y correlacionarlos con varias fuentes de información espacial, como mapas, videos, fotografías aéreas, imágenes de satélite, etcétera, para integrarlas eficientemente en un

todo (Bocco, 2000). El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas o “capas de información” y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente, a través de la topología de los objetos con el fin de generar otra nueva (capa de información) que no se podría obtener de forma más rápida (Navarro y Legorreta, 1998).

Para la geografía, geología, topografía, biología y demás ciencias que hacen uso de la información geográfica, los SIG han constituido una verdadera revolución desde su aparición, hace casi cuarenta años (Geomatik Schweiz, 2006).

Los tipos de información que un SIG reconoce para trabajar son el *raster* y el *vectorial*. “*El modelo de SIG raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un píxel de valor único...*” El píxel se observa como un punto de color en el monitor del ordenador, papel u otro dispositivo de representación. “*Cuanto mayores sean las dimensiones de las celdas (resolución) menor es la precisión o detalle en la representación del espacio geográfico.*” Por otro lado, los gráficos vectoriales (también conocidos como modelados geométricos o gráficos orientados a objetos), “*...son los que se conforman de puntos, líneas, curvas o polígonos, y se construyen por un ordenador basándose en ecuaciones matemáticas...*”, por lo tanto, los gráficos *rasterizados* se distinguen de los gráficos *vectoriales* en que estos últimos representan una imagen a través del uso de objetos geométricos como, curvas y polígonos, no del simple almacenamiento del color de cada píxel (Wikipedia, 2007).

Los SIG *vectoriales* son los más utilizados, no obstante, los SIG *raster* se ocupan preferentemente en estudios que requieren la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etcétera). Por lo tanto, para este trabajo, dada la escala del análisis (superficie del SC del D.F.), se escogió usar la información en formato *vectorial*, además de que se tienen las siguientes ventajas al trabajar con estos archivos (Wikipedia, 2007):

- No pierden calidad al ser escalados, rotados o deformados. Ciertamente, se puede dar un acercamiento sobre una imagen *vectorial* de forma ilimitada. En el caso de las imágenes

rasterizadas, llega un momento en el que el aumento revela que la imagen está compuesta por píxeles.

- Las imágenes *vectoriales* pueden requerir menor espacio en disco que un *bitmap*, dependiendo del tipo de imagen.
- Las imágenes formadas por colores planos o degradados sencillos, son más factibles de ser *vectorizadas*.

Dentro de la información *vectorial* existen dos tipos de archivos: los tipo *shape* y los *CAD*. Los *shapes* son los formatos estándar del SIG y se componen de tres ficheros o archivos asociados que tienen las siguientes extensiones (shp, shx y dbf). Una bondad de este archivo es que, como la base de datos está almacenada en el archivo .dbf, ésta puede ser analizada y manipulada independientemente en hojas de cálculo, la cual es un programa que no requiere de personal especializado para su manejo. Ésta es una de las razones por las que se decidió unificar y usar la información en formato *shape* para el Modelo Cartográfico que se propone en esta tesis (Wikipedia, 2007).

Siguiendo en el tema de los SIG, es muy común encontrar la palabra “geomática” asociada con este sistema, por lo tanto, vale la pena definirla. La geomática se puede entender como el manejo de información espacial o geoespacial, pero también es el término científico moderno que hace referencia a un conjunto de ciencias en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica. El término fue acuñado en 1969 por Bernard Dubuisson y abarca a todas las ciencias de base y a las tecnologías usadas para el conocimiento del territorio como la teledetección o percepción remota, SIG, Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) y conocimientos relacionados (Geomatik Schweiz, 2006).

Otros términos que se mencionan siempre cuando se trabaja un SIG y que también se definirán brevemente son: *las cartas geográficas o mapas, la proyección, el datum y la escala*.

Un *mapa* o *carta geográfica* es una representación total o parcial de la superficie curva de la Tierra sobre una superficie plana, casi siempre en una hoja de papel. Las cartas geográficas se representan con la necesaria minuciosidad y los diversos accidentes geográficos, pero además su sencillo manejo y fácil transporte las hacen muy útiles (Wikipedia, 2007).

La mayor desventaja que representan los mapas se debe a su naturaleza plana: una carta siempre contiene deformaciones, las cuales solamente en los mapas de áreas muy pequeñas carecen de importancia (Wikipedia, 2007).

Por otro lado, las *proyecciones* pueden definirse como una red de paralelos y meridianos sobre la cual puede ser dibujado un mapa. Para trazar las proyecciones se emplean actualmente cálculos matemáticos muy precisos, pero la idea general se basa en la proyección de las sombras de los meridianos y paralelos de una esfera sobre una superficie que puede convertirse en plana sin deformaciones, es decir, que representa más fielmente la distribución de la información que se tiene, en un mapa plano digital. Entre las más usuales destacan: la proyección *Universal Transversal of Mercator* (UTM), la Ortográfica Oblicua, la Globular, la Cónica Simple, la Mollweide, la Interrumpida de Goode y la Acimutal Polar (INEGI, 2002).

Por la zona geográfica donde se ubica el D.F. se ha reportado que la proyección que se recomienda usar para tener una mejor interpretación de la información es la de UTM (INEGI, 2002).

Para explicar el concepto de *escala*, se tiene que considerar primero que la escala es un elemento base del “Mapa” y que el Mapa es una imagen reducida del área que representa (pero todos los elementos que tiene, están en la misma proporción). En los diferentes tipos de representación geográfica (mapas), aparecen cifras que señalan el valor de la escala utilizada en su composición, por ejemplo 1: 100 000, quiere decir que tiene una reducción a la cienmilésima parte de la superficie reproducida o, lo que es lo mismo, que un metro de longitud en el mapa representa 100,000 metros de longitud verdadera (Wikipedia, 2007).

Al hablar del *datum* se entiende que éste es un conjunto de parámetros que definen un sistema de coordenadas y un conjunto de puntos cuyas relaciones geométricas son conocidas a través de medidas o cálculos basados en un esferoide. Un *datum* horizontal proporciona una estructura de referencia para medir locaciones sobre la superficie terrestre y define el origen y orientación de las líneas de latitud y longitud. Como la Tierra es un esferoide y no una esfera perfecta, un *datum* está limitado en exactitud a un área finita alrededor de este punto de origen. Por la latitud donde se encuentra el D.F., los *datum* más precisos de usar son el NAD27 (se refiere a que tienen *datum* 1927) y el WGS84 (World Geodetic System propuesto y revisado en 1984), (ESRI, 1998).

El *Elipsoide* es un parámetro muy asociado al *datum* ya que se considera como la circunferencia o diámetro paralelo al meridiano de Greenwich que cruza por el punto de referencia del analizador. Es la parte más plana de la circunferencia y el más común y aparentemente más preciso es el: *Clarke 1866* (ESRI, 2003).

El *Metadata* se considera como el equivalente a la fuente o la bibliografía pero para el material Cartográfico. Los datos que se incluyen en este apartado permiten hacer un mejor uso de la cartografía digital ya que se puede trabajar con la misma proyección, escala, etcétera (Wikipedia, 2007).

Retomando lo que es el manejo de la información a través de un SIG, cabe mencionar que este permite combinar mapas en formatos digitales, para generar nuevos mapas que reflejen mejor la situación que se está trabajando. El procedimiento de combinación de mapas (que va asociado a la combinación de las bases de datos ligadas a cada mapa), es una metodología denominada “álgebra de mapas” debido a que para ello se utilizan reglas lógicas y operaciones matemáticas que se aplican a los datos de los mapas de formato *raster* (ESRI, 1998).

Para concretar todas las acciones mencionadas de manipulación de información cartográfica digital, existen muchos programas o *software* para soportar un SIG. Uno de ellos es el *Arc View*. Este *software* para computadora personal, desarrollado por *Environmental Systems Research Institute, Inc.* (ESRI), es una sofisticada aplicación de SIG, con varios componentes que permiten visualizar, tabular y elaborar mapas a partir de datos geográficos, así como personalizar la *interfase* gráfica del usuario y ampliar la funcionalidad básica del SIG. Actualmente, este *software* consta de muchas versiones, cada versión es más dinámica que la anterior y cuenta con más herramientas que facilitan el manejo de la información (ESRI, 2003).

Finalmente, haciendo uso del SIG se pueden generar **modelos cartográficos** que se definen como: el “...conjunto de operaciones de análisis y comandos interactivos utilizando mapas que actúan como una fuente de origen y cuyo fin es procesar decisiones de tipo espacial” (IGAC-CIAF, 2003). Esta realidad es representada en mapas y el modelo se orienta a procesos y no a productos (IGAC-CIAF, 2003).

Por otro lado, también se refiere a **modelos cartográficos** “...la utilización de las funciones de análisis de un sistema de información geográfica bajo una secuencia lógica, de tal manera que



se puedan resolver problemas espaciales complejos". El resultado es la expresión detallada de la manipulación de datos utilizando las funciones de los software SIG (IGAC-CIAF, 2003).

De acuerdo a las anteriores definiciones se concluye que un **modelo cartográfico** puede ser: (Wikipedia, 2007)

- Los procesos o pasos a seguir en una metodología donde se manipula la información cartográfica y se obtiene un producto o mapa final.
- El mapa o producto en sí, que está reflejando los resultados obtenidos al seguir una metodología específica (asociada con el uso de cartografía).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La zona de estudio corresponde al Suelo de Conservación (SC) del Distrito Federal (D.F.) el cual ocupa, aproximadamente, 88 442 ha (*GDF, 2000*), equivalentes a 59% del territorio de esta entidad federativa. Esta superficie se concentra en el sur de la entidad, abarca una zona continua que va de oriente a poniente, y colinda con los estados de México y Morelos, salvo por 940 ha que se encuentran en el límite norte del D.F., en la delegación Gustavo A. Madero. La zona presenta ecosistemas boscosos, matorrales, pastizales, humedales naturales y zonas de uso agropecuario, que rodean tanto los bosques como los poblados rurales que pertenecen al D.F.

Cabe aclarar, que para este trabajo sólo se abarcó la parte sur del D.F. dado que la mayor parte de la cartografía con la que se contó, no incluye información sobre la fracción de la parte norte, que corresponde a la Sierra de Guadalupe.

El SC se encuentra cada vez más afectado y amenazado por el crecimiento urbano, que invade tanto las zonas de vegetación natural como las agropecuarias y, aunque existe un instrumento legal encargado de regir y vigilar el uso de suelo, que es el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (PGOEDF), la extensión de los asentamientos humanos irregulares sigue ganando terreno.

A la problemática descrita en la zona de interés, se suma la falta de organización y actualización en la información ambiental, por lo que este elemento no ayuda mucho a sustentar el diseño de políticas institucionales.

Por otro lado, existe la necesidad urgente de que tanto académicos como investigadores se involucren más en el diseño de políticas y acciones que lleva a cabo el gobierno local respecto a los problemas ambientales, ya que las instituciones a cargo carecen de especialistas para temas específicos y, en ocasiones, de presupuesto para desarrollar los estudios requeridos. Asimismo, falta participación para generar y difundir documentos prácticos y en corto plazo, y es común que se repita la investigación en temas y lugares donde ya se ha desarrollado, mientras que siguen quedando sitios y problemática sin estudiar. Además, cuando se generan estos documentos, no tienen mucha aceptación o seguimiento por parte de los tomadores de decisiones, por lo que las

estrategias propuestas por las dependencias gubernamentales no tienen tanto sustento y a veces no son aplicadas en las zonas donde más se requiere, lo que reduce la probabilidad de resultados exitosos.

Otra limitante en los documentos e instrumentos de gestión desarrollados, es que no son elaborados con grupos interdisciplinarios e interinstitucionales, para lograr un enfoque más afín a las necesidades que se persiguen. En ocasiones tampoco se abarcan todos los aspectos necesarios y los resultados obtenidos se tienen que ir ajustando sobre la marcha; un ejemplo de esto es el PGOEDF, el cual en sus inicios estuvo dirigido con un sentido urbanista, cuando el SC era una zona de protección ecológica. Este instrumento se logró mejorar, beneficiando la protección de los recursos naturales, al complementarlo con propuestas que se discutieron en grupos interdisciplinarios de biólogos, geógrafos, ecólogos, urbanistas, administradores, agrónomos, forestales y planificadores agropecuarios. Cabe mencionar, que a pesar de esta gran mejora, el PGOEDF, no logró integrar del todo al ámbito social, por lo que aún presenta algunas deficiencias.

Debido a las anteriores realidades identificadas, este trabajo pretende apoyar, conjuntando: la información cartográfica existente, la legislación ambiental vigente y los documentos oficiales y de difusión, relativos al medio ambiente del SC del D.F.

La información se ordenará en un modelo cartográfico que genere un panorama integral con una visión más clara de la situación actual. Con ello se pretende contar con mejores elementos para el diseño de estrategias en zonas de atención prioritaria, que requieran acciones de restauración o protección por los servicios ambientales (SA) que aportan. De manera general, estas zonas se podrán identificar también con este modelo, al igual que las amenazas que las aquejan, sobre todo, las relacionadas con la urbanización y los factores ligados a ella. El modelo propuesto es sencillo y de fácil interpretación e incluye la información disponible para apoyar la toma de decisiones en corto el plazo.

4. HIPÓTESIS

A partir de la información existente, actualmente dispersa, es posible generar un modelo cartográfico que apoye en el diseño de políticas públicas respecto a la protección de las zonas con valor ambiental en el Suelo de Conservación del Distrito Federal (SC), que se encuentran amenazadas por factores vinculados con la influencia urbana.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Generar un modelo cartográfico para identificar las zonas con mayor valor ambiental, en el que se ofrezca información consistente, de utilidad en la definición de políticas públicas en el SC.

5.2. OBJETIVOS PARTICULARES:

- 1.- Identificar los principales problemas ambientales de la zona de estudio, a partir de una revisión bibliográfica.
- 2.- Conocer la disponibilidad de la cartografía existente del SC del D.F. relacionada con los problemas y servicios ambientales (SA) e identificar su fuente y la metodología usada para su elaboración.
- 3.- Generar mapas comparables con base en la cartografía disponible.
- 4.- Diseñar una metodología adecuada para identificar zonas de valor ambiental, haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG),
- 5.- Generar mapas de las áreas de valor ambiental del SC y jerarquizar su importancia de acuerdo a los SA que proporcionan a la Ciudad de México.
- 6.- Comparar y analizar los mapas generados y su pertinencia en el diseño de políticas públicas.
- 7.- Identificar las limitaciones que puede tener el modelo en su aplicación.

6. MATERIALES Y MÉTODO

6.1 MÉTODO APLICADO EN GABINETE

6.1.1. SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se escogió realizar esta propuesta de modelo cartográfico en el Suelo de Conservación del Distrito Federal (SC), porque es una región que aún cuenta con zonas conservadas que se encuentran muy cerca de una de las ciudades más grandes del mundo. Se observó que la importancia ecológica de estas áreas pasa inadvertida por los propios pobladores, que existe la necesidad de encontrar nuevos espacios para el uso de suelo urbano, y que se da cabida a toda la gente que llega o sigue radicando en el D.F.

Otra razón por la que se eligió este sitio, es porque existe mucha información, –como ya se mencionó- muy dispersa, y muchas instituciones de educación superior e investigación dentro de la Ciudad de México que constantemente generan documentos referentes a esta zona.

Cabe aclarar que para este trabajo sólo se abarcó el SC que corresponde a la parte sur del D.F., ya que la mayor parte de la cartografía con la que se contó, no incluía información sobre la fracción de SC de la parte norte, que corresponde a la Sierra de Guadalupe.

6.1.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:

Para la elaboración del diagnóstico propuesto en los objetivos se revisó y tomó de apoyo bibliografía de diversos temas ambientales. Estas referencias no se enlistan en este apartado, pero están debidamente citadas en la bibliografía. Los documentos revisados engloban los siguientes temas.

Temas ambientales referentes al proyecto

- Descripción del área de estudio y su jurisdicción
- Riesgos y amenazas ambientales
- Servicios Ambientales.

Marco Legislativo

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA, 1988)
- Ley del Desarrollo Forestal Sustentable, *publicada en 2003 y reformada en 2005.*
- Ley Ambiental del D.F. (2000)

- Ley para la Retribución por la Protección de los Servicios Ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal. (GDF, 2006a)
- Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (PGOEDF, 2000)
- Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito- Federal (PGDU, 1997)
- Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. (PDDU, 1980)
- Programas de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal.

Como la base del trabajo, en su parte metodológica, se basa en el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG), otro tema que se revisó e incluyó en la revisión de literatura es el que se refiere al manejo y alcances de esta herramienta.

6.1.3. SELECCIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DIGITAL

Se buscó la información cartográfica existente y disponible, relacionada con estudios en el SC generada por universidades, centros de investigación y dependencias gubernamentales. Esta información fue solicitada a las dependencias correspondientes y la que se logró obtener es la que se analizó en este trabajo. En este documento sólo se incluyen los mapas en formato de imagen para evitar el uso de la información contenida en las bases de datos de los archivos.

De la cartografía digital obtenida se revisó que el *metadata* (datos de origen) tuviera los datos mínimos necesarios para justificar su uso, que éstos abarcaran todo el SC y que la información de las bases de datos tuviera relación con los objetivos que se persiguen.

La cartografía digital obtenida y revisada se enumera a continuación:

1. Límite del Suelo de Conservación
2. Límites delegacionales del D.F.
3. Incidencia de incendios y superficie afectada en el SC
4. Riesgo de erosión del SC
5. Deforestación en el SC
6. Recarga del acuífero en el SC
7. Biodiversidad en el SC Captura de carbono en el SC
8. Uso de suelo y vegetación del SC
9. Programa General de Ordenamiento Ecológico del D.F. (incluyendo Áreas Naturales Protegidas).
10. Asentamientos humanos irregulares, poblados rurales, Programas Parciales de Desarrollo Urbano y equipamientos urbanos en el SC.
11. Vías de comunicación del D.F.
12. Programas de reforestación, proyectos de reconversión productiva y obras de conservación que llevó a cabo la Secretaría del Medio Ambiente (SMA), a través de la

Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural
(DGCORENADER).



La *metadata* de la cartografía anteriormente citada se describe en el siguiente apartado. Aunque esta es la cartografía que más se utilizó, durante el análisis de la información generada también se ocuparon algunos otros mapas como apoyo y para sustentar los resultados con mayor precisión. Este caso aplica para la cartografía referente a: curvas de nivel, hidrología, parajes, microcuencas y cerros y volcanes; y no se describirá en este trabajo.

6.2 MÉTODO APLICADO EN EL MANEJO DE CARTOGRAFÍA DIGITAL

6.2.1. ADECUACIÓN Y HOMOGENIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA SELECCIONADA

Toda la cartografía utilizada, fue procesada y homogenizada para trabajarla con un mismo tipo de archivo (*shape*), proyección y *datum* quedando con las siguientes características:

Archivo tipo: *shape*:

Proyección: *UTM (Universal Transversal Mercator)*

Datum: *WGS84 (World Geodetic System, propuesto y revisado en 1984)*

Elipsoide: *Clarke 1866*

La principal razón por la que se escogieron estos parámetros es porque la mayor parte de la información se encuentra en estos formatos, y mientras menos se modifique una información base, resulta más precisa. Otra razón, es que la mayoría de la información generada en los últimos años, tanto en las instancias de gobierno, como en instituciones de investigación, se edita en este formato e, incluso, estas entidades empiezan a modificar su acervo cartográfico. Además, la mayoría de los instrumentos geoposicionadores (GPS) que usan para tomar coordenadas de campo, ya vienen configurados para *proyección UTM* y *datum WGS84*.

Respecto a las fechas de origen de los mapas: se encontró que la cartografía empleada no era del mismo año, pero toda caía dentro del periodo 2000–2005, a excepción de los archivos sobre reforestación, cuyos registros abarcaban desde 1998 hasta 2005.

En cuanto a la escala en la que se encuentran los mapas, a la cartografía no se le realizó ningún tratamiento específico. Se siguieron las recomendaciones de algunos autores (Francois, *et al.*

2003; Francois, *et al.*, 2004), quienes mencionan que al comparar mapas de diferentes escalas, al mapa resultante se le asignará la escala menor, aunque pierda un poco de detalle.

También la bibliografía insiste en los inconvenientes al trabajar mapas a diferentes escalas (Francois, *et al.* 2003), esto está ilustrado en casos de cálculo de cambio de uso de suelo. La principal finalidad de este estudio es encontrar áreas de valor ambiental y sus amenazas, por lo que, a pesar de lo señalado, se combinó la información cartográfica de diferentes escalas, asignando al mapa resultante, las características del de menor escala como sugieren los primeros autores.

Cabe mencionar que desde el inicio de la revisión de la cartografía, se vió que la información presentaba diferentes escalas y fechas. Sin embargo, este modelo propuesto es útil para encontrar tendencias generales de lo que existe y pasa en el SC. Además de reiterar que ésta es la única información cartográfica con la que se cuenta para la toma de decisiones en materia ambiental para este sitio.

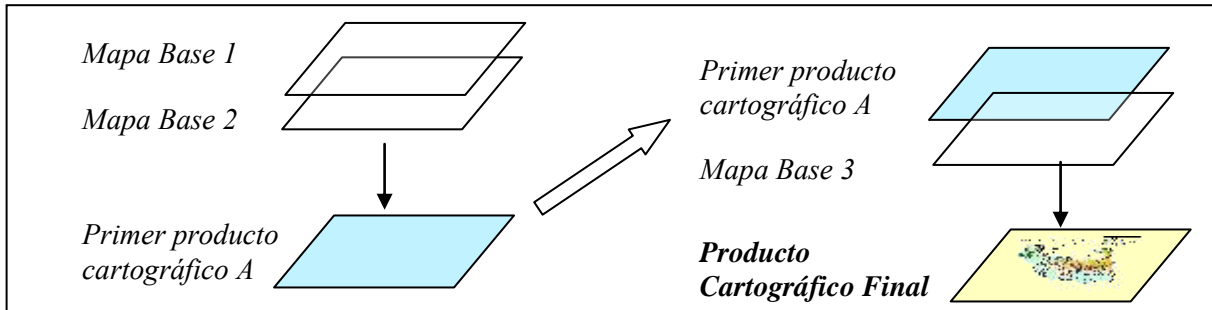
Una vez que se homologó la cartografía, se generaron *Mapas Base* (información de origen) y se inició la comparación entre ellos; en algunos casos, se hicieron uniones e intersecciones con los atributos contenidos en sus bases de datos para obtener los nuevos productos cartográficos. Al final, se combinaron las diferentes variables en un solo mapa, con una sola tipología, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2.

Metodología de combinación de mapas en formato vector

Pasos:

- 1) En un SIG se despliegan los mapas base que se van a combinar
- 2) Se depuran las bases de datos de los mapas que se combinarán, dejando sólo la información que será útil para el nuevo producto cartográfico.
- 3) A través de las herramientas del SIG (*GeoProcessing wizard*), se hacen las combinaciones de variables de la información contenida en la base de datos de cada mapa. En este caso se usa la opción “union” y “clip”.
- 4) Se realiza este procedimiento con dos mapas cada vez, es decir; se combinan el Mapa Base 1 con el Mapa Base 2 para obtener un primer producto A.
- 5) Se repite el proceso combinando el producto A con el Mapa Base 3 para obtener el **producto cartográfico final**.



Todos los procedimientos que se realizaron en la cartografía se hicieron en un SIG con *software ArcView 3.2 y Arc GIS 9.0*. El análisis se hizo mapa por mapa, para poder evaluar su precisión y compatibilidad.

6.2.2. INFORMACIÓN CONTENIDA EN LAS BASES DE DATOS DE LOS MAPAS Y SU MANEJO

Una vez analizados los datos de *proyección y datum*, se revisaron y se depuraron las *tablas de atributos* asociadas a los mapas (archivos en formato *.dbf* que forman parte de cada *shape*), dejando sólo la información que se consideró útil para el análisis, ya que las tablas no tenían los datos agrupados en intervalos para poder usarlos como *mapas base*.

Las *tablas de atributos* de cada mapa se analizaron en *hojas de cálculo* y se clasificaron por categorías. Esta clasificación se hizo, en general, con criterios avalados por bibliografía o por recomendación de técnicos o investigadores relacionados con cada tema. Al final, se seleccionó la combinación de intervalos que representara o reflejara mejor los objetivos planteados.

En el siguiente punto se describe brevemente el procedimiento usado para depurar las bases de datos de los *Mapas Base*:

6.2.3. GENERACIÓN DE MAPAS BASE Y PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

Los *Mapas Base* ya procesados son los que se enumeran en el Cuadro 5, en la columna izquierda. En la columna derecha se tiene el nuevo producto cartográfico, generado a partir de *combinación de Mapas Base*.

Cuadro 5 MAPAS BASE Y PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS GENERADOS A PARTIR DE ELLOS	
MAPAS BASE	PRODUCTO CARTOGRÁFICO OBTENIDO
1) Mapa de incidencia de incendios 2) Mapa de riesgo de erosión 3) Mapa de deforestación	A) Mapa de zonas amenazadas por incendios, erosión y deforestación
4) Mapa de asentamientos humanos irregulares 5) Mapa de poblados rurales, programas parciales y equipamientos urbanos 6) Vías de comunicación (vialidades)	B) Mapa de zonas amenazadas por crecimiento urbano
7) Mapa de recarga del acuífero (RA) 8) Mapa de captura de carbono (CC) 9) Mapa de riqueza de especies	C) Mapa de servicios ambientales
10) Mapa del Ordenamiento Ecológico del D.F. 11) Mapa del uso de suelo y vegetación (2005)	D) Mapa de zonas en contradicción con lo establecido por el PGOEDF
12) Mapa de reforestación del gobierno local 13) Mapa de obras de conservación y proyectos productivos 14) Mapa de proyectos de reconversión productiva	E) Mapa de gestión actual
Mapa del uso de suelo y vegetación (2005)	Identificación de zonas de valor ambiental por su grado de conservación

A continuación, se presenta la información general de cada mapa utilizado:

6.2.3.1. Mapa Base 1 Incidencia de incendios:

Datos del mapa original

Fuente: DGCORENADER

Escala: 1:50,000

Fecha: 2000-2005

Proyección: UTM

Datum: NAD27

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos. Mapa actualizado al 2005 generando un mapa por año (el de 2000 incluye la información de 1998 y 1999). Muestra el número de incendios atendidos en el SC y la superficie afectada.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: Se generó una cuadrícula que divide al SC en cuadrantes de 100 ha cada uno (10 x10 ha). A cada cuadrante se le asignó una

clave numérica (*ID*), que los técnicos identifican para reportar los incendios atendidos diariamente y las afectaciones generadas por los mismos. Esta información se digitaliza cada cierto tiempo para ir actualizando los mapas y generar un archivo anualmente.

En la base de datos de cada mapa anual, se tienen registrados los datos sobre la superficie y el tipo de vegetación que se afectó por cada incendio. Estos datos se acumulan si es que se vuelve a presentar otro incendio en el mismo cuadrante.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: El mapa se reproyectó al *datum* WGS84 con el *software* Arc GIS 9.0. Cada mapa de cada año, fue analizado de manera independiente y se depuró su *tabla de atributos* para que sólo quedara la información relacionada con el número de incendios, superficie y tipo de vegetación afectada. Asimismo, se eliminaron de cada mapa los cuadrantes donde no había ocurrido ningún incendio. En el SIG, con la herramienta *GeoProcessing wizard*, se generó un nuevo mapa de incidencia de incendios a partir de la *unión* de todos los mapas (2000-2005), de manera que este último contenía la información acumulada. Los datos de la *tabla de atributos* de este nuevo mapa, se separaron en intervalos según el número de incendios que reportaba cada cuadrante y, a su vez, a cada rango se le asignó una clasificación cualitativa para poder identificar las zonas más afectadas por incendios en todo este periodo. Los rangos y la clasificación asignados se observan en el Cuadro 6.

Cuadro 6: RANGOS Y CATEGORÍAS DE INCIDENCIA DE INCENDIOS (2000-2005)	
Rangos de incidencia de incendios/cuadrante	Categoría cualitativa de incidencia de incendios
1 a 5	Baja
6 a 10	Moderada
11 a 30	Alta
31 a 50	Muy Alta
> 50	Extrema

6.2.3.2. Mapa Base 2 Riesgo de erosión:

Datos del mapa original

Fuente: UAM
Escala: 1:50,000
Fecha: 2000
Proyección: UTM
Datum: NAD27

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos. No se ha actualizado. Muestra las zonas más propensas a erosionarse por estar sobre todo en sitios con pendiente y/o sin cobertura vegetal que ayude a retener el suelo.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: Este mapa se obtuvo del acervo cartográfico de la DGCORENADER y sólo se sabe que se elaboró usando tres variables: la textura del suelo que se tomó de la Carta edafológica 1:250 000 de INEGI 1970, la cobertura vegetal y las pendientes obtenidas a partir de la Carta Topográfica 1:250 000 de INEGI 1970.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: Los archivos se convirtieron a *datum WGS84* para unificar la cartografía. La base de datos de este *mapa* contenía sólo tres columnas con valores: la primera, con un número identificador (*ID*); la segunda, con cantidades numéricas sin relación entre sí; y, la tercera, con una clasificación cuantitativa del 0 al 5 de riesgo de erosión. Para verificar la veracidad de este mapa se observó en el SIG, desplegándolo con las categorías de riesgo de erosión y sobreponiéndole las *coberturas de curvas de nivel* (Tesorería, 1998) y *Uso de suelo y vegetación 2005* (GDF, 2005). Se revisaron detalladamente algunas zonas que ya se conocían directamente en campo y se encontró que las áreas con pendiente pronunciada que están desprovistas de vegetación o cerca de alguna vía de comunicación, corresponden a las áreas que en el mapa tienen los datos más altos de riesgo de erosión; ejemplos de estos casos son: en la delegación La Magdalena Contreras, el camino a los Dinamos; en la delegación Tlalpan, la zona aledaña al circuito del Volcán Ajusco y los ejidos de Parres el Guarda y San Miguel Topilejo (donde se siembra avena y que en la actualidad presenta cárcavas); otra área que coincidió con las zonas de alta erosión, tanto en mapa como en campo, es en la delegación Tláhuac, en la ladera poniente de la Sierra de Santa Catarina, donde se explotan minas de grava. Dadas estas coincidencias se tomó la información de este mapa como confiable y se le asignaron las siguientes categorías cualitativas de riesgo de erosión: “Muy bajo, Bajo, Moderado, Alto y Muy Alto”, sólo para tener los mismos patrones para calificar entre los mapas.

6.2.3.3. Mapa Base 3 Deforestación:

Datos del mapa original

Fuente:	DGCORENADER
Escala:	1:50,000
Fecha:	2000
Proyección:	UTM
Datum:	WGS84

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos. Muestra las áreas donde se ha perdido vegetación natural en el SC, sobre todo en las zonas boscosas. Este mapa no está actualizado.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: Esta cartografía se enfoca a la pérdida de cobertura vegetal arbórea que se dio en el SC al hacer un análisis comparativo multitemporal de las superficies de bosques y matorrales que se perdieron entre 1997 y 2000, según lo reflejado en la cartografía digital de *Uso de suelo y vegetación* de ambos años, del INEGI y la UNAM, respectivamente.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: La base de datos de este mapa sólo contenía la clave que identificaba a cada polígono (*ID*) y la superficie y perímetro del mismo. Para analizar la veracidad de este mapa se desplegó en el SIG, junto con la cartografía de *Uso de suelo y vegetación del 2005*, y se revisaron con más detalle algunas zonas que se conocían directamente en campo. Se encontró que, en general, el mapa tiene correspondencia con los sitios reconocidos, pero cabe mencionar que se detectaron algunas pequeñas inconsistencias, asociadas a los criterios del clasificador, ya que se observó que la zona de pastizales y de bosque de pino con pastizal no se han catalogado de manera homogénea, pues la densidad arbórea que presenta el bosque de pino es variable y quienes interpretaron no lo hicieron con el mismo criterio de densidad para clasificarlas en: pastizal, pastizal-pino, pino-pastizal o bosque de pino; por lo tanto, algunas zonas reportadas como deforestadas en realidad no lo han sido. Un ejemplo de esto es la cima del Volcán Ajusco, en la Delegación Tlalpan, la cual se ha reportado con un ecosistema de bosque de pino y como pastizal y, gracias a la revisión de fotografías aéreas de años anteriores, se observó que esta área presenta una densidad muy baja de pinos, pero esta cantidad de árboles no parece haber disminuido de manera significativa como para decir que se deforestó.

Estos detalles se corrigieron en el archivo de polígonos gracias a expertos que realizan recorridos e identifican los parajes en el SC desde hace años.

6.2.3.4. Mapa Base 4 Asentamientos humanos irregulares (AHI):

Datos del mapa original

Fuente:	DGCORENADER-Delegaciones-SEDUVI
Escala:	1:10,000
Fecha:	2005
Proyección:	UTM
Datum:	WGS84

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos que se actualiza constantemente. Muestra donde se encuentran los AHI.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: Con el apoyo de una imagen de satélite de alta resolución (*Quick Bird*, 2005) y fotografías aéreas digitales de 2005, se delimitaron los polígonos que correspondían a predios construidos dentro del SC; trazándolos sobre la imagen (digitalizándolos). Se usó como referencia la versión cartográfica digital de los AHI de 1998.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: No se le hizo ninguna modificación al mapa. Se usó el archivo original.

6.2.3.5. Mapa Base 5 Poblados rurales, Programas Parciales y equipamientos urbanos:

Datos del mapa original

Fuente:	DGCORENADER
Escala:	1:10,000
Fecha:	1998
Proyección:	UTM
Datum:	WGS84

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos, actualizado al 2005 conforme al PGOEDF.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: Los polígonos que abarcan los poblados rurales fueron establecidos por un grupo multidisciplinario e interinstitucional cuando se hizo la zonificación del PGOEDF, y se han ido actualizando conforme se modifican los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano y los Programas Parciales.

Estas modificaciones se hacen con propuestas consensuadas entre las direcciones de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de la SEDUVI, la SMA y las delegaciones. Además, estas propuestas tienen que ser avaladas y aprobadas por la Asamblea Legislativa del D.F. (ALDF) y deben estar justificadas con una base legal. Estos polígonos están incluidos en el mapa del PGOEDF.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: No se le hizo ninguna modificación al *shape*. Se usó el archivo original de la versión actualizada a 2005.

6.2.3.6. Mapa Base 6 Vialidades (vías de comunicación):

Datos del mapa original

Fuente:	Catastro
Escala:	1:10,000
Fecha:	2000
Proyección:	UTM
Datum:	NAD27

Observaciones: Archivo tipo *shape* de líneas y *polilíneas*. En este mapa se aprecia la distribución de las vialidades en el SC.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: No se logró identificar la metodología usada para la elaboración de este mapa, pero su *tabla de atributos* tiene clasificadas las vialidades en veredas, terracerías, calles, ejes viales, carreteras y autopistas.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: Para que la información contenida en este mapa reflejara con más detalle el impacto ambiental que ocasionan las vialidades al SC, se engrosaron las líneas y *polilíneas* a manera de simular las áreas de influencia de las mismas; el razonamiento usado para este procedimiento medir las afectaciones a ambos lados de la vía y la intensidad de tránsito de cada una. Las medidas obtenidas se explican en el Cuadro 7:

Vías	Área de influencia aplicada en el SIG	Justificaciones y criterios usados.
Autopista	200 m (100 m a cada lado)	Se revisó la Autopista México-Cuernavaca a la altura de los Ejidos Parres y Topilejo, en la delegación Tlapan. Se observó y midió encontrando que a más de 100 m de la autopista, ya no había vehículos, ni viviendas.
Carretera	500 m (250 m a cada lado)	Se determinó por mediciones en campo, que el área de influencia es de 500 m. pues a pie de la carretera México-Cuernavaca, se observaron comercios, vehículos que se detienen, sitios para comer y sitios para pasear o de recreación.
Eje vial	50 m (25 m a cada lado)	Estas vialidades se encuentran en la zona de transición entre el SU-SC y su área de influencia está totalmente conurbada.
Calles	50 m (25 m a cada lado)	La mayoría de estas vialidades se encuentran dentro de zonas urbanas (poblados rurales o asentamientos irregulares), por lo que el engrosamiento de las líneas no es muy notorio.
Terracerías	100 m (50 m a cada lado)	Se observan uniendo los poblados rurales y distribuidas en todo el SC. Como son más estrechas y menos transitadas que las carreteras se les asignó un área de influencia menor.
Veredas	0	Se observan distribuidas en todo el SC pero como sólo son caminos peatonales, no se amplió su área de influencia.

6.2.3.7. Mapa Base 7 Recarga de acuífero (RA):

Datos del mapa original

Fuente:	CentroGeo
Escala:	1:50,000
Fecha:	2005
Proyección:	UTM
Datum:	WGS84

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos. Su base de datos contiene valores numéricos y una clasificación cualitativa de seis clases (mínima, baja, media, alta, muy alta y mayor), mismas que están acordes con las cifras de la tabla.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: Especialistas en el tema de escurrimientos naturales e infiltración de agua del CentroGeo, generaron un mapa que muestra las zonas de recarga del acuífero en el SC. Este modelo involucra las variables relacionadas con la geología del sitio, los tipos de textura de los suelos, la hidrología, el relieve y la precipitación en el D.F. La capa resultante se combinó con un mapa de uso de suelo (2002), para eliminar el valor de infiltración en zonas que no tuvieran suelo permeable por estar pavimentadas.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: No se le realizó ninguna modificación a este mapa:

6.2.3.8. Mapa Base 8 Captura de Carbono (CC):

Datos del mapa original

Fuente:	CentroGeo
Escala:	1:10,000
Fecha:	2005
Proyección:	UTM
Datum:	WGS84

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos; su base de datos contiene valores numéricos y una categorización cualitativa de siete clases (baja, moderada, alta, muy alta, urbano, cuerpos de agua y sin evaluar).

Metodología usada para la elaboración del mapa original: Dado que el mapa de CC tiene una relación directa con la densidad y el tipo de vegetación, al compararlo con el *mapa de uso de suelo y vegetación de 2005*, se encontró que las zonas que tienen asignados los valores *altos* y

muy altos de CC corresponden a áreas con bosques; las zonas con valores *bajos* y *muy bajos* son de matorrales y bosques menos densos, las zonas con pastizales y agricultura aparecen como “*sin evaluar*” y las zonas urbanas y cuerpos de agua no reportan CC.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: La escala de valores de la clasificación original de este mapa se modificó, de tal manera que a los pastizales y a la zona agrícola se les asignó un valor mínimo de CC ya que, aunque posiblemente no capturen tanto carbono como los bosques, no se les puede dejar un valor nulo como equiparándolos con las zonas urbanas. Las áreas agrícolas y de pastizal que se clasificaron como *muy baja* CC, se identificaron a partir del *mapa de uso de suelo y vegetación de 2005* (GDF, 2005). La clasificación original se respetó y sólo se incluyó la categoría “muy baja” para zonas agrícolas y pastizales. Esto se explica en el Cuadro 8.

Cuadro 8. CATEGORÍAS DEL MAPA DE CAPTURA DE CARBONO				
Tipo de vegetación	Clasificación original		Nueva clasificación	
	Valor cuantitativo	Valor cualitativo	Valor cuantitativo	Valor cualitativo
Agricultura de temporal o riego, pastizal, zonas con erosión hídrica.	0	Sin evaluar	1	Muy bajo
Matorrales, bosque abierto de aile, encino , pino-pastizal	1	Bajo	2	Bajo
Bosque de pino-pastizal, pino-oyamel.	2	Moderado	3	Moderado
Bosque de pino.	3	Alto	4	Alto
Bosque de oyamel.	4	Muy alto	5	Muy Alto
Urbano.	0	Nulo	0	Nulo
Cuerpos de agua.	0	Nulo	0	Nulo

6.2.3.9. Mapa Base 9 Riqueza de especies:

Datos del mapa original

Fuente: CONABIO
Escala: 1:250,000 ajustado a 1:50,000
Fecha: 2000
Proyección: UTM
Datum: NAD27

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos; la información está reportada en cuadrantes de 100 Ha, igual que en el Mapa de Incidencia de incendios. Su *tabla de atributos* contiene sólo dos

columnas con valores numéricos: la primera, muestra algún índice de biodiversidad (no especifica cuál); y la siguiente, corresponde al número de especies por cuadrante.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: No se encontró la metodología usada en la elaboración de este mapa, se obtuvo del acervo cartográfico de la DG CORENADER, sin documentos adjuntos.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: Debido a que no se conocía el método que se empleó para desarrollar el índice de biodiversidad, esta columna fue descartada de la *tabla de atributos* y el mapa se desplegó con la información del número de especies por cuadrante, mostrando que los valores más altos se ubicaban en las zonas de bosques más conservados de las delegaciones Álvaro Obregón y La Magdalena Contreras, así como en el Volcán Pelado, en la delegación Tlalpan, la zona sur de la delegación Milpa Alta y la zona chinampera y de humedales del ANP “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”; por lo tanto, para este mapa se hizo una clasificación cualitativa de cuatro rangos (baja, moderada, alta y muy alta), con los datos de riqueza de especies. Las zonas más conservadas que se mencionaron, se corroboraron con el *mapa de uso de suelo y vegetación de 2005* (GDF, 2005)

6.2.3.10. Mapa Base 10 Programa General de Ordenamiento Ecológico del D.F. (PGOEDF).

Datos del mapa original

Fuente:	DG CORENADER
Escala:	1:50,000
Fecha:	2005
Proyección:	UTM
Datum:	WGS84

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos. El PGOEDF es el primer instrumento legal con que cuenta el SC del D.F., mismo que ordena las actividades productivas del área rural y establece las áreas de vegetación natural a conservar (GDF, 2000a).

Metodología usada para la elaboración del mapa original: La elaboración de este mapa se hizo con un equipo multidisciplinario interinstitucional, el cual analizó geología, edafología, topografía y vegetación del territorio que ocupa el SC, a través de la cartografía oficial con que se contaba en ese momento, que era de INEGI-1970. También se tomaron en cuenta otros estudios y *coberturas* generados por diversas instituciones de investigación (cartografía de tipos de

vegetación y uso del suelo UNAM-1997, entre otros). El análisis se hizo principalmente con cartografía digital y con verificaciones en campo. Paralelamente, el gobierno local elaboró, de manera conjunta con la UNAM, una propuesta de zonificación normativa que se sometió a consulta pública entre los núcleos agrarios y la población en general, en los primeros meses de 2000. Las observaciones recabadas se incorporaron a este Programa. Posteriormente, la Jefatura de Gobierno lo presentó a la ALDF, quien lo aprobó el 28 de abril del 2000 (GDF, 2000a).

En el mapa del PGOEDF se observa el SC dividido en zonificaciones o categorías que representan los diferentes ecosistemas. Cada zonificación tiene asignadas las actividades que se consideran más apropiadas para un uso adecuado de ese suelo, y las actividades que se restringen para ayudar a evitar su deterioro. A continuación se describen brevemente, en el Cuadro 9, las zonas que conforman el PGOEDF y la normatividad que aplica a las actividades que se realizan en SC (GDF, 2000a):

Cuadro 9. ZONIFICACIÓN DEL PGOEDF Y NORMATIVIDAD QUE APLICA		
Categoría de zonificación	Descripción del sitio	Actividades permitidas y restringidas
Agroecológica	Zonas de producción agrícola, en general, desprovistas de vegetación arbórea original.	Se fomenta la agricultura, con la sustitución de sustancias y tecnologías que afecten negativamente la capacidad física y productiva del suelo y los recursos naturales.
Agroecológica Especial	Zonas vulnerables que tienen o colindan con zonas de aprovechamiento agrícola (chinampas y humedales de Xochimilco y Tláhuac).	Por su vulnerabilidad y valor ecosistémico, se aplica una regulación especial a fin de conservar sus características ecológicas, tradicionales y culturales; por ejemplo: no usar maquinaria agrícola, ni realizar actividades pecuarias.
Agroforestal	Zonas de baja densidad forestal, de transición entre bosque y terrenos agropecuarios.	Se fomenta el uso múltiple del suelo, a través de actividades agrícolas, silvícolas, frutícolas, de pastoreo y agrosilvopastoriles.
Agroforestal Especial	Zonas preferentemente forestales ubicadas en los límites con la Zona Forestal de Conservación.	La normatividad ambiental que aplica es específica para desarrollar actividades agrícolas y pecuarias en forma intensiva, junto con métodos agrosilvopastoriles para evitar la expansión de la frontera agropecuaria sobre terrenos forestales.
Forestal de Protección	Zonas de uso forestal ubicadas entre los terrenos agroforestales y las áreas forestales mejor conservadas. Algunas de estas áreas son de bosque abierto.	Se fomenta el desarrollo de actividades de protección y restauración conjuntamente con prácticas de aprovechamiento tradicional no maderable. También, el manejo de árboles frutales en la frontera con la zona agrícola.

Categoría de zonificación	Descripción del sitio	Actividades permitidas y restringidas
Forestal de Conservación	Zonas más conservadas de vegetación natural ubicadas en los límites del sur-poniente del D.F. Favorecen la existencia de la biodiversidad y la recarga del acuífero. Por sus características biogeográficas aportan SA a la población. Muchas de estas zonas son parte de las barrancas de bosques de oyamel.	Se restringen actividades de aprovechamiento forestal y de tipo agropecuario. Las únicas actividades para desarrollar bajo un control estricto y seguimiento son las de ecoturismo, investigación y restauración, siempre y cuando no incluyan instalar infraestructura.
Forestal de Conservación Especial	Zonas aledañas a poblados rurales, importantes para la recarga del acuífero y la conservación de la biodiversidad, porque aún resguardan especies nativas del sitio. Están incluidas las barrancas colindantes con asentamientos humanos del sur-poniente del D.F.	Por la belleza de sus paisajes, son favorables para el desarrollo de actividades ecoturísticas que generan recursos económicos para los núcleos agrarios. Deben ser reguladas para hacerlas compatibles con la importancia biológica y ambiental de la zona.
Áreas Naturales Protegidas	Zonas que tienen un decreto de protección por ser áreas conservadas y con importancia ecológica, cultural y social.	Estas zonas (casi todas) tienen un programa de manejo que señala las actividades que se permiten realizar y las que se restringen, por lo tanto en ellas no aplica el PGOEDF.
Programas de Desarrollo Urbano	Zonas que incluyen a los poblados rurales que están dentro del SC.	Las actividades que marcan los PDU son vigiladas por la SEDUVI y las delegaciones no por el PGOEDF.
Programas Parciales de Desarrollo Urbano	Son polígonos de actuación que han sido acordados entre la SMA, la SEDUVI y las delegaciones, son zonas que están muy influenciadas por la presencia urbana, se caracterizan por tener asentamientos humanos consolidados anteriores al PGOEDF o recientes, limitando con el SU o con los poblados rurales.	

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: Se usó el mapa sin ninguna modificación, pero no la versión del 2000 (GDF, 2000), sino la actualizada por el equipo técnico de la DGCORENADER al 2005, en términos de reducción o aumento del área de las poligonales de ANP y cambios de uso de suelo establecidos en los Programas Parciales de Desarrollo Urbano. Estos cambios fueron aprobados legalmente por la ALDF después de varios procesos de políticas de gestión.

6.2.3.11. Mapa Base 11 Uso de suelo y vegetación (2005):

Datos del mapa original

Fuente: DGCORENADER
Escala: 1:10,000
Fecha: 2005
Proyección: UTM
Datum: WGS84

Observaciones: Archivo tipo *shape* de polígonos donde se muestran las zonas en las que se llevan a cabo actividades humanas, las que tienen vegetación y su tipo de ecosistema.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: A partir de análisis espacial, visual y de percepción remota con imágenes de alta resolución (imagen de satélite *Quick Bird* 2005, imagen *Spot* 2004 y fotos aéreas digitales 2005), se actualizaron los mapas de *uso de suelo y vegetación* (UNAM, 2000 y CentroGeo, 2002) que se encontraban en el acervo cartográfico de la DGCORENADER. Asimismo, se consultó el mapa resultante con expertos y trabajo de campo para la validación de las zonas.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: Para los análisis comparativos y las conclusiones de esta tesis se usó el mapa original; pero para obtener un producto cartográfico que se pudiera combinar con el mapa del PGOEDF se redujo el detalle de este mapa, agrupando algunas categorías, como se muestra en el Cuadro 10:

Cuadro 10. CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DEL MAPA DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN 2005	
Clasificación de uso de suelo y vegetación (2005)	Clasificación usada para este trabajo de tesis
Cultivo de avena	Agrícola
Cultivo de nopal	
Cultivos de hortalizas y flores	
Otros cultivos	
Matorral inerme	Matorral
Pastizal	Pastizal
Bosque de pino	Bosque
Bosque de oyamel	
Bosque de encino	
Bosque mixto	
Vegetación acuática	Vegetación acuática
Otras comunidades vegetales	Otras comunidades vegetales
Invernaderos	Otros usos
Agroforestal	
Reforestación	
Otros Usos	
Minas	Minas
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua
Urbano	Urbano

6.2.3.12. Mapa Base 12 Programas de reforestación del gobierno local:

Datos del mapa original

Fuente:	DGCORENADER
Escala:	1:50,000
Fecha:	2003-2005
Proyección:	UTM
Datum:	WGS84

Observaciones: La información contenida señala las zonas de los Programas de Reforestación Anual, además de las zonas donde se hace la sustitución del arbolado muerto de reforestaciones anteriores.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: El Programa de Reforestación Anual se planea un año antes de su ejecución para poder calcular y producir la planta requerida. Los técnicos de campo revisan las zonas aptas para reforestar y toman las coordenadas de estas poligonales, a fin de hacer el mapa de la propuesta. Al final de la reforestación se ajustan los polígonos para llevar el control de las zonas que se reforestaron. Cada año se genera un mapa de la reforestación ejecutada.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: A través de las herramientas del SIG (*GeoProcessing wizard*), se unieron todos los mapas de la reforestación anual, desde 1998 hasta el 2004, en un solo archivo. Se usó la información de las bases de datos sin hacerles modificaciones.

6.2.3.13. Mapa Base 13 Obras de conservación y proyectos productivos:

Datos del mapa original

Fuente:	DGCORENADER
Escala:	1:50,000
Fecha:	2005
Proyección:	UTM
Datum:	WGS84

Observaciones: La información contenida señala sólo una coordenada donde se ubican los proyectos que apoya económicamente el gobierno local con el Programa de Fondos Comunitarios para el Desarrollo Sustentable (FOCOMDES), a través de la Dirección Ejecutiva de Desarrollo Rural de la DGCORENADER, de la SMA.

Estos proyectos se realizan en todo el SC, sobre todo en las áreas más erosionadas, deforestadas, donde hace falta vigilancia, etcétera.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: Los técnicos de campo revisan las zonas donde los productores del SC solicitan apoyos para sus proyectos productivos y obras de conservación. Al final, se registran en el SIG las propuestas financiadas en el año.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: A través de las herramientas del SIG, se unieron todos los mapas de los apoyos para obras de conservación del Programa FOCOMDES, desde el 2003 al 2005, en un solo archivo. Se usó la información haciendo una separación en categorías de acuerdo a la actividad que se lleva a cabo, como se muestra en el Cuadro 11:

Cuadro 11. CLASIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS PRODUCTIVOS Y DE CONSERVACIÓN FINANCIADOS CON EL PROGRAMA FOCOMDES (SMA-DG CORENADER)		
Tipos de proyectos	Actividades	Ejemplos
Agropecuarios	Agricultura tradicional	Floricultura e invernaderos, agricultura tradicional.
	Pecuario	Estabulado y semiestabulado.
Conservación	Agricultura orgánica y/o sustentable	Libre de agroquímicos, lombricomposta y abono orgánico, agroforestería.
	Control de erosión (obras de conservación de suelo y agua)	Presas de gaviones o de mampostería, cercos vivos, estacado de riberas, etc.
	Protección y vigilancia de los recursos naturales	Salarios o equipos para brigadas de vigilancia comunitaria y de prevención de incendios (chaponeo y brechas cortafuego).
	Restauración	Reconversión productiva con frutales o árboles maderables o de Navidad, reforestaciones, rescate de barrancas, etc.
Proyectos Mixtos	Transformación Turismo Otros	Apicultura, acuicultura, ecoturismo.

6.2.3.14. Mapa Base 14 Proyectos de reconversión productiva:

Datos del mapa original

Fuente: DGCORENADER
Escala: 1:50,000
Fecha: 2004
Proyección: UTM
Datum: WGS84

Observaciones: La información contenida señala las zonas donde se llevan a cabo los proyectos productivos que apoya económicamente el gobierno local, a través de la Dirección Ejecutiva de Conservación de la DGCORENADER de la SMA.

Estos proyectos se realizan en la zona de transición de la frontera agrícola con la zona boscosa para evitar que se pierda más vegetación natural. Están enfocados a la conservación y, en general, son de los siguientes tipos: siembra de árboles frutales, árboles de navidad o maderables, agroforestería (siembra mixta de leguminosas o plantas medicinales con árboles frutales), especies nativas como perilla, etc.

La diferencia entre estos proyectos y los descritos en el punto anterior radica en que éstos son financiados por la Dirección de Conservación, y el objetivo es recuperar zonas forestales o detener la invasión agrícola a los bosques. En este caso en el mapa, la información sí se tiene espacializada toda la superficie que involucra el proyecto como un polígono; los otros proyectos sólo tienen un punto de ubicación y pueden ser agropecuarios.

Metodología usada para la elaboración del mapa original: Los técnicos de campo revisan las zonas donde los productores del SC solicitan apoyos para sus proyectos productivos y toman las coordenadas de estas poligonales para hacer el mapa de la propuesta. Al final se registran en el SIG las propuestas que fueron financiadas ese año.

Metodología usada para la elaboración del Mapa Base utilizado: A través de las herramientas del SIG, se unieron todos los mapas de reconversión productiva, del 2002 al 2004, en un solo archivo. Se usó la información de las tablas de datos sin hacerle modificaciones.

6.2.4.- GENERACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

A partir de las herramientas del SIG, se realizaron combinaciones de mapas entre las tablas de atributos de los Mapas Base, este procedimiento ya se describió en la figura 2 del primer punto de este apartado.

Los productos cartográficos obtenidos a partir de los Mapas Base, tienen las siguientes características y se obtuvieron como se describe en los siguientes puntos. La escala que se reporta para cada uno de estos mapas es la que corresponde al mapa que se encontraba a menor escala, cuando éstas eran diferentes.

6.2.4.1. Mapa A: Zonas amenazadas por incendios, erosión y deforestación:



Originado a través de Mapas Base de: Incidencia de incendios
Riesgo de erosión
Deforestación

Escala: 1:50,000

Proyección: UTM

Datum: WGS84

Observaciones: Este mapa plasma algunas de las principales amenazas urbano-ambientales que impactan el SC, pero que aún pueden ser reversibles si se aplican estrategias de recuperación y restauración.

Elaboración del mapa: A partir de cada Mapa Base seleccionado (incidencia de incendios, riesgo de erosión y deforestación), se generaron tres nuevos mapas, en los cuales sólo se presentaban las zonas de mayor afectación: del *Mapa Base* de “Incidencia de incendios” se hizo un mapa sólo con las zonas con categorías *Alta* (de 11 a 30 incendios), *Muy Alta* (de 31 a 50 incendios) y *Extrema* (más de 50 incendios); del *Mapa Base* de “Riesgo de erosión” se hizo un mapa con zonas con categorías *Alta* y *Muy Alta*; y, en el caso del *Mapa Base* “Deforestación”, que no tiene categorías, se usaron las zonas deforestadas.

Con apoyo de las herramientas del SIG, estos tres nuevos mapas se combinaron, generando el producto cartográfico “*Mapa de amenazas ambientales por incendios, erosión y deforestación*”, en el cual se registraron siete categorías. Cada polígono presentaba de una a tres afectaciones (por incendios, erosión o deforestación).

Para hacer más sencilla su interpretación, los atributos de este mapa se recategorizaron, como se muestra en el Cuadro 12, donde se explica cómo fueron agrupadas las siete categorías en tres.

El producto cartográfico final, con tres categorías, muestra el número de amenazas acumuladas (una, dos o tres) que afectan cada sitio, sin especificar cuál de ellas. Se puede considerar un Mapa de Amenazas, por el tipo de información que refleja, ya que ubica los sitios que tienen los valores más altos de estas las variables evaluadas. El mapa se puede observar en la Figura 15 del siguiente capítulo.

Cuadro 12: CATEGORÍAS DEL MAPA DE AMENAZAS POR INCENDIOS, EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN		
Categorías	Primera combinación	Recategorización
	Erosión	Zonas con una amenaza
	Incendios	
	Deforestación	
	Erosión-incendios	Zonas con dos amenazas
	Erosión-deforestación	
	Incendios-deforestación	
	Erosión-incendios-deforestación	Zonas con tres amenazas

6.2.4.2. Mapa B: “Zonas amenazadas por crecimiento urbano”:

Originado a través de Mapas Base de: Asentamientos humanos irregulares
Poblados rurales
Programas parciales y equipamientos urbanos
Vías de comunicación (vialidades)

Escala: 1:50,000
Proyección: UTM
Datum: WGS84

Observaciones: Las zonas detectadas en este mapa son sitios que han sido afectados fuertemente por la influencia humana y el crecimiento urbano, y su afectación es irreversible.

Elaboración del mapa: Este mapa sólo se elaboró activando en un mismo proyecto las *coberturas* que corresponden a los *Mapas Base* que lo conforman (asentamientos humanos irregulares, poblados rurales, programas parciales, equipamientos urbanos y vías de comunicación), y se procedió a editar el mapa.

6.2.4.3. Mapa C: Servicios Ambientales (SA).

Originado a través de Mapas Base de: Recarga de Acuífero (RA)
Captura de Carbono (CC)
Biodiversidad (riqueza de especies).

Escala: 1:50,000
Proyección: UTM
Datum: WGS84

Observaciones: Las zonas detectadas en este mapa son los sitios que podrían considerarse más valiosos del SC, ya que de acuerdo a las variables analizadas, son los que más SA aportan.

Elaboración del mapa: Los tres *Mapas Base* que constituyen este producto cartográfico tienen categorías cualitativas. Para hacerlos homogéneos, cuantitativos y por ende, combinables, se aplicó el siguiente método a los valores de sus tablas de atributos:

- 1.- Se identificó el número de categorías de cada mapa.
 - RA.- seis categorías (*mínima, baja, media, alta, muy alta y mayor*);
 - CC.- seis categorías (*sin evaluar, urbano, muy baja, baja, moderada, alta y muy alta*).
 - Riqueza de especies.- cuatro categorías (*baja, moderada, alta y muy alta*)
- 2.- Se elaboró una matriz ponderada con los atributos de los mapas de RA y CC, ubicando las categorías de RA en forma vertical y las de CC en forma horizontal, como se muestra en el Cuadro 13.
- 3.- A cada categoría se le asignó un valor cuantitativo (numérico). Al mapa de RA se le asignó mayor valor con respecto al de CC (2:1), ya que la información del primero es más confiable y precisa, por la metodología desarrollada en su elaboración.
- 4.- Las celdas de la matriz se llenaron con el valor resultante de cada intersección (suma de los valores asignados a cada categoría).
- 5.- Se establecieron cuatro intervalos con base en los valores cuantitativos resultantes de la matriz, para que este mapa (RA+CC), se pudiera combinar con el de riqueza de especies que tiene cuatro categorías. Los rangos quedaron agrupados como: *primer rango*, valores del 2 al 5; *segundo rango*, valores del 6 al 9; *tercer rango*, valores del 10 al 12 y *cuarto rango*, valores del 13 al 15.
- 6.- Se asignó una clasificación cualitativa de SA a cada rango: primero, categoría de zonas *de Alta Prioridad*; segundo, *zonas Prioritarias*; tercero, *zonas Medianamente Prioritarias* y cuarto, *zonas de Baja Prioridad*.
- 7.- Con la anterior clasificación cualitativa se elaboró el mapa de RA+CC el cual se combinó, con las herramientas del SIG, con el mapa de riqueza de especies (también de cuatro categorías cualitativas), obteniendo un producto cartográfico de cuatro categorías cualitativas de aportación de SA (*Alta, media, baja y muy baja*).

Este producto cartográfico se analizó con detalle, encontrando que el área que abarcaba cada categoría era demasiado amplia y, como el objetivo de este trabajo es identificar las áreas prioritarias de valor ambiental, se optó por hacer una clasificación más detallada para identificar aquellas zonas que más sobresalieran por su aportación de SA y proponerlas como de áreas de atención prioritaria. Por lo anterior, se dividió en tres cada una de las primeras categorías (*alta*, *media* y *baja*) para obtener nueve rangos de aportación de SA, la cuarta categoría (*muy baja*) quedó como tal.

El mapa resultante (producto cartográfico de SA), quedó con 10 categorías, siendo las del número mayor las que más aportan; y las del número uno, las zonas que en el primer mapa se reportaban como *muy bajas*, por estar en las áreas urbanizadas.

Cuadro 13: **MATRIZ DE VALORES DE RECARGA DE ACUÍFERO- CAPTURA DE CARBONO**

		Recarga del acuífero					
		Mayor (10)	Muy alta (8)	Alta (6)	Media (4)	Baja (2)	Mínima (2)
Captura de Carbono	Muy alta (5)	15 Alta prioridad	13 Alta prioridad	11 Prioritaria	9 Medianamente prioritaria	7 Medianamente prioritaria	7 Medianamente prioritaria
	Alta (4)	14 Alta prioridad	12 Prioritaria	10 Prioritaria	8 Medianamente prioritaria	6 Medianamente prioritaria	6 Medianamente prioritaria
	Moderada (3)	13 Alta prioridad	11 Prioritaria	9 Medianamente prioritaria	7 Medianamente prioritaria	5 Baja prioridad	5 Baja prioridad
	Baja (2)	12 Prioritaria	10 Prioritaria	8 Medianamente prioritaria	6 Medianamente prioritaria	4 Baja prioridad	4 Baja prioridad
	Muy baja (1)	11 Prioritaria	9 Medianamente prioritaria	7 Medianamente prioritaria	5 Baja prioridad	3 Baja prioridad	3 Baja prioridad
	Urbano (0)	10 Prioritaria	8 Medianamente prioritaria	6 Medianamente prioritaria	4 Baja prioridad	2 Baja prioridad	2 Baja prioridad
	Sin evaluar (0)	10 Prioritaria	8 Medianamente prioritaria	6 Medianamente prioritaria	4 Baja prioridad	2 Baja prioridad	2 Baja prioridad

(El número entre paréntesis corresponde a la ponderación asignada y el que está en la parte superior de cada categoría de la matriz es la suma de los valores de acuerdo a la captura de carbono o recarga de acuífero).



6.2.4.4. Mapa D: Zonas en contradicción con lo establecido por el PGOEDF.

Originado a través de Mapas Base de: PGOEDF
Uso de suelo y vegetación de 2005

Escala: 1:50,000
Proyección: UTM
Datum: WGS84

Elaboración del mapa: Se unieron los mapas de ambos *Mapas Base* y se evaluó la *tabla de atributos* resultante. Se encontraron estos tres tipos de comportamiento:

- a. Zonas donde el uso de suelo corresponde a lo que marca el PGOEDF
- b. Zonas donde el uso de suelo contraviene las actividades permitidas por el PGOEDF.
- c. Zonas donde el PGOEDF no protege a zonas con vegetación natural.

El mapa resultante se logró a través de una *union* en la herramienta *GeoProcessing wizard*, pero se tuvo que hacer un ajuste porque el *mapa de uso de suelo y vegetación 2005* estaba en una escala mayor a la del PGOEDF. El mapa del ordenamiento tiene un área mínima de 100 m²., y el otro de 4 m² por lo tanto, a todos los polígonos del mapa resultante menores a 100 m² se les asignó la zonificación que le correspondía al PGOEDF para evitar reportarlos como áreas donde el *uso de suelo contraviene las actividades permitidas por el PGOEDF o zonas donde este instrumento no protege la vegetación natural*. A pesar de las diferencias de escala, el mapa final muestra zonas con superficies considerables donde se tienen las zonas donde el uso de suelo contraviene las actividades permitidas por el PGOEDF y las zonas donde el PGOEDF no protege a zonas con vegetación natural, que se describen en el siguiente capítulo y en la figura 18.

6.2.4.5. Mapa E: Gestión Actual.

Originado a través de Mapas Base de: Reforestación del Gobierno Local
Obras de conservación y proyectos productivos
Proyectos de reconversión productiva

Escala: 1:50,000
Proyección: UTM
Datum: WGS84

Elaboración del mapa: Las *coberturas* de los *Mapas Base* se sobrepusieron en el SIG, desglosando por actividades el mapa de *obras de conservación y proyectos productivos*. Después se editó este nuevo producto cartográfico con la información conjunta.



6.2.4.6. Zonas de valor ambiental por su grado de conservación

Originado a través del *Mapa Base de:* Uso de suelo y vegetación (2005).

Escala: 1:10,000
Proyección: UTM
Datum: WGS84

Elaboración del mapa: Se desplegó el mapa con la clasificación más detallada de tipos de vegetación y uso del suelo, lo cual permitió identificar los tipos de bosque presentes (pino, encino, oyamel y mixto), los matorrales, pastizales, zonas agrícolas y urbanas.

Con base en lo que reporta la bibliografía (CONABIO, 2007; INE, 2007), se analizaron y evaluaron las siguientes características en el SC para identificar zonas de valor ambiental conservadas:

- 1) Zonas con mayor **superficie** vegetal conservada.
- 2) Zonas que aportan una **continuidad** entre comunidades vegetales.
- 3) Zonas con tipos de **vegetación nativa o relictos de vegetación nativa**
- 4) Zonas con tipos de **vegetación endémica**
- 5) Zonas con mayor superficie **libre de infraestructura urbana**.

Las variables relacionadas con la aportación de SA como son la recarga de mantos acuíferos y riqueza de especies, no se tomaron en cuenta en este análisis ya que se evalúan en el producto cartográfico de SA. Asimismo, las zonas que tienen valor ambiental por tener riberas naturales e importancia paisajística o de recreación, tampoco se evaluaron porque este mapa no cuenta con información que represente estas características. Sin embargo, los indicadores numerados anteriormente se consideran suficientes en este caso, para identificar los sitios más representativos del SC por su grado de conservación.

Al analizar estas cinco características en el *mapa de uso de suelo y vegetación* (GDF, 2005), se lograron delimitar en el SIG los polígonos de sitios que las contenían; cada uno se calificó cuantitativamente asignándole una unidad, por cada característica que presentaba. Estas zonas se observan en el siguiente apartado, en el punto correspondiente a los resultados del *mapa de uso de suelo y vegetación* (GDF, 2005).



7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al revisar cada *Mapa Base* y los productos cartográficos obtenidos a partir de ellos, se hizo un diagnóstico sobre el estado en que se encuentra el SC desde diferentes puntos de vista que se especificarán en este apartado. Un mapa que aportó información muy importante para hacer este análisis es el de *uso de suelo y vegetación del 2005* (GDF, 2005), ya que contiene información confiable y actual y la escala a la que se encuentra, aporta un mayor grado de precisión a los resultados obtenidos al *sobreponerlo* con todos los demás mapas en el SIG. Por este motivo, la discusión de resultados que se presenta en este apartado iniciará con el diagnóstico de este mapa y continuará con los demás, en el orden en que aparecen citados en la metodología.

Cabe mencionar que se usaron otras coberturas de cartografía digital (curvas de nivel, hidrología, límites delegacionales, etcétera), para apoyar en la interpretación visual, así como trabajo de campo, los cuales respaldan mejor todo el análisis reportado en este trabajo,

A continuación se describen los resultados obtenidos al analizar cada mapa y se incluye una representación gráfica (figura) de cada uno. Las figuras muestran las zonas que se citan con un número, y éste se especifica en el texto.


Todos los productos cartográficos finales que se citan en el siguiente apartado se presentan editados con su *metadata* y en color en los Anexos al final de este documento.

7.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS MAPAS BASE

7.1.1. *Mapa Base 11: Uso de suelo y vegetación del 2005 e identificación de las zonas más conservadas del SC.*

Se observa que el SC aún tiene macizos boscosos importantes que se encuentran en el límite sur del D.F. limitando con los Estados de México y Morelos. Describiendo el uso de suelo y vegetación de sur a norte, se encuentra una tendencia general que respeta la presencia de bosques y vegetación natural continuando con una franja de zona agrícola y terminando con zonas urbanizadas, excepto para el sur poniente el D.F. donde la zona boscosa colinda directamente con la zona urbana.

A grandes rasgos, existen cuatro grandes macizos boscosos en el sur del SC, mismos que continúan hacia los estados de México y Morelos. A continuación se describen las características

de estos macizos acompañados de un número de referencia para ubicarlos en la figura 2, del mapa  que se encuentra al final de este punto.

El macizo boscoso más grande tiene más de 11 600 ha, se encuentra al sur-poniente del D.F. en las delegaciones de Cuajimalpa, Álvaro Obregón, La Magdalena Contreras y al poniente de Tlalpan; la vegetación que presenta es bosque de pino y oyamel (1). Las zonas más conservadas de oyamel se encuentran en el interior de las barrancas y en las laderas altas de los cerros está el bosque de pino-oyamel. El segundo macizo de 3 850 ha se ubica hacia el oriente de éste y cubre la superficie del Volcán el Pelado, en la parte central de la delegación Tlalpan (2); esta fracción de bosque es pino y bosque mixto (pino, encino y oyamel), encontrándose el bosque de pino en la ladera poniente del Volcán y el bosque mixto en la ladera oriente. Ambos macizos están “casi” totalmente separados uno del otro excepto por la zona de bosque que cubre al Volcán Malacatepec (3), mismo que ya colinda al norte y sur por una franja de zona agrícola.


Un tercer macizo boscoso de aproximadamente 3 426 ha, está en la parte sur donde limitan las delegaciones Tlalpan y Milpa Alta (4); corresponde al derrame lávico del Volcán Chichinautzin y se continúa hacia el Estado de Morelos. Este macizo es principalmente de bosque de pino y en las partes de mayor altitud tiene oyamel. Por el poniente, se encuentra separado del macizo del Volcán Pelado por la autopista y la carretera México-Cuernavaca y, por el oriente, colinda con un cuarto macizo boscoso. Este último macizo (5) cubre una gran porción del sur de la delegación Milpa Alta (7 255 ha) y corresponde a todo el Volcán Tláloc y algunos cerros aledaños. La vegetación de este sitio es bosque mixto, bosque de pino en la ladera oriente y una pequeña fracción de bosque de encino al nororiente de este Volcán (6).

Cabe mencionar dos cosas: que el bosque de encino está casi extinto pues, según las cartas de vegetación del INEGI (INEGI, 1970), las áreas que contenían este bosque ahora son las zonas agrícolas que corresponden a las delegaciones Tlalpan, Xochimilco y Milpa Alta; y la segunda aseveración indica que la porción de encino de este último macizo boscoso, es la más grande que queda en el SC del D.F. y cuenta con sólo 500 ha. Además, casi toda esta superficie se ubica esquemáticamente como una península que sobresale del propio macizo, rodeada de campos de cultivo y colindando al norte con un matorral de vegetación natural (7) que también es el más grande del SC (900 ha) y de los pocos que quedan.

En lo que se refiere a matorrales, además del mencionado en el párrafo anterior, sólo existen otros dos con una superficie un poco menor a él. Uno de ellos se encuentra en la delegación Tlalpan en el límite del SU-SC (**8**) y una buena porción de él está dentro del ANP “Parque Ecológico de la Ciudad de México”. La otra zona con matorral está en la cima oriente de la Sierra de Santa Catarina (**9**) en los límites de las delegaciones Tláhuac e Iztapalapa y el Estado de México. El resto de los matorrales son sólo pequeños remanentes distribuidos en la zona de transición urbano-rural.

Otro tipo de vegetación en el SC es el pastizal. Este tipo de vegetación se observa en las zonas de mayor altitud en forma de pequeños llanos o en las cimas de los cerros y volcanes. Conforme se pierde altura se intercalan con el bosque de pino creando comunidades vegetales de pastizal-pino hasta que la densidad de árboles aumenta y pasa a bosque de pino. Se detectaron cuatro zonas importantes de pastizal; la primera está donde nacen los ríos Agua de Leones y el Río Magdalena (**P1**), al sur-poniente del D.F. (en las delegaciones de Cuajimalpa, Álvaro Obregón y La Magdalena Contreras). Otro pastizal de tamaño considerable (más de 400 ha) es el que abarca toda la cima del Volcán Ajusco (**P2**) en los límites de las delegaciones La Magdalena Contreras y Tlalpan. El tercero separa los macizos boscosos del Volcán Chichinahutzin y del Volcán Tláloc en la delegación Milpa Alta (**P3**). Una característica para resaltar de este pastizal es que además de separar estos macizos, colinda al norte con un brazo de zona agrícola que ha fragmentado estos bosques, por lo que urgen labores de restauración y vigilancia para evitar que la agricultura no invada al pastizal. El otro pastizal se encuentra en el centro de la cima de la Sierra de Santa Catarina en los límites de las delegaciones de Iztapalapa y Tláhuac.

Respecto a los pastizales, se tiene la sospecha de que algunos en realidad sean zonas agrícolas sin cultivar por algunas temporadas, por lo que pudieran considerarse precursores de la agricultura y en este caso pueden contribuir a la fragmentación de los macizos boscosos. Otro comentario al respecto, es que se observó que al comparar este mapa con los *mapas de uso de suelo y vegetación* (INEGI, 1970; UNAM, 2000; y, CentroGEO, 2002), precisamente las zonas de pastizal en estos mapas se reportan indistintamente como bosque de pino, como zonas agrícolas o como pastizales. Por lo anterior, se deduce que: pueden ser zonas agrícolas que se dejaron de cultivar y se encontraron como pastizales al elaborar uno de estos mapas o, son bosques de pino-pastizal donde la densidad arbórea es muy baja (según Rzedowski 1970, son bosque abiertos de pino-pastizal) y dependiendo del criterio del que hace la categorización de la vegetación lo han

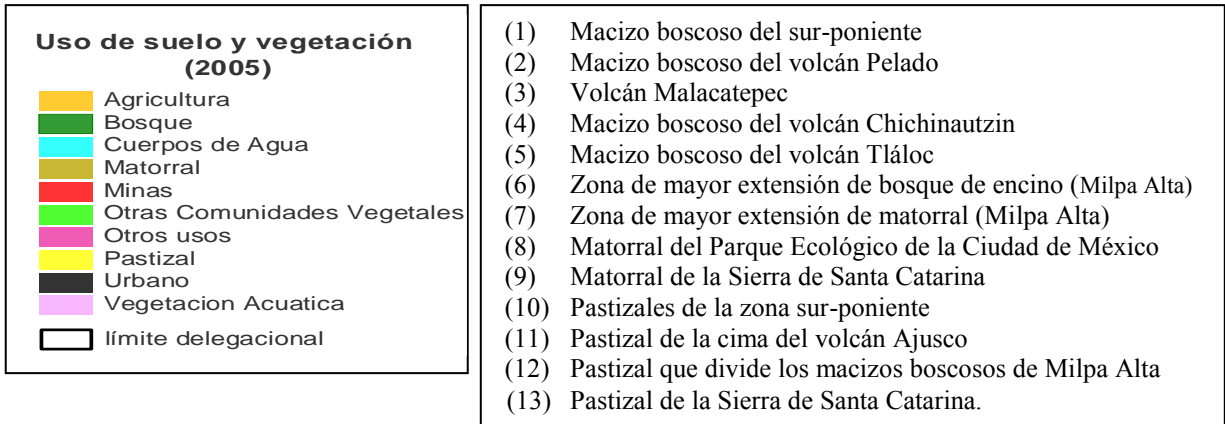
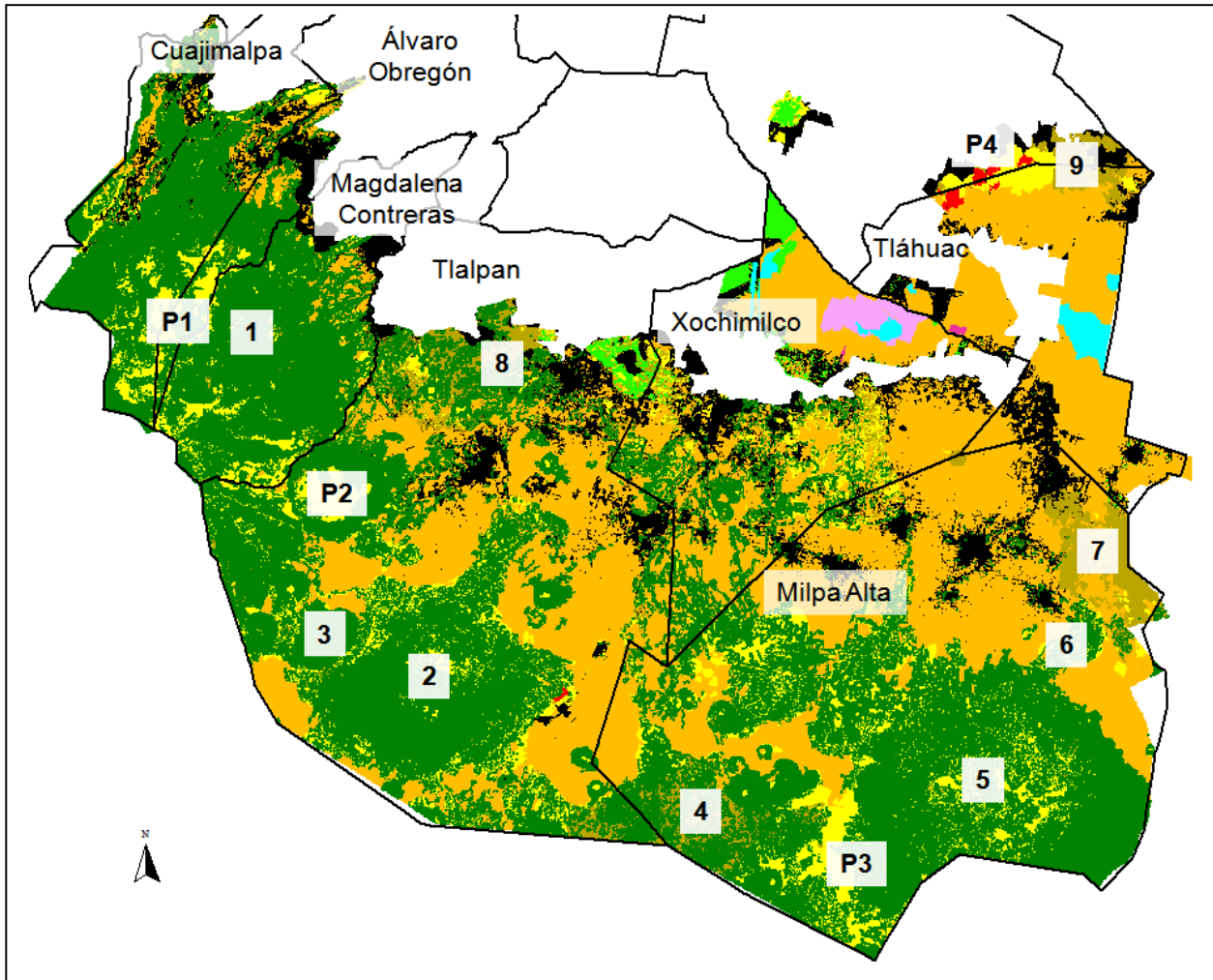
clasificado como bosque de pino o como pastizal; y en las clasificaciones más detalladas como pino-pastizal o pastizal-pino. 

En cuanto a la zona agrícola, es prácticamente inexistente en las delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón y La Magdalena Contreras ya que en términos generales se distribuye como una franja en altitudes medias y bajas en el resto de las delegaciones del SC y casi toda es de temporal. En Tlalpan, se distribuye como un arco que aísla casi por completo el macizo del Volcán Pelado. En Milpa Alta, se distribuye en el norte pero está ganando terreno al bosque con un brazo que crece separando al macizo del Volcán Chichinahutzin del macizo del Volcán Tláloc.

En Xochimilco, el uso agrícola es el más frecuente tanto en la parte sur de la delegación, que es zona de montaña, como en el norte, donde se encuentra la zona chinampera y de humedales con vegetación acuática. Cabe mencionar que estas dos zonas agrícolas están separadas por una franja considerable de SU regulado que se distribuye en ambas direcciones invadiéndola con asentamientos irregulares. Finalmente, todo el SC de la delegación Tláhuac es prácticamente de uso agrícola salvo por sus poblados rurales y por la otra zona de humedales que existe en el D.F. y que se encuentra en el límite oriente de esta delegación.

Por lo que respecta al uso de SU, éste se describe con mayor detalle en el mapa de influencia urbana que se muestra como figura 7. El análisis de este mapa, se presenta en la figura 3 y en él se señalan las zonas que se mencionaron en este apartado.

Figura 3: **MAPA DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DEL 2005**



Identificación de las áreas de valor ambiental por su grado de conservación a partir del Mapa de uso de suelo y vegetación del 2005 (GDF, 2005).

Después de analizar los diferentes usos de suelo y los ecosistemas presentes en el SC en el mapa más actual que se tiene del sitio (mapa de uso de suelo y vegetación 2005), se ponderaron todas las zonas mencionadas del apartado anterior para identificar cuáles de ellas son las más valiosas por su grado de conservación. Las variables usadas para hacer esta valoración se seleccionaron con base en lo que reportan tanto la CONABIO como el INE, cuando identifican áreas de valor ambiental en el país (CONABIO, 2007; INE, 2007).

En el Cuadro 14, se muestran siete zonas identificadas como de mayor valor ambiental del SC, en lo que se refiere al grado de conservación e importancia ecológica. Estas son las que tuvieron los valores más altos al aplicar la ponderación cuantitativa de cinco características evaluadas: superficie, continuidad, vegetación nativa, relictos de vegetación nativa y zonas libres de infraestructura urbana (explicadas en el punto anterior).

Cuadro 14 Ponderación de las zonas de mayor valor ambiental de acuerdo a su grado de conservación			
Zonas de importancia ambiental	Características que presentan	Ponderación cuantitativa	
		simple	Acumulada
Macizo 1 (bosque de pino, oyamel y encino). Delegaciones: Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Magdalena Contreras.	• Superficie	1	4
	• Continuidad	1	
	• Vegetación nativa	1	
	• Relictos de vegetación nativa	0	
	• Libre de infraestructura urbana	1	
Macizo 2 (bosque de pino y mixto). Cima y laderas del volcán Pelado en delegación Tlalpan.	• Superficie	1	3
	• Continuidad	0	
	• Vegetación nativa	1	
	• Relictos de vegetación nativa	0	
	• Libre de infraestructura urbana	1	
Macizo 3	• Superficie	1	4
	• Continuidad	1	
	• Vegetación nativa	1	
	• Relictos de vegetación nativa	0	
	• Libre de infraestructura urbana	1	
Macizo 4	• Superficie	1	4
	• Continuidad	1	
	• Vegetación nativa	1	
	• Relictos de vegetación nativa	0	
	• Libre de infraestructura urbana	1	

Volcán Malacatepec	• Superficie	0	4
	• Continuidad	1	
	• Vegetación nativa	1	
	• Relictos de vegetación nativa	1	
	• Libre de infraestructura urbana	1	
Encinar en Milpa Alta	• Superficie	0	3
	• Continuidad	1	
	• Vegetación nativa	1	
	• Relictos de vegetación nativa	1	
	• Libre de infraestructura urbana	0	
Matorral en Milpa Alta	• Superficie	0	3
	• Continuidad	1	
	• Vegetación nativa	1	
	• Relictos de vegetación nativa	1	
	• Libre de infraestructura urbana	0	

NOTA: las variables que se refieren a especies endémicas y fauna, aunque son muy importantes para hacer esta valoración, no se ponderaron porque la información del mapa de uso de suelo y vegetación 2005, no tiene información al respecto, sin embargo, se tomaron en cuenta indirectamente en los mapas de riqueza de especies y SA.

7.1.2. *Mapa Base 1: Incidencia de incendios*

Se encontró que los incendios se están presentando en ciertas regiones con mayor frecuencia que en otras. Se asume que el origen de la mayoría de los incendios se debe principalmente a las quemas que realizan los ganaderos y agricultores más que a los visitantes y peregrinos que no apagan bien las fogatas (*comunicación personal*: personal encargado de prevención y combate de incendios forestales de la DGCORENADER). Además, su atención y combate depende mucho de las condiciones geográficas ya que, hay sitios con topografía muy irregular o con pocas vías de acceso, lo que dificulta la eficiencia de su combate. A continuación se describen cuatro zonas identificadas como de mayor riesgo de incendios y las cifras mencionadas corresponden a todos los incendios que se reportaron para toda esa zona de riesgo durante el periodo del 2000 al 2005:

ZONA I.- El primer caso es la ANP “Sierra de Santa Catarina”, que se encuentra entre los límites de las delegaciones Tláhuac e Iztapalapa. Se reportan 22 cuadrantes (cada cuadrante equivale a 100 ha), con incidencia de incendios; 13 son de alta afectación y el resto de afectación moderada, además de hacer la aclaración de que estos cuadrantes incendiados pueden ser los mismos cada

año o ser de áreas colindantes, pues este mapa reporta el acumulado de incendios de todos los años.

Según la base de datos de la *cobertura*, esto corresponde a: 282 incendios atendidos en esos seis años y han afectado 494 ha. La vegetación afectada fue de un 74% de pastizal, 24% de arbustos y 2% de plantas de reforestación.

La gente que habita en las faldas de la Sierra no reconoce el decreto de ANP ni respeta los lineamientos de uso de suelo permitidos, por lo tanto, se realizan muchas prácticas inadecuadas como son las quemadas de esquilmos agrícolas que se propagan rápidamente hacia la cima (*comunicación personal*: personal encargado de prevención y combate de incendios forestales de la DG CORENADER).

ZONA II:- La segunda zona de riesgo está al norte del Volcán Ajusco, e involucra a las delegaciones de Tlalpan y La Magdalena Contreras. Esto corresponde a 398 incendios atendidos equivalentes a 337 ha quemadas. La vegetación que se afectó fue de 65% de pastizal, 14% de plantas de reforestación, 11% arbustos, 9.5% de hojarasca, y una pequeña parte de renuevos.

Esta zona corresponde a los núcleos agrarios de las comunidades de San Miguel Ajusco, San Nicolás Totolapan, San Andrés Totoltepec y Magdalena Petlacalco; ubicados en las faldas del Volcán Ajusco. Aquí se encuentra vegetación de tipo boscoso con pequeños, pero muy frecuentes manchones de pastizal, los cuales son un tipo de vegetación muy combustible. Por experiencia de campo se sabe que otra característica en la zona es la presencia de ganado de libre pastoreo dentro de los bosques y algunos asentamientos humanos tanto regulares como irregulares. La zona más afectada está muy asociada a los alrededores de la carretera del Circuito-Ajusco, por lo tanto, se supondría que la principal causa de los incendios, son los visitantes que llegan de paseo al sitio, sin embargo, los reportes de la DG CORENADER dicen que la mayoría de los incendios son ocasionados por quemadas intencionales que realizan los ganaderos para obtener el rebrote de los pastizales donde pastorea su ganado (GDF, 2005a).

ZONA III.- La tercera zona que requiere atención por su incidencia de incendios también se encuentra en la delegación Tlalpan y tiene 32 cuadrantes de afectación que se distribuyen en todas las laderas del volcán Pelado; por el lado poniente se reportaron 663 incendios atendidos y 964.94 ha afectadas y por el oriente 446 incendios equivalentes a 1 066 ha. La vegetación incendiada es: 73% de pastizal, 18% de plantas de reforestación, 4.5% de regeneración natural o

renuevo y el resto de hojarasca y arbustos. Los tipos de vegetación que se presentan en el sitio son principalmente: bosque de pino-pastizal, pastizal y bosque de pino. Todo este sitio forma parte de la Comunidad de San Miguel Ajusco por el lado poniente y de la Comunidad de San Miguel Topilejo al oriente. Cabe mencionar, que la parte donde pasa la Carretera Federal a Cuernavaca corresponde ampliamente con las zonas de afectación *Muy Alta* y *Extrema*.

ZONA IV.- El cuarto caso, se da en la delegación Milpa Alta. Aquí también se observa una gran superficie afectada no totalmente continua, por lo que se puede dividir también en dos subzonas más o menos vecinas con mucha afectación. La estadística que corresponde a ambas zonas es la siguiente: en la subzona poniente se atendieron 805 incendios que afectaron un total de 1 353.44 ha, y en la subzona del lado oriente se atendieron 683 incendios que afectaron un total de 915.92 ha. La vegetación afectada para la zona IV fue: 58% de pastizal, 36% de reforestación, 3.4% de hojarasca y el resto de renuevos y arbustos. El tipo de vegetación y uso de suelo para esta zona es principalmente bosque abierto de pino con pastizal, algunas pequeñas áreas de encinar-pino en el oriente, y rodeando la zona de bosque se presentan pequeñas porciones de zonas agrícolas. Es probable que el origen de estos incendios sea que también se presenta mucho ganado de libre pastoreo por lo que, hay quemadas realizadas por los ganaderos y a veces se salen de control. (GDF, 2007). También influye que la zona no tiene muchos accesos para que las brigadas combatan rápidamente los incendios, que la topografía es muy irregular con suelos muy pedregosos que complican el abrir más caminos, y finalmente, que los pastizales y matorrales son altamente combustibles.

En el resto del SC se presentan cuadrantes dispersos que reportan afectación por incendios y generalmente están en la frontera de la zona agrícola con el bosque; como casi todos están aislados entre sí, podríamos suponer que su origen también es por quema de esquilmos agrícolas pero los incendios no se extienden tanto ya que su atención y combate es más rápido debido a que las zonas agrícolas tienen más accesos y se cultivan en zonas con menor pendiente.

En la zona de montaña de la delegación Xochimilco se reporta que el motivo principal de los incendios es la quema de esquilmos agrícolas, ya que en esta delegación la ganadería se tiene estabulada y semiestabulada y no es factor importante como en las delegaciones Tlalpan y Milpa Alta. También hay reportes de incendios en la zona del ANP “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, mismos que se dan en las chinampas al quemar sus esquilmos y en los humedales; estos últimos dificultan su combate porque el ecosistema presente es “tular”, el cual

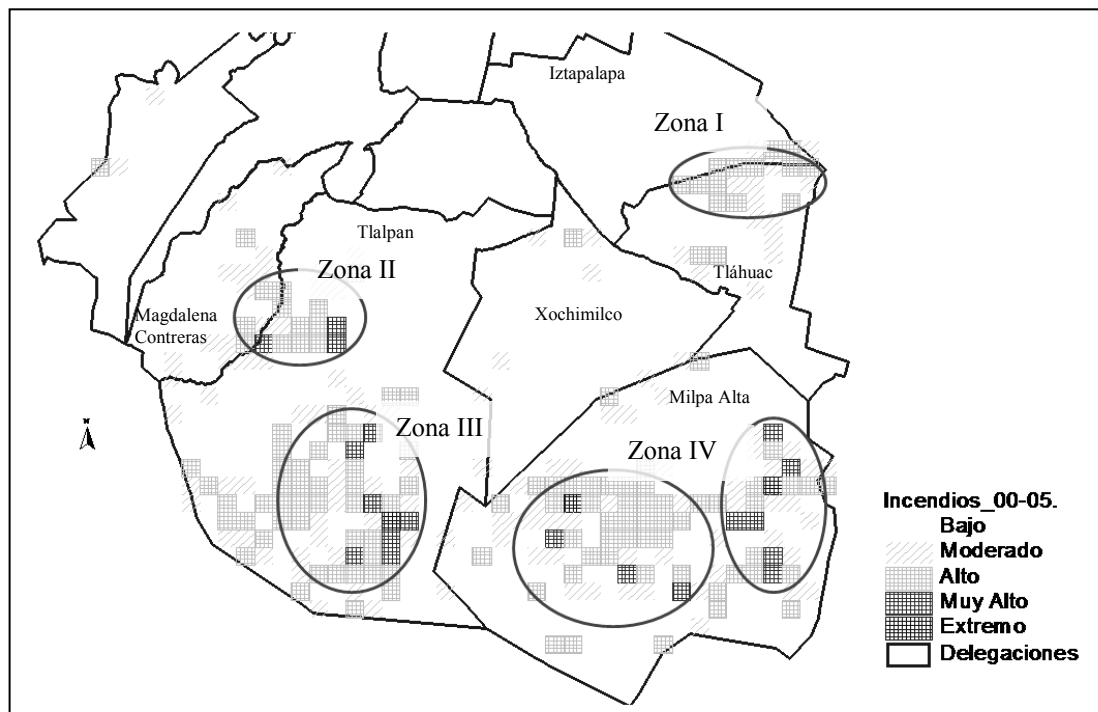
es muy combustible y los combatientes no pueden acceder tan fácilmente al sitio porque el paso es por los canales y por propiedad privada de los chinamperos (*comunicación personal*: personal encargado de prevención y combate de incendios forestales de la DGCORENADER).

En conclusión, según las razones citadas anteriormente, se piensa que los incendios son principalmente ocasionados por la presión urbana de los alrededores de los poblados rurales y de los asentamientos irregulares, por quemas de los ganaderos que tienen animales en libre pastoreo en los bosques o de esquilmos agrícolas y por fogatas mal apagadas de turistas o peregrinos que pasan por el SC cuando van a “Chalma”.

A continuación en la figura 4 se observa la imagen del mapa de incidencia de incendios del SC, señalando las zonas más afectadas mencionadas en este punto.

Figura 4:

MAPA DE INCIDENCIA DE INCENDIOS



7.1.3. Mapa Base 2: Riesgo de erosión

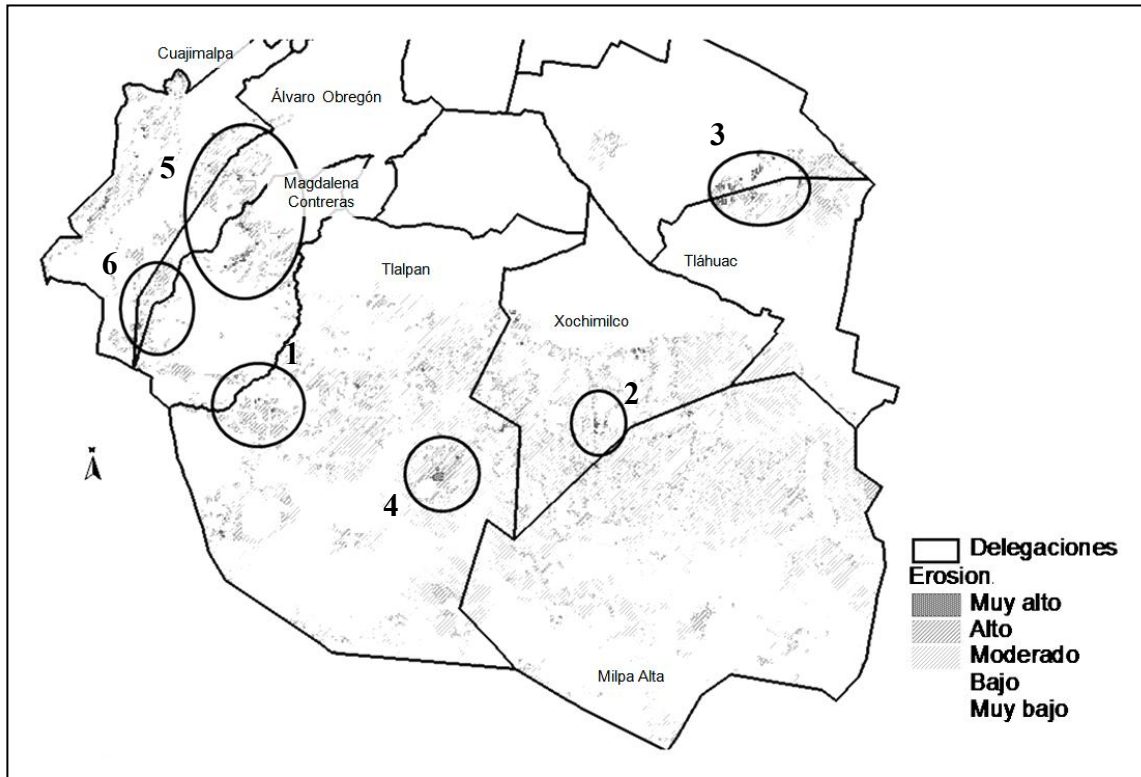
El mapa (Figura 5) refleja que todo el SC tiene riesgo de erosión pero las zonas más afectadas corresponden a la zona sur poniente del D.F., especialmente la ladera sur del volcán Ajusco (1) en la delegación Tlalpan, la zona de montaña del sur de la delegación Xochimilco (2) y la Sierra de Santa Catarina (3) al norte de la delegación Tláhuac; en esta última se explotan minas y está

desprovista de vegetación arbórea. La zona que tiene los valores más altos de erosión está al poniente de la delegación Tlalpan (4) y cae en la parte donde pasan la autopista y la Carretera Federal a Cuernavaca. Cuando se revisó esta zona en campo, se confirmó que tiene un grave problema de erosión por las malas prácticas agrícolas que se efectúan al arar conforme a la pendiente y sin técnicas de conservación de suelos. El tipo de cultivo es avena y se pueden observar muchas cárcavas desde la carretera. También hay otras dos zonas con esta afectación, una en el límite SU-SC de las delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón y La Magdalena Contreras (5), que coincide con la zona de barrancas que está siendo invadida por asentamientos humanos. En la parte sur de estas mismas delegaciones está la otra área y corresponde a zonas un poco deforestadas donde nacen los Ríos Magdalena y Agua de Leones (6).

El riesgo a la erosión es una afectación muy ligada a la deforestación por lo que el análisis que arroja resultados más claros sobre estos impactos se observa más adelante en el mapa de Amenazas (figura 15) que se describe más adelante, donde se aprecian las afectaciones por incendios, deforestación y erosión.

Figura 5.

MAPA DE RIESGO DE EROSIÓN



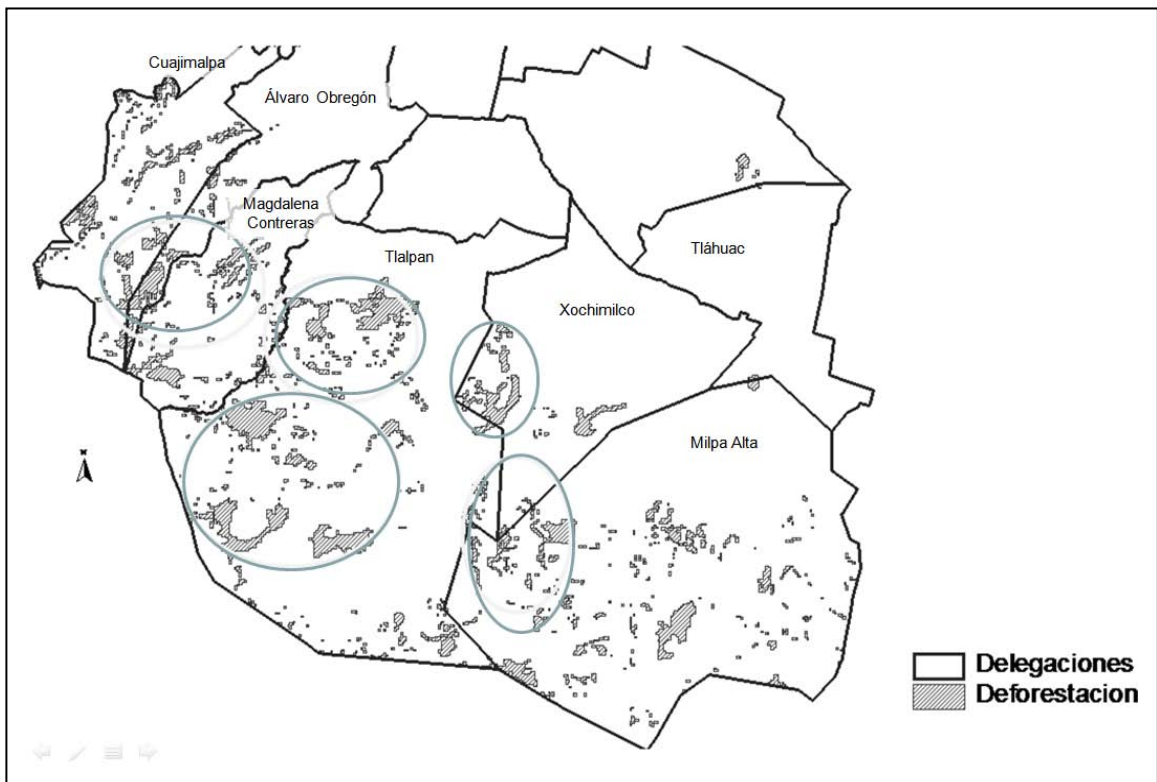
7.1.4. *Mapa Base 3: Deforestación*

Esta afectación al igual que la erosión se observa en todo el SC pero de forma más continua en las zonas de transición agrícola-forestal alrededor de los macizos boscosos ya mencionados. Al sobreponer este mapa con el del *uso de suelo y vegetación 2005*, se observa que las pequeñas zonas deforestadas pero muy abundantes caen en la zona de los macizos boscosos, lo que nos lleva a pensar que lo más probable es que es resultado de una tala clandestina no masiva y gradual que crea claros que van perforando el bosque.

Otro detalle importante detectado es que parte de estas zonas están reportadas como pastizales en los *mapas de uso de suelo y vegetación* (INEGI-1970, UNAM-1997, DGCORENADER 2002 y 2005), por lo que puede pensarse que son zonas deforestadas desde 1970 o son pastizales naturales dentro de un bosque abierto de pino y en ambos casos han aumentado su superficie deforestada. Este mapa se observa en la figura 6.

Figura 6

MAPA DE DEFORESTACIÓN



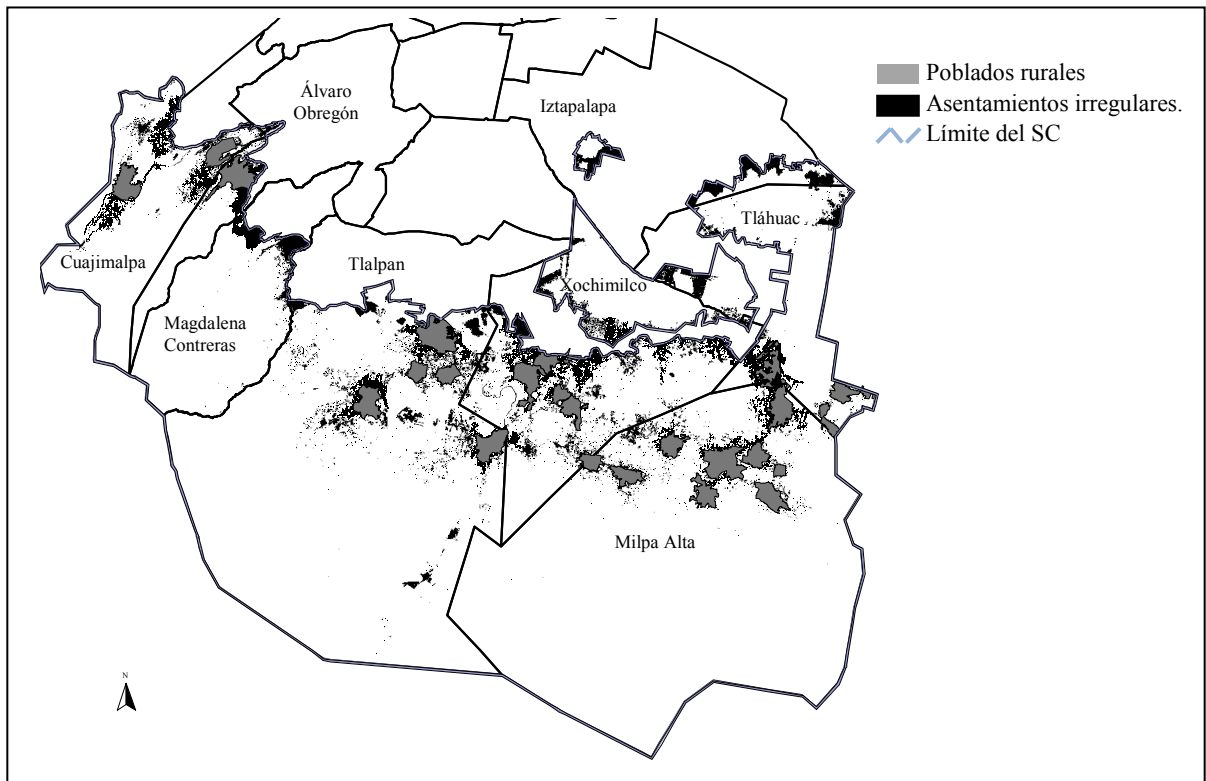
7.1.5. Mapa base 4: Asentamientos humanos irregulares (AHI)

Este mapa refleja la “invasión hormiga” de la urbanización. El establecimiento de viviendas se lleva a cabo principalmente alrededor de los poblados rurales del SC y en la franja de transición del SC-SU del D.F. Esta cobertura se le incluyó a todos los productos cartográficos finales que se observan en los anexos de esta tesis ya que es una afectación que casi en todos los casos es irreversible.

En la figura 7 se observa este mapa y se le incluyeron los polígonos que corresponden a los poblados rurales y el límite del SC ya que, como se menciona en el texto, el crecimiento de los AHI se da alrededor de ellos.

Figura 7.

MAPA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS





7.1.6. Mapa Base 5: Poblados rurales, programas parciales y equipamientos urbanos

En este mapa se incluyen todos los predios e infraestructura urbana regulada e irregular y se usó para dar un mayor detalle al mapa final de *Zonas amenazadas por crecimiento urbano*. En este apartado no se incluye la imagen del mapa porque la mayoría de los equipamientos urbanos están dentro de las zonas que se observan en la figura anterior y por cuestiones de escala no se aprecian a simple vista. En lo que se refiere a los programas parciales, son polígonos que se han creado en las zonas que han sido invadidas por los asentamientos humanos irregulares que ya están consolidados y se han regularizado o están en ese proceso. También se ubican en zonas que aún no invaden estos asentamientos pero están rodeadas por ellos.

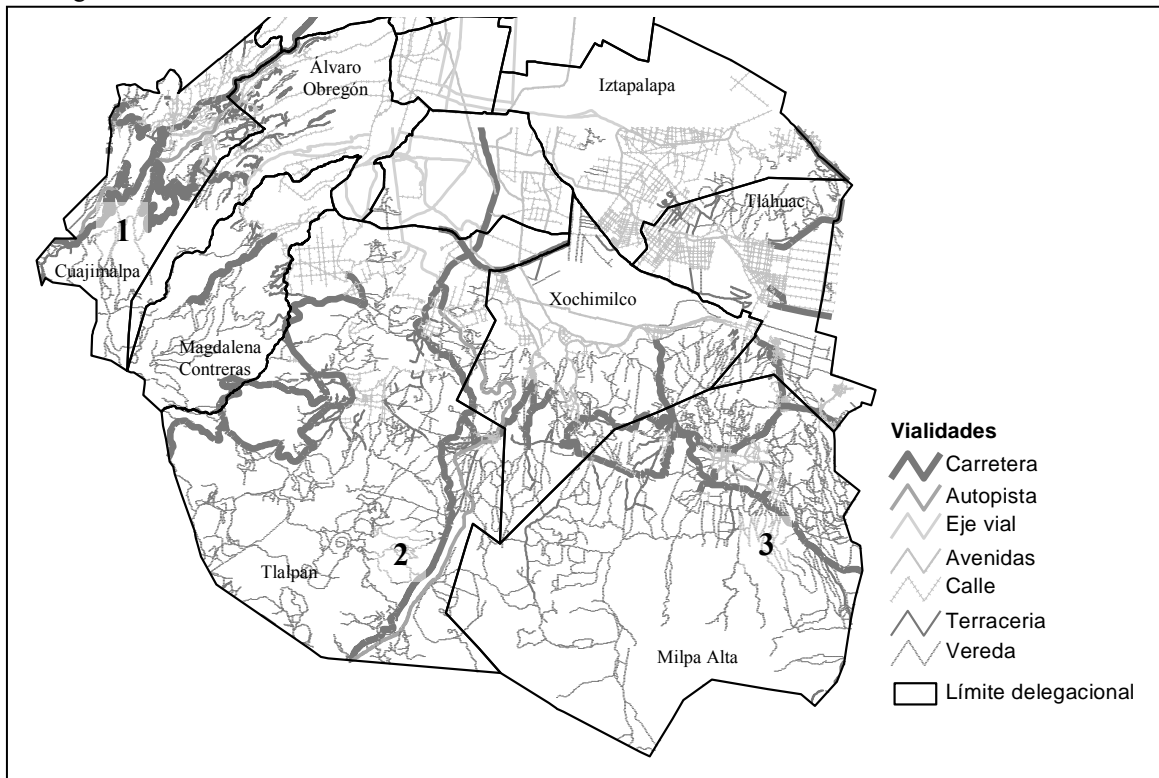
Tanto los equipamientos urbanos, como los programas parciales de desarrollo urbano, se observan en la figura 16 del mapa de *zonas amenazadas por crecimiento urbano*. Para el caso de los poblados rurales, éstos se aprecian en la figura 7.

7.1.7. Mapa Base 6: Vialidades (vías de comunicación)

Se encontró que las vías de comunicación que están afectando de manera más negativa al SC son las carreteras y autopistas ya que en todos los casos atraviesan y fragmentan macizos boscosos y están ligadas al crecimiento de asentamientos humanos irregulares e regulares y a algunas zonas agrícolas que están invadiendo las superficies boscosas.

La primera carretera que afecta al SC es la que va hacia Toluca y pasa por la zona boscosa de Cuajimalpa en el límite con el Estado de México (1). Las siguientes son la autopista y la carretera federal a Cuernavaca (2) que están casi paralelas y atraviesan toda la delegación Tlalpan de norte a sur en su límite con la delegación Milpa Alta. La tercera, es la carretera que va a Oaxtepec (3) y atraviesa la delegación Milpa Alta por el límite oriente pasando por la zona que corresponde al único relicto de bosque de encino de dimensiones considerables del SC. El resto de las vialidades forman una red uniendo todos los asentamientos humanos tanto regulares como irregulares, sin embargo, en general muestran un impacto negativo en el SC por el paso de vehículos y peatones, las brechas que lo atraviesan en la parte sur, también aportan un beneficio al bosque porque son los únicos canales para reforestar, combatir incendios y vigilar el sitio; lo anterior se aprecia en la figura 8.

Figura 8. **MAPA DE VIALIDADES**

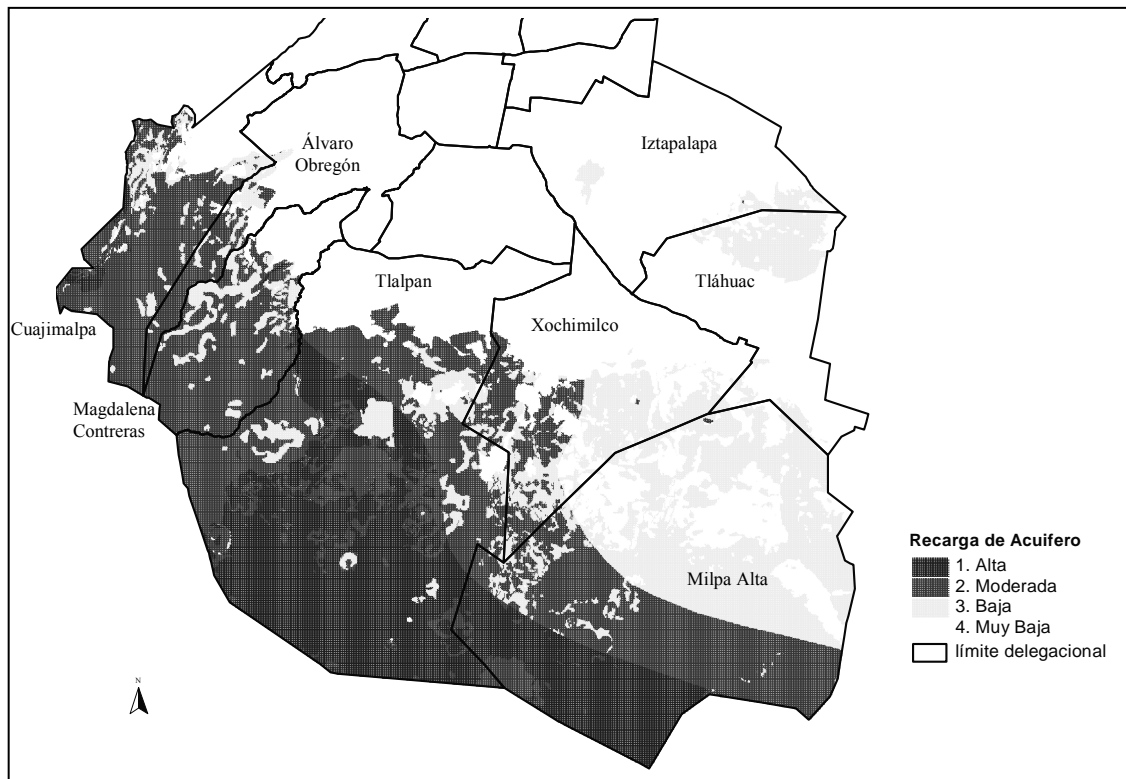


7.1.8. *Mapa Base 7: Recarga de Acuífero (RA)*

Este mapa (Figura 9) muestra claramente que la delegación donde se da la mayor recarga del acuífero es Tlalpan. La zona abarca toda la superficie del volcán Pelado extendiéndose hacia el norte hasta la cima del Volcán Ajusco y hacia el sur-oriente hasta la mitad del territorio de la delegación Milpa Alta que corresponde a la superficie del macizo boscoso del Volcán Chichinautzin. Esta zona de alta recarga se observa en la figura 9 como la franja más oscura.

Un dato relevante de este análisis es que se identificó un área de alta recarga ubicada en la superficie que corresponde a los Ejidos de Parres y Topilejo (a) en la zona oriente de la delegación Tlalpan, límite con la delegación Milpa Alta siendo una de las zonas más erosionadas del SC y donde se llevan a cabo prácticas agrícolas no sustentables como ya se mencionó.

Figura 9. **MAPA DE RECARGA DEL ACUÍFERO**



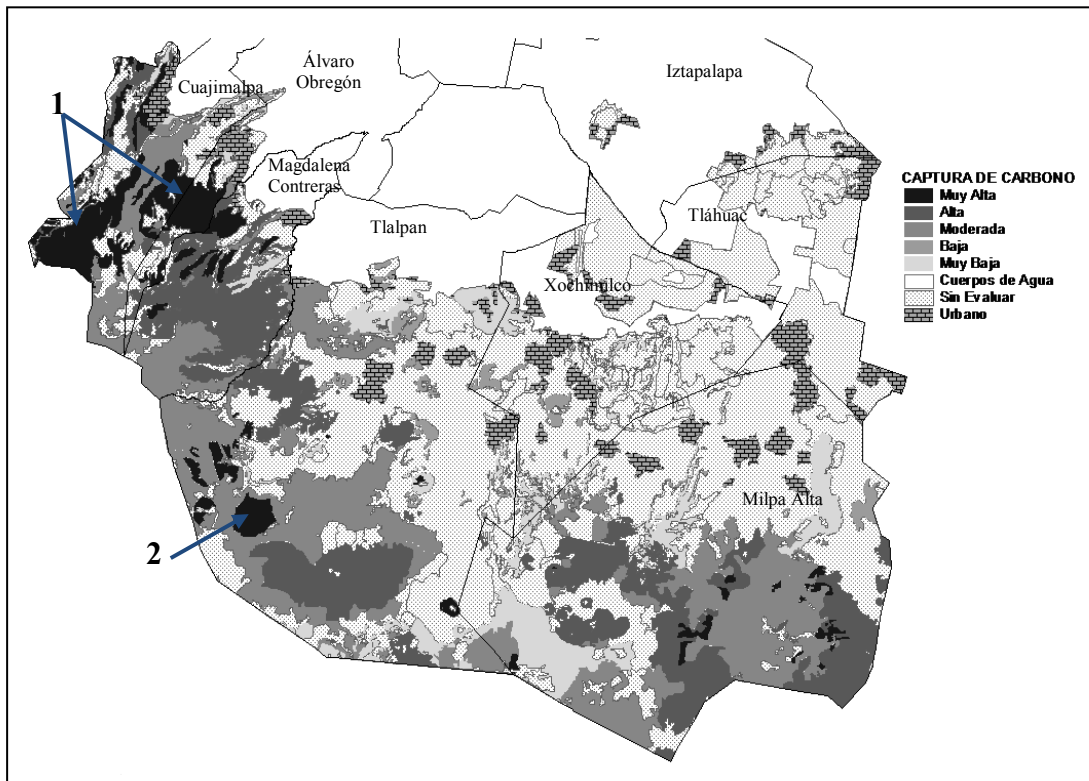
7.1.9. *Mapa Base 8: Captura de carbono (CC)*

Las zonas donde se captura más carbono (categorías *muy alta* y *alta*) están asociadas directamente con las superficies que ocupan los cuatro macizos boscosos que ya se describieron en el *mapa de uso de suelo y vegetación 2005* (GDF, 2005). Sin embargo, las partes con categoría *muy alta* abarcan sólo fracciones donde se encuentra el bosque de oyamel y donde se distribuyen las cañadas del macizo boscoso del poniente del SC (1), y estas zonas colindan al norte con asentamientos humanos.

Otra zona con *muy alta* CC se localiza en la superficie que abarca el volcán Malacatepec (2) en la delegación Tlalpan y, se ha visto que esta zona se considera muy importante porque es el área boscosa que mantiene casi unidos el macizo del poniente del SC con el del volcán Pelado. Se observa a continuación en la figura 10 el mapa de captura de carbono y las zonas mencionadas:

Figura 10.

MAPA DE CAPTURA DE CARBONO



Cabe mencionar que se observó que las zonas de humedales muestran una baja CC, lo que indica que este mapa se elaboró tomando en cuenta la cobertura vegetal terrestre no así, la vegetación acuática, que da una aportación importante de CC (Prompex, 2007).

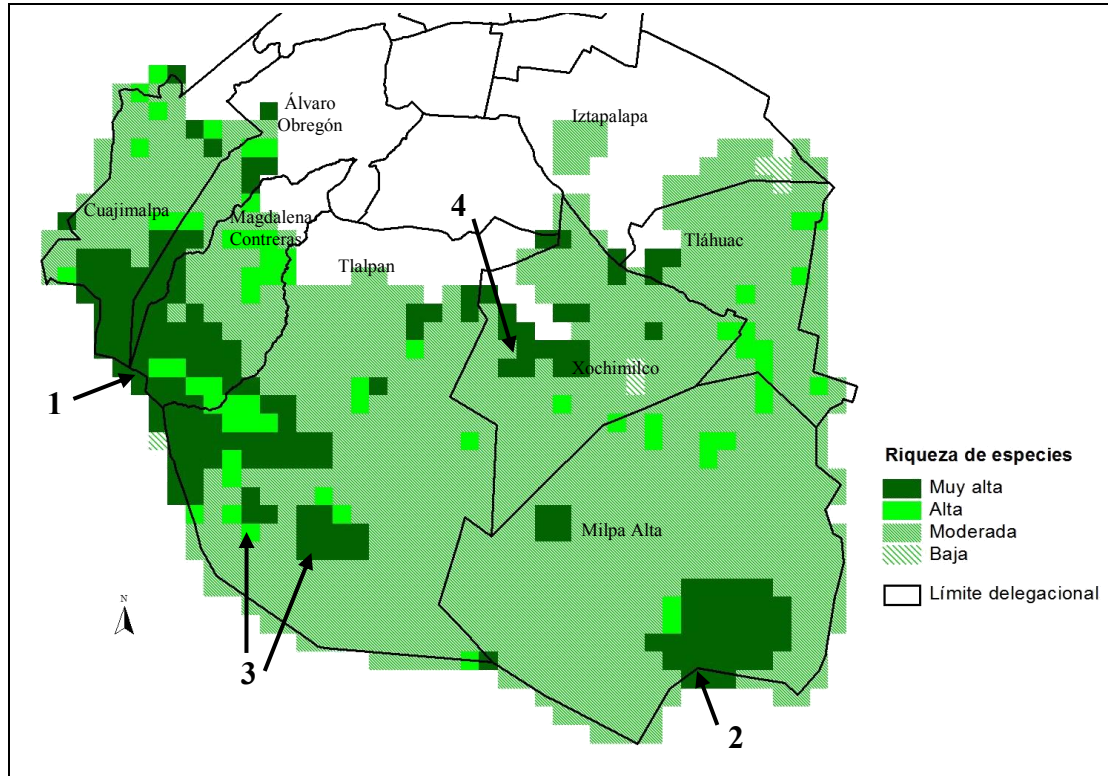
7.1.10. *Mapa Base 9: Riqueza de especies*

Se ubicaron cuatro áreas donde se encuentra una *muy alta* riqueza de especies. La primera corresponde en gran medida al macizo boscoso del poniente del SC (1). La segunda abarca la cima y parte de las laderas del volcán Tláloc en la delegación Milpa Alta (2). La tercera es una zona mucho más pequeña y comprende la cima del volcán Pelado (3) en la delegación Tlalpan y la del volcán Malacatepec. Finalmente, la cuarta zona es una franja en la delegación Xochimilco que se distribuye en la parte central de la delegación justo en el límite SC-SU (4). Se sospecha que esta última zona se pudo haber reducido considerablemente ya que el mapa de riqueza de especies se elaboró en el año 2000 y al sobreponerle los asentamientos humanos del mapa de uso de suelo y vegetación 2005, el área aparece cubierta casi en su totalidad por la mancha urbana. En

la figura 11 se observa el *mapa de riqueza de especies* y las zonas mencionadas en el texto anterior, mientras más oscuro es el tono mayor es la riqueza de especies del sitio

Figura 11.

MAPA DE RIQUEZA DE ESPECIES



7.1.11. Mapa Base 10: Programa General de Ordenamiento Ecológico del D.F. (PGOEDF)

Como ya se explicó en el apartado “Método aplicado en el manejo de cartografía digital”, el PGOEDF se diseñó basándose en *coberturas* digitales, entre ellas, las de *vegetación y uso del suelo* (INEGI, 1970; y UNAM,1997). Las categorías y actividades permitidas y restringidas que aplica el PGOEDF se diseñaron con la finalidad de conservar la vegetación aun existente y detener el cambio de uso de suelo (forestal a agrícola, forestal a urbano y agrícola a urbano, principalmente).

En general, describiendo en orden de aparición de norte a sur la distribución geográfica de las zonificaciones del PGOEDF esta inicia con los *programas parciales, equipamientos urbanos y poblados rurales*. Estos polígonos están ubicados en el límite del SU-SC (algunos poblados están un poco más al sur) y aunque están señalados en el PGOEDF, lo único que aplica es el respetar la

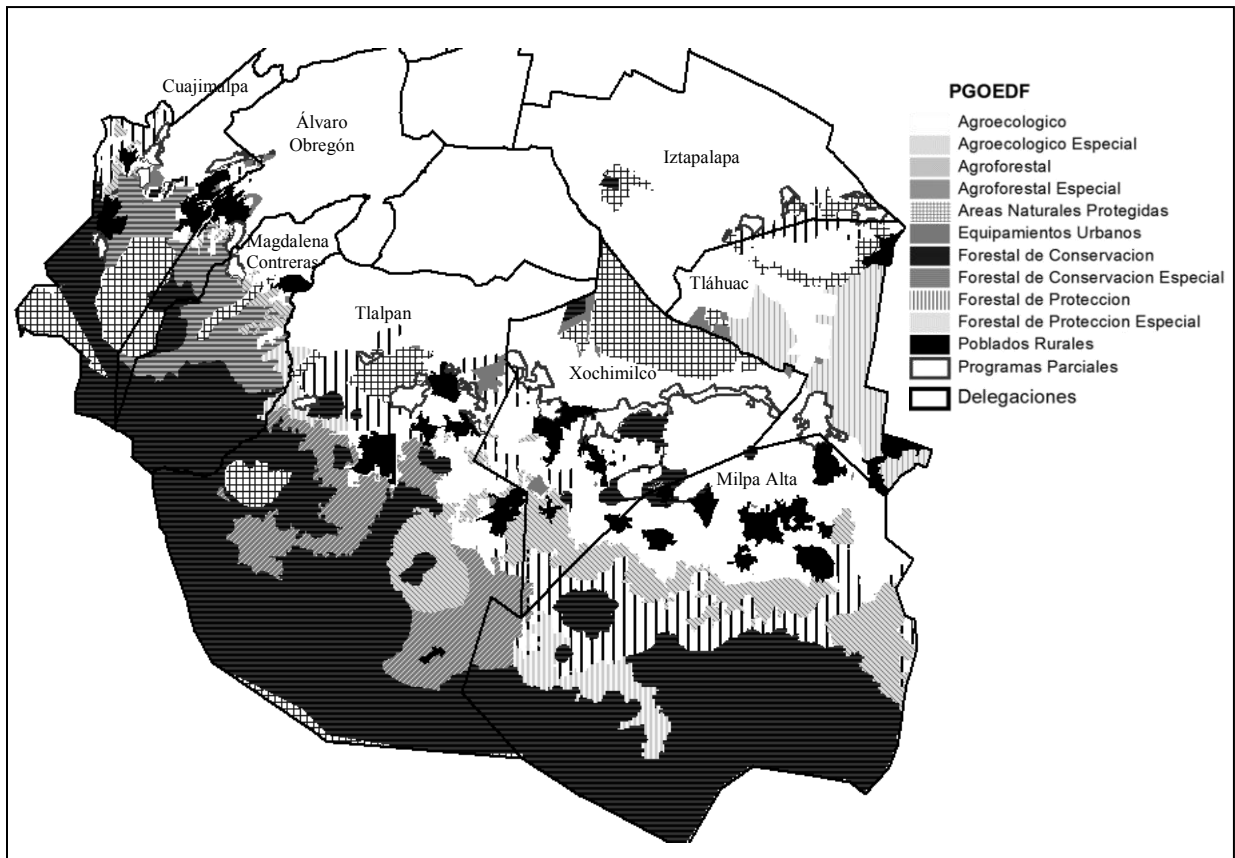
superficie establecida para ellos pues sus actividades están normadas por los programas delegacionales o parciales de desarrollo urbano vigentes. La siguiente zonificación corresponde a las *agroecológicas* y *agroecológicas especiales* donde se permite la agricultura intensiva y sustentable; continúan las *agroforestales* y *agroforestales especiales* donde se permite el uso agrícola pero más restrictivo y enfocado a la conservación. Las siguientes zonificaciones son *forestal de protección* y *forestal de protección especial* y no permiten uso agropecuario; se fomenta el desarrollo de actividades de protección y restauración conjuntamente con prácticas de aprovechamiento tradicional no maderable. Finalmente, la última zonificación comprende las de *forestal de conservación* y *forestal de conservación especial* y las únicas actividades para desarrollar bajo un control estricto y con seguimiento son las de ecoturismo, investigación y restauración, siempre y cuando no incluyan el instalar infraestructura.

Existe otra zonificación de aplicación diferente a las anteriores y es la de las ANP que se encuentran dentro del SC y que a pesar de ser zonas conservadas, sus actividades se rigen por un Programa de Manejo específico para cada una y su administración puede ser a través de la SMA, o por convenios entre la SMA y el gobierno delegacional o federal.

Aunque todas estas zonificaciones casi siempre cumplen con el objetivo con el que fueron catalogadas, se encontraron algunos casos con incongruencias ya que los usos que se proponen en el PGOEDF, están muy enfocados a preservar un tipo de ecosistema natural (que es lo ideal), pero al momento de elaborar esta herramienta normativa muchos de estos ecosistemas que se reportaban en la cartografía base, ya no tenían la vegetación original. Por lo anterior, se han tenido que hacer excepciones y ajustes al programa, sobre todo en las áreas donde la zonificación marca restricción para la agricultura o el uso urbano y estas actividades ya se llevaban a cabo desde años anteriores e incluso la vegetación original ya era inexistente. Por el contrario, algunas zonificaciones que se hicieron respetando el uso de suelo al momento de elaborar el Programa, no favorecen totalmente a los ecosistemas naturales que aún existen en el SC; algunos ejemplos de esto se presentan más adelante en el punto donde se describen los resultados del análisis entre el mapa del PGOEDF con el *mapa de uso de suelo y vegetación 2005* (GDF, 2005).

En la figura 12 se observa el mapa del PGOEDF con sus zonificaciones para poder observar la distribución que éstas tienen tal y como se describió en el texto..

Figura 12. **MAPA DEL PROGRAMA GENERAL DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL DISTRITO FEDERAL**

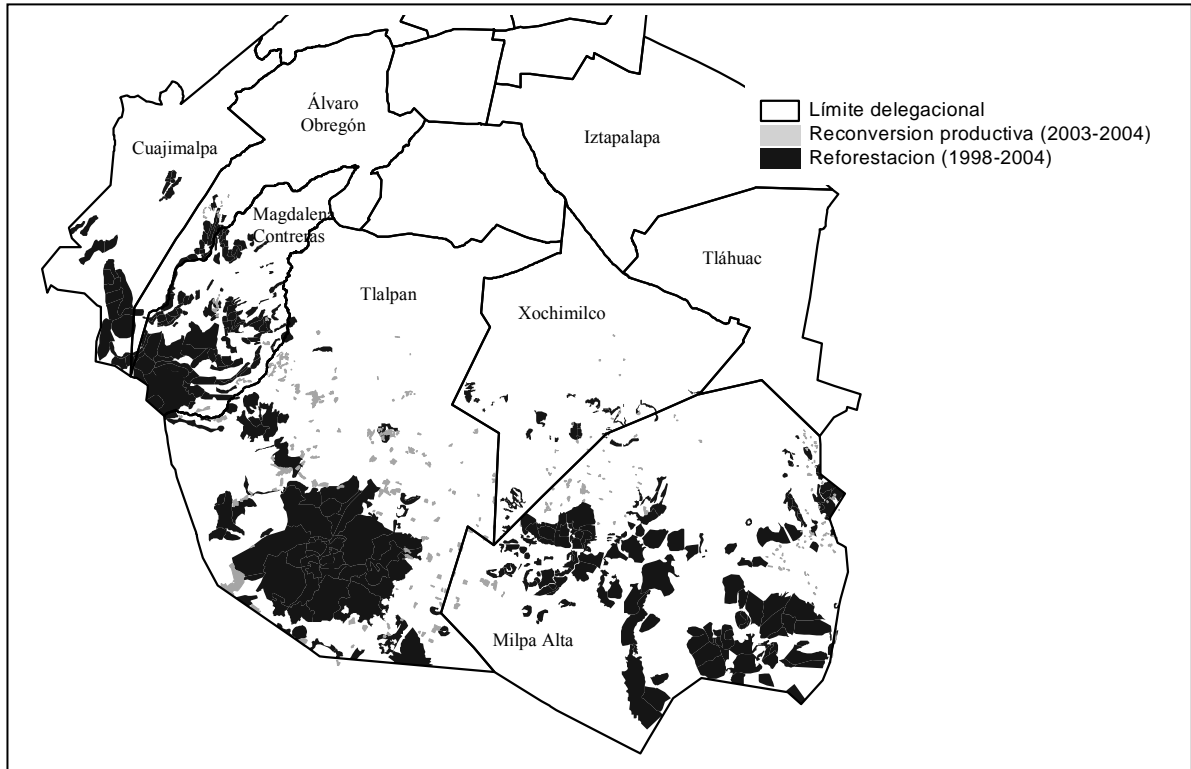


7.1.12. *Mapa Base 12: Programas de reforestación del gobierno local*

Este mapa base muestra las zonas que han sido reforestadas desde 1998 hasta el 2005 y un detalle que vale la pena aclarar es que al revisar por separado los archivos digitales de cada año, se encontró que en algunos casos, las mismas áreas han sido reforestadas en varias ocasiones pero esto no se puede diferenciar en el mapa final ya que sólo presenta el acumulado de la reforestación en todo este periodo. Aún así, se tiene un patrón en la reforestación y es que, han llevado a cabo estas actividades en las superficies que corresponden a los macizos boscosos identificados en el SC, con el fin de densificarlos (excepto en el macizo que cubre el volcán Chichinautzin en la delegación Milpa Alta).

En la figura 13 se observa este mapa junto con los proyectos de reconversión productiva cuya explicación está más adelante.

Figura 13. **MAPA DE REFORESTACIÓN Y RECONVERSIÓN PRODUCTIVA**



7.1.13. *Mapa Base 13: Obras de conservación y proyectos productivos*

La importancia de este mapa es que nos permite evaluar si los proyectos realizados desde el 2002 al 2005 con presupuesto de la SMA (programa FOCOMDES), se están haciendo en sitios adecuados y siguiendo los objetivos que persigue la Secretaría que es la preservación del SC. Para esto, se hizo un análisis con la información que contienen las bases de datos por cada año y por el acumulado de proyectos para todo el periodo. Los proyectos se clasificaron según la actividad que se efectúa en: agropecuarios, de conservación y proyectos mixtos. El cuadro donde se desglosaron con más detalle estas actividades corresponde al Cuadro 10 del apartado anterior.

A continuación se presenta el Cuadro 15 con la cuantificación de los proyectos ejecutados en el SC; en algunos casos las tablas de datos de cada mapa no tenían la información tan detallada por lo que en algunos años no aparece tan desglosado. Se identificaron también algunos casos donde

los proyectos caen fuera del SC, o no tenían los datos de la descripción del proyecto para poderlo clasificar así que se cuantificaron como “otros”.

Cuadro 15. Proyectos productivos y obras de conservación financiados por la SMA (2002-2005)									
Actividades		No. de proyectos por año y porcentaje correspondiente							
		2002		2003		2004		2005*	
Agropecuarios	Agricultura tradicional	124	82.2%	580	71.6%	302	56.3%	122	8.9%
	Pecuario	66						69	
Conservación	Agricultura orgánica y/o sustentable	3	13.4%	1	25.4%	156	29.1%	87	53.6%
	Control de erosión (obras de conservación de suelo y agua)	6		-				49	
	Protección y vigilancia	1		8				11	
	Restauración	21		197				122	
Proyectos Mixtos	Transformación Turismo Otros	10	4.3%	24	3%	77	14.3%	45	37.8%
TOTAL		231		810		536		497	

*Para el caso de 2005 la información que se reporta es a septiembre de ese año, por lo tanto no están incluidos los proyectos que se aprobaron en el último trimestre de 2005.

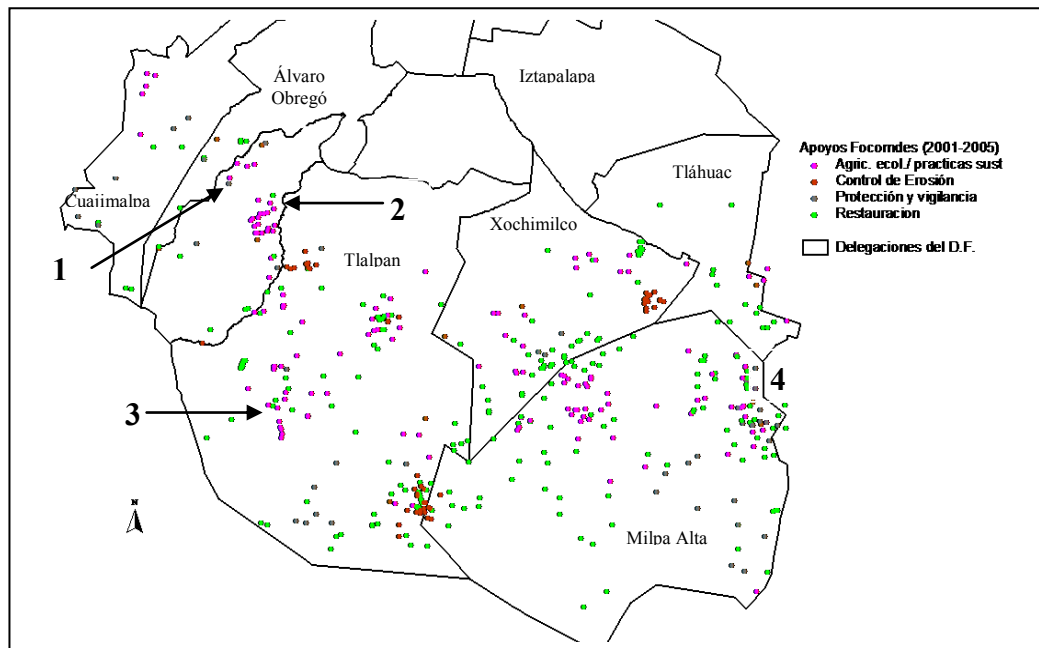
Al analizar el cuadro anterior, se observa que a pesar de que estos apoyos a productores estaban enfocados para actividades de preservación y manejo sustentable, sólo hasta el 2005 poco más del 50% se pueden catalogar dentro de los proyectos de conservación. En los años anteriores los proyectos agropecuarios son los que recibían la mayor parte de estos financiamientos.

Cuando se analizó un primer mapa donde se ubicaban los proyectos clasificados como agropecuarios, de conservación y mixtos, se observó que los agropecuarios y mixtos caían casi en todos los casos en las zonas agrícolas (según el mapa de suelo y vegetación del 2005), y en las zonas agroecológicas y agroecológicas especiales según el PGOEDF, mientras que los proyectos de conservación coincidían con las zonas de transición agrícolas-forestales (según el mapa de uso de suelo y vegetación 2005) y con las agroforestales y agroforestales especiales según el PGOEDF; lo que indica que se está haciendo una gestión adecuada. Este mapa se incluye en la figura 19, “Gestión actual” al final de este apartado. Sin embargo, se hizo otro ejercicio ubicando los proyectos de conservación, de manera desglosada, clasificándolos en: agricultura orgánica y/o sustentable, control de erosión, protección y vigilancia y restauración y se encontró que la mayoría de ellos también se han efectuado en lugares adecuados. Los de control de erosión corresponden a las zonas de mayor riesgo de erosión (según el mapa de riesgo de erosión) y reconocimiento de campo); pero algunos proyectos no son tan adecuados para el sitio donde se

realizan. Un ejemplo de esto son 21 proyectos de agricultura orgánica y agroforestería que están acumulados en dos zonas que corresponden a las cañadas de la delegación La Magdalena Contreras (1)(2), zona no apta para cultivos por las pendientes pronunciadas y por estar identificada como zona forestal donde se está perdiendo el bosque por influencia urbana y ahora agrícola. Otro caso similar son ocho proyectos de agricultura orgánica y agroforestería que se ubican en el sur de la delegación Tlalpan donde se juntan las laderas del volcán Malacatepec y el volcán Pelado (3). Ambas zonas se han mencionados en varios puntos de este apartado por ser muy importantes ambientalmente y por sus aportaciones de SA. El volcán Malacatepec además mantiene unidos al macizo boscoso del Poniente con el del volcán Pelado y estos proyectos productivos en cuestión, se hallan en un pequeño claro que rodea el volcán por el nororiente. Otra zona de importancia ambiental que está siendo afectada por nueve proyectos de este mismo tipo es un matorral natural que se ubica en el oriente de la delegación Milpa Alta (4); este es el más grande y de los pocos que quedan en el SC. Los proyectos se ubican intercalados en el matorral y no se sabe qué tanto lo están afectando dado que en este archivo cartográfico sólo aparece una coordenada de ubicación por cada proyecto, cuando en realidad abarcan una superficie mayor. Este mapa se aprecia en la figura 14:

OBRAS DE CONSERVACIÓN Y PROYECTOS PRODUCTIVOS SUSTENTABLES

Figura 14.





7.1.14. Mapa Base 14: Proyectos de reconversión productiva

Este mapa se trabajó de manera independiente al del punto anterior ya que, aunque también se refiere a proyectos productivos de conservación financiados por la SMA, este archivo sí contiene toda la superficie donde se llevan a cabo las actividades y no sólo un punto de referencia. Los proyectos que se observan aquí son de reconversión productiva, es decir, proyectos donde se pretende ir cambiando el uso de suelo de agrícola a forestal, ya que se siembran hortalizas intercaladas con árboles o arbustos como pino de Navidad, frutales o perilla.

Se observó que estos proyectos están ubicados en la zona agrícola que limita con la zona forestal; la mayoría están en la delegación Tlalpan alrededor del bosque del volcán Pelado y en las faldas del volcán Ajusco lo cual ayuda a la conservación del sitio, además de que colindan también con las zonas de reforestación del SC. No obstante, una pequeña porción de estos proyectos se ubica al oriente de la delegación Milpa Alta en la zona de matorral, dándose el mismo caso de afectación antes mencionado.

Para poder apreciar mejor lo que se menciona en este punto, la ubicación de los proyectos de reconversión productiva se incluyó en la fig. 13 que corresponde al mapa de “Programas de Reforestación del gobierno local”.



7.2. RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE TODOS LOS PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

7.2.1. Mapa A: Zonas amenazadas por incendios, deforestación y erosión:

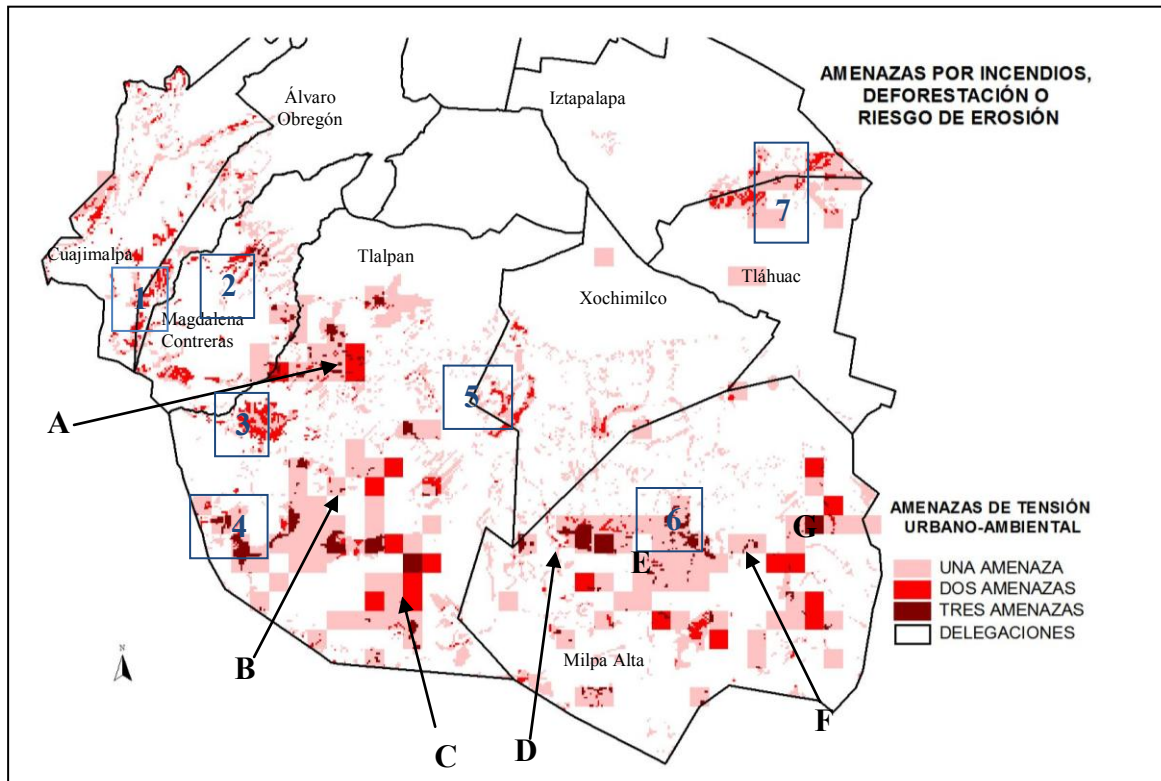
Este mapa contiene acumuladas tres afectaciones: la incidencia de incendios, el riesgo de erosión y la deforestación. En él se observan tres categorías (una, dos o tres amenazas). La categoría con tres amenazas representa las áreas afectadas por estas tres variables al mismo tiempo y **puede usarse para identificar zonas de atención prioritaria**, ya que estas afectaciones, en la mayoría de los casos, son reversibles si se llevan a cabo acciones de prevención y restauración del sitio.

Las zonas con tres amenazas se encuentran distribuidas en todo el SC (Figura 15); las zonas más grandes se encuentran en las delegaciones Tlalpan y Milpa Alta. En la primera delegación se ubica una zona de poco más de 200 ha al sur del ANP “Parque Ecológico de la Ciudad de México”(A); otra zona con la misma superficie, se encuentra al norte del macizo boscoso del volcán Pelado (B); y, una tercera zona de aproximadamente 700 ha está al oriente de este mismo macizo, pero distribuida por toda la ladera hasta la cima del volcán (C). En la segunda delegación se encuentra un área de casi 300 ha dentro de un fragmento de bosque, al norte del macizo del volcán Chichinautzin (D); otra zona de 300 ha se distribuye en una franja desde la ladera poniente del volcán Tláloc hasta su cima (E); en este mismo macizo del Tláloc, pero en la ladera nor-oriente, se ubica otra superficie afectada de poco más de 400 ha (F). Finalmente, una franja de 300 ha (G) se distribuye atravesando por el centro este macizo boscoso hacia un relicto importante de bosque de encino, hasta la zona del matorral del oriente de esta delegación (sitios anteriormente mencionados por su importancia ecológica, ubicados al oriente del macizo del volcán Tláloc).

También se encontraron otras áreas afectadas, menores de 50 ha, pero muy cercanas entre sí, ejemplos de ello son: áreas en Desierto de los Leones (1), Cañada de los Dinamos (2) y cima del volcán Ajusco (3), dentro del macizo boscoso del poniente. Otras con la misma descripción están rodeando al volcán Malacatepec (4), en la delegación Tlalpan; en la parte cerril del sur-poniente de la delegación Xochimilco (5), al norte del macizo boscoso del volcán Tláloc (6), en la delegación Milpa Alta; y en el poniente de la Sierra de Santa Catarina (7), en los límites delegacionales de Tláhuac e Iztapalapa.

Con el propósito de tener una mejor apreciación de las amenazas, a continuación se presenta el mapa de incidencia de incendios, riesgo de erosión y deforestación, incluyendo la cobertura de los AHI (figura 15).

Figura 15. **MAPA DE ZONAS AMENAZADAS POR INCENDIOS, EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN**

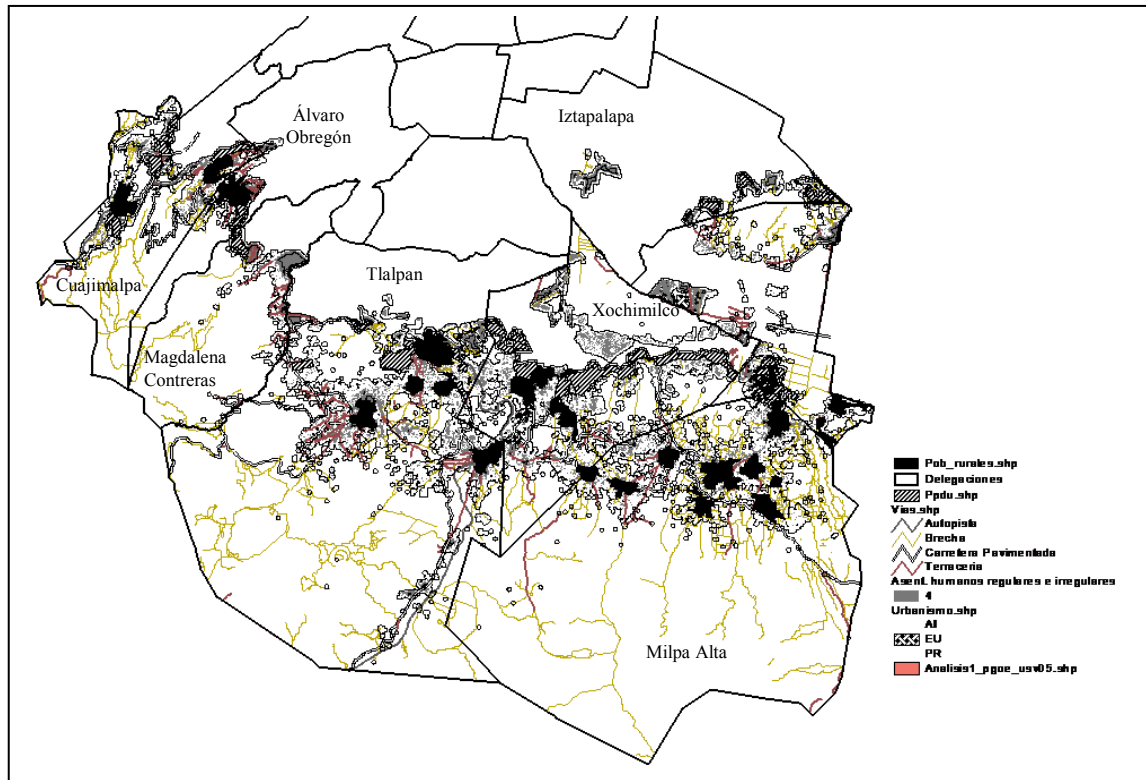


7.2.2. Mapa B: Zonas amenazadas por crecimiento urbano.

En este mapa se plasma el impacto urbano irreversible que está afectando al SC; ya que a diferencia del mapa anterior (*Zonas Amenazadas por incendios, erosión y deforestación*) donde se pueden llevar a cabo acciones de prevención y restauración del sitio, las afectaciones que aquí se describen sólo se pueden aminorar pero no evitarse. Lo anterior se explica porque en este mapa se incluyen todas las áreas que tienen infraestructura urbana como son: los poblados rurales, las áreas de programas parciales de desarrollo urbano, los equipamientos urbanos, las carreteras, autopistas y otras vialidades, ya que todo lo anterior ya está normado y permitido tanto por el gobierno local como por el federal. También se incluyen en este mapa los AHI que no tienen autorizado este uso de suelo, pero muchos de ellos presentan un alto grado de consolidación o muchos años establecidos, y el desalojarlos es una tarea muy difícil que se intenta realizar año

con año sin mucho éxito. Además, se requiere mucha vigilancia para monitorear el SC y evitar el nuevo y constante establecimiento de AHI (Figura 16).

Figura 16. **ZONAS AMENAZADAS POR CRECIMIENTO URBANO**



7.2.3. Mapa C: Servicios Ambientales (SA).

Este mapa se clasificó primero en cuatro categorías de aportación de SA (*alta, media, baja y nula*), y se observó que las áreas con los valores *altos* correspondían totalmente con los macizos boscosos; las de valores *medios* con las zonas agrícolas; y las de valores *bajos y nulos* con los espacios permeables entre los asentamientos humanos.

Como uno de los objetivos de esta tesis es identificar las áreas prioritarias de valor ambiental y la literatura menciona que el SC es el territorio que más SA aporta a la Ciudad de México, esta primera clasificación ayudó a corroborar esta cita. Sin embargo, como los macizos boscosos ya fueron referidos como grandes áreas de valor ambiental, por ser las zonas más conservadas en el D.F., para identificar las áreas más importantes por su aportación de SA dentro de los propios macizos, se hizo un nuevo mapa de SA con 10 categorías donde las áreas de mayor aportación son las que aparecen con el número 10 y las de menor con el número 1.

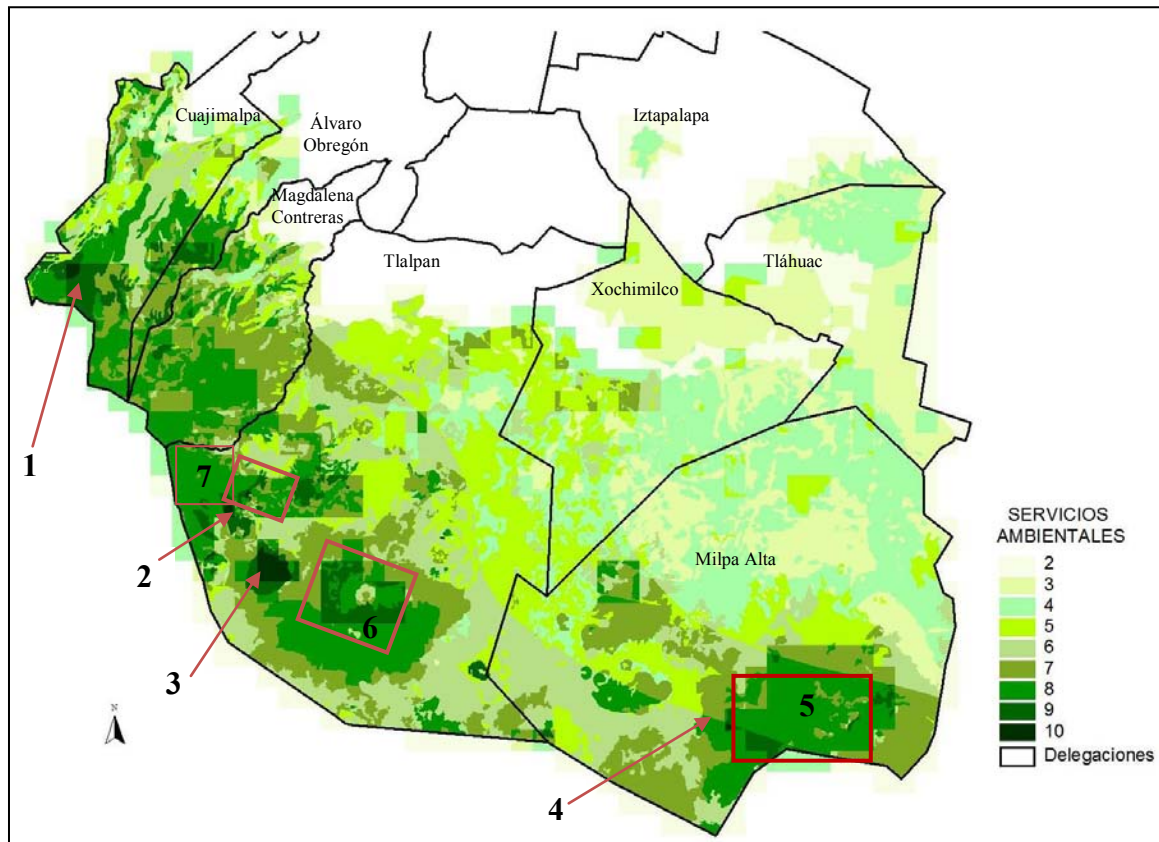


Con esta nueva clasificación se detectaron cuatro pequeñas zonas de prioridad 10. La primera es menor de 100 ha y se localiza al sur-poniente de la delegación Cuajimalpa (1), justo donde terminan los asentamientos irregulares ubicados al lado de la Carretera Federal a Toluca; cabe mencionar, que esta zona aumenta su valor porque se extiende hacia el sur con una categoría de valor *nueve* que abarca casi 500 ha. La siguiente zona es de aproximadamente 50 ha al sur-poniente de la delegación Tlalpan (2), se ubica en la parte inferior de la ladera del volcán Ajusco donde el macizo del poniente se empieza a fragmentar, pero también está rodeado de una superficie de casi 300 ha con valor *nueve* en SA. La tercera zona de valor 10 es la más grande que aparece en el mapa, tiene 200 ha y corresponde a la cima del volcán Malacatepec (3), mencionado repetidas veces, tanto por su valor ambiental como por las amenazas que lo aquejan; además, esta área se encuentra rodeada por 400 ha de valor *ocho*. La cuarta zona prioritaria se encuentra al sur-poniente del macizo boscoso del volcán Tláloc (4), en la delegación Milpa Alta; no llega a 30 ha, pero se extiende hacia el sur con 150 ha de valor *nueve*, además de estar inmersa en la zona más grande y continua de valor *ocho*, que abarca gran parte de este macizo con una superficie de aproximada de 3 500 ha (5). En lo que se refiere a otras zonas de valor *nueve*, una de ellas con 700 ha, se encuentra en la cima del volcán Pelado (6), en la delegación Tlapan, rodeada de 1 600 ha de valor *ocho*; otra área, con poco más de 100 ha, se distribuye al sur-oriente del volcán Ajusco (7), rodeada de 600 ha de valor *ocho*.

Seis zonas con valor *ocho* de entre 500 y 1 000 ha cada una, se distribuyen cercanas entre sí, por todo el macizo boscoso del poniente; y dos de 300 ha en promedio, están ubicadas en la delegación Milpa Alta, en el macizo del volcán Chichinahutzin y al norte del mismo.

Casi todo el resto del SC presenta SA medios de valores *cinco*, *seis* y *siete*. Las zonas con valores *dos* y *tres* corresponden a la zona chinampera, en la delegación Xochimilco; a la zona de humedales, al sur de la delegación Tláhuac; y, al norte de la delegación Milpa Alta, mismas que pueden ser consideradas de alto valor en términos culturales y como relictos de ecosistemas únicos. Finalmente, las zonas con valor *uno* son para los sitios donde hay asentamientos humanos. En la figura 17 se aprecia este mapa con la cobertura de los asentamientos humanos, ya que donde éstos se ubican no hay aportación de SA.

Figura 17. **MAPA DE SERVICIOS AMBIENTALES**



7.2.4. Mapa D: Zonas en contradicción con lo establecido por el PGOEDF.

Este mapa es una intersección del mapa del PGOEDF y el *mapa de uso de suelo del 2005* (GDF, 2005), en él se ubicaron las áreas donde las actividades que se desarrollan en el SC contravienen, o no, al PGOEDF; también presenta una tercera categoría en la que se encontraron áreas donde las zonificaciones que marca este Programa de Ordenamiento no están protegiendo los recursos naturales que existen en el SC.

En lo que se refiere a si las actividades cumplen con el PGOEDF, se encontró que en casi todo el SC el uso de suelo es adecuado.

Respecto a las actividades que contravienen la normatividad que aplica el PGOEDF, se localizaron tres zonas de 300 a 500 ha en el límite sur de la delegación Tlalpan, donde se llevan a cabo actividades agrícolas y el ordenamiento tiene una zonificación de tipo *forestal de conservación*, que permite sólo actividades de ecoturismo bajo un control y seguimiento,

investigación y restauración, siempre que no incluyan la instalación de infraestructura, además de prohibirse las actividades de aprovechamiento forestal y agropecuario, ya que las áreas con esta zonificación son las más conservadas del SC. Cabe mencionar que es posible que algunas de ellas ya tuvieran actividades agrícolas antes de establecerse el PGOEDF.

La primera zona se ubica específicamente al sur del volcán Malacatepec (1), el cual se considera de alto valor ambiental (unión de macizos boscosos y aportación de SA). La segunda zona se encuentra al sur-oriente del macizo boscoso del volcán Pelado (2), también mencionado por su importancia ambiental en el SC. La tercera zona es la más grande y se localiza al sur del SC, en los límites delegacionales con Milpa Alta (3); esta zona se ha reportado como una de las más afectadas por erosión.

El resto de las zonas que no cumplen con el PGOEDF son menores de 100 ha (en promedio 25 ha) y se distribuyen sobre todo en la zona central del SC, donde está la zona de transición de los asentamientos humanos y la zona agrícola. Algunas otras, rodean las zonas de bosques, lo que hace suponer que son tierras agrícolas que están invadiendo el bosque, en donde el PGOEDF zonifica como *forestal de protección* y *forestal de protección especial* y donde tampoco se permite la agricultura.

En la siguiente categoría se localizaron tres zonas en las que el PGOEDF no resulta muy adecuado por el tipo de vegetación que reporta el *mapa de uso de suelo y vegetación 2005* (GDF, 2005):

La primera zona detectada tiene casi 900 ha (A), corresponde a la zona más grande de matorral natural que existe en el SC (Figura 3, zona 7), la zonificación del PGOEDF que aplica es *agroecológica*, y “fomenta la agricultura con la sustitución de sustancias y tecnologías que afecten negativamente la capacidad física y productiva del suelo y los recursos naturales” (GDF, 2000a), lo cual pone en riesgo este matorral ya que en cualquier momento se puede cultivar el área y eliminarlo. Este matorral pudo haberse desarrollado después de que se hizo el estudio del PGOEDF a la fecha.

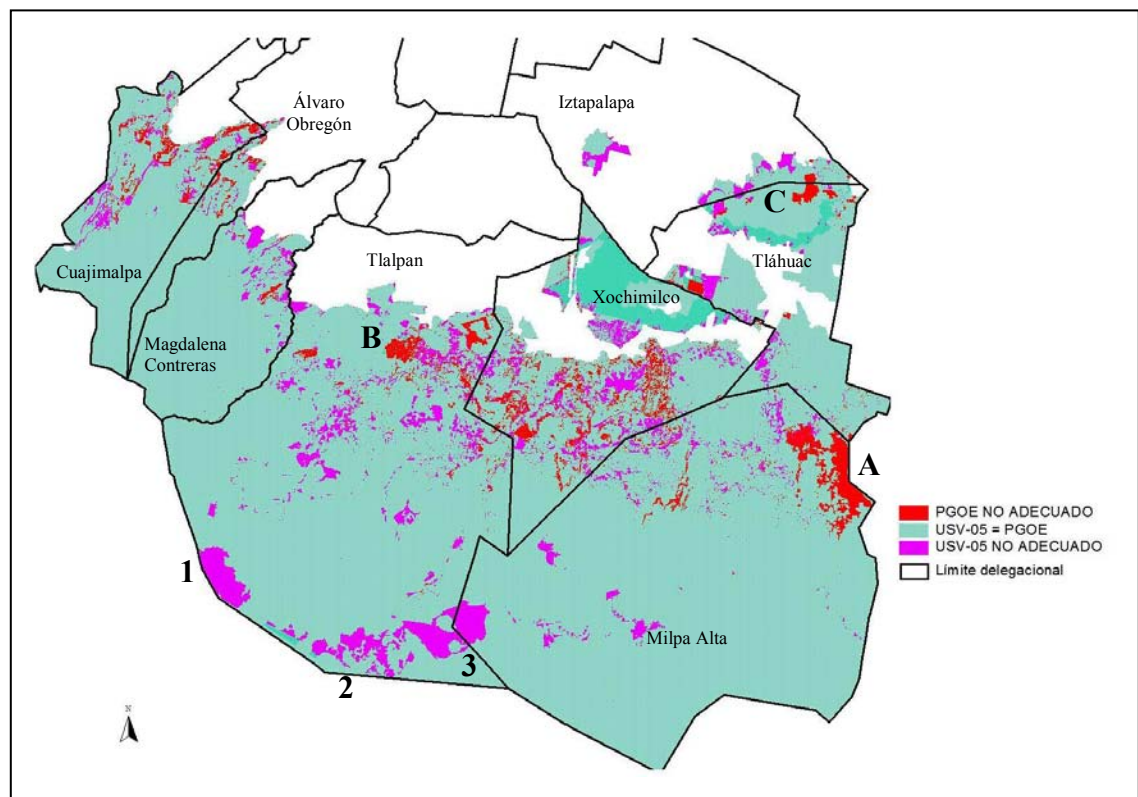
La siguiente zona se encuentra todavía más amenazada que la anterior; consta de casi 300 ha y es un relicto de encinar ubicado en el límite del SC-SU del centro de la delegación Tlalpan (B). Este pequeño bosque se encuentra al poniente del poblado rural San Andrés Totoltepec, el cual está rodeado por asentamientos irregulares que se distribuyen envolviendo este encinar. Según el PGOEDF este bosque corresponde totalmente al polígono de un Programa Parcial de

Ordenamiento Urbano, por lo tanto, su uso de suelo no es regulado por la SMA, sino por la SEDUVI y el gobierno delegacional de Tlalpan, y su urbanización está condicionada a un programa de manejo planificado por ambas dependencias.

La tercera zona se ubica en la cima oriente de la Sierra de Santa Catarina (C) y tiene más de 200 ha, es el mismo caso que la primera zona mencionada; el uso de suelo en 2005 reporta un matorral natural y el PGOEDF marca una zonificación *agroecológica*.

En la figura 18 se observan las áreas identificadas y numeradas en la descripción anterior.

Figura 18. **ZONAS EN CONTRADICCIÓN CON LO ESTABLECIDO POR EL PGOEDF**



En la figura anterior se observan una gran cantidad de polígonos de menos de 20 ha que presentan tanto un uso de suelo inadecuado que contraviene al PGOEDF, como una zonificación que mantiene vulnerable a la vegetación natural, que aún sobrevive sin ninguna protección normativa ambiental. Todos estos sitios se ubican a lo largo del límite del SC-SU, donde se extienden los asentamientos humanos regulares e irregulares. Cabe mencionar que, aunque en este mapa se eliminaron polígonos menores de 10 ha por la diferencia de escalas, es posible que

algunos de los que se mencionan en este párrafo tengan este problema, pero a pesar de ello, vale la pena tomarlas en cuenta para revisarlas con detalle en otro momento.

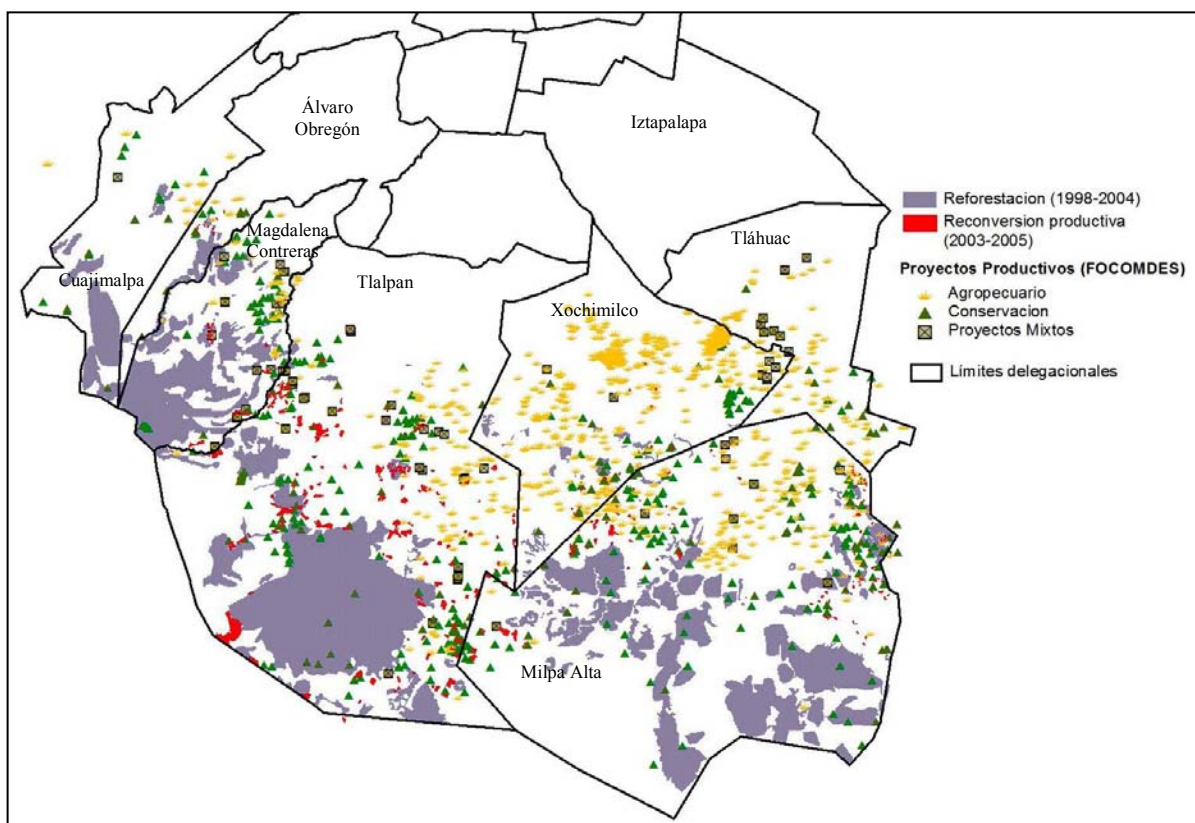
En las delegaciones de Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta, además de ubicarse en esta franja limítrofe, también se dispersan por la zona agropecuaria.

7.2.5. Mapa E: Gestión actual

Este mapa se muestra en la Figura 19 y presenta las zonas donde se están llevando a cabo la mayor parte de las actividades que tienen que ver con la gestión ambiental del gobierno local. Se plasman desde apoyos agropecuarios hasta obras de conservación y reforestación de bosques. Se observa que aparentemente estos trabajos se han realizado de manera favorable hacia el SC, salvo en algunos casos ya mencionados detalladamente en los puntos que se refieren a programas de reforestación, obras de conservación y proyectos productivos del anterior apartado, donde resaltan algunos proyectos de agricultura orgánica que se ejecutaron en zonas forestales.

Figura 19.

MAPA DE GESTIÓN ACTUAL



7.2.6. Modelo cartográfico para el SC del D.F.

La elaboración y análisis de los mapas descritos nos permiten concluir que en el SC existen siete zonas de alto valor ambiental, que además se encuentran amenazadas por diversas variables; éstas se enlistan en el cuadro 16 con sus grados de afectación. Para poder recomendar el orden en que deben ser atendidas, se asignaron valores numéricos a las categorías de las variables analizadas (zonas conservadas, SA; Incendios, deforestación y erosión; crecimiento urbano y uso de suelo inadecuado). Cabe mencionar que las categorías mencionadas son las que tiene cada mapa y sus valores quedaron de la siguiente manera: *Muy Alto*=4, *Alto*=3, *Medio*=2 y *Bajo*=1.

Zonas de valor ambiental		Amenaza por:			Puntaje total del valor ambiental	Puntaje total de las amenazas	Orden de Atención
Zonas de valor por su conservación	SA que aportan	Incendios, deforestación, erosión	Crecimiento urbano	Uso de suelo inadecuado (excepto urbano)			
Macizo 1 (4)	<i>Altos (3)</i>	<i>Medio (2)</i>	<i>Alto (3)</i>	<i>Bajo (1)</i>	7	6	3to.
Macizo 2 (3)	<i>Altos (3)</i>	<i>Alto (3)</i>	<i>Medio (2)</i>	<i>Medio (2)</i>	6	7	4ro.
Macizo 3 (4)	<i>Altos (3)</i>	<i>Bajo (1)</i>	<i>Bajo (1)</i>	<i>Alto (3)</i>	7	5	5to.
Macizo 4 (4)	<i>Altos (3)</i>	<i>Alto (3)</i>	<i>Bajo (1)</i>	<i>Medio (2)</i>	7	6	3to.
Volcán (4) Malacatepec	<i>Muy Altos (4)</i>	<i>Alto (3)</i>	<i>Bajo (1)</i>	<i>Alto (3)</i>	8	7	1ro.
Encinar en Milpa Alta (3)	<i>Medio (2)</i>	<i>Alto (3)</i>	<i>Muy Alto (4)</i>	<i>Muy Alto (4)</i>	5	11	2do.
Matorral en Milpa Alta (3)	<i>Medio (2)</i>	<i>Alto (3)</i>	<i>Muy Alto (4)</i>	<i>Muy Alto (4)</i>	5	11	2do.

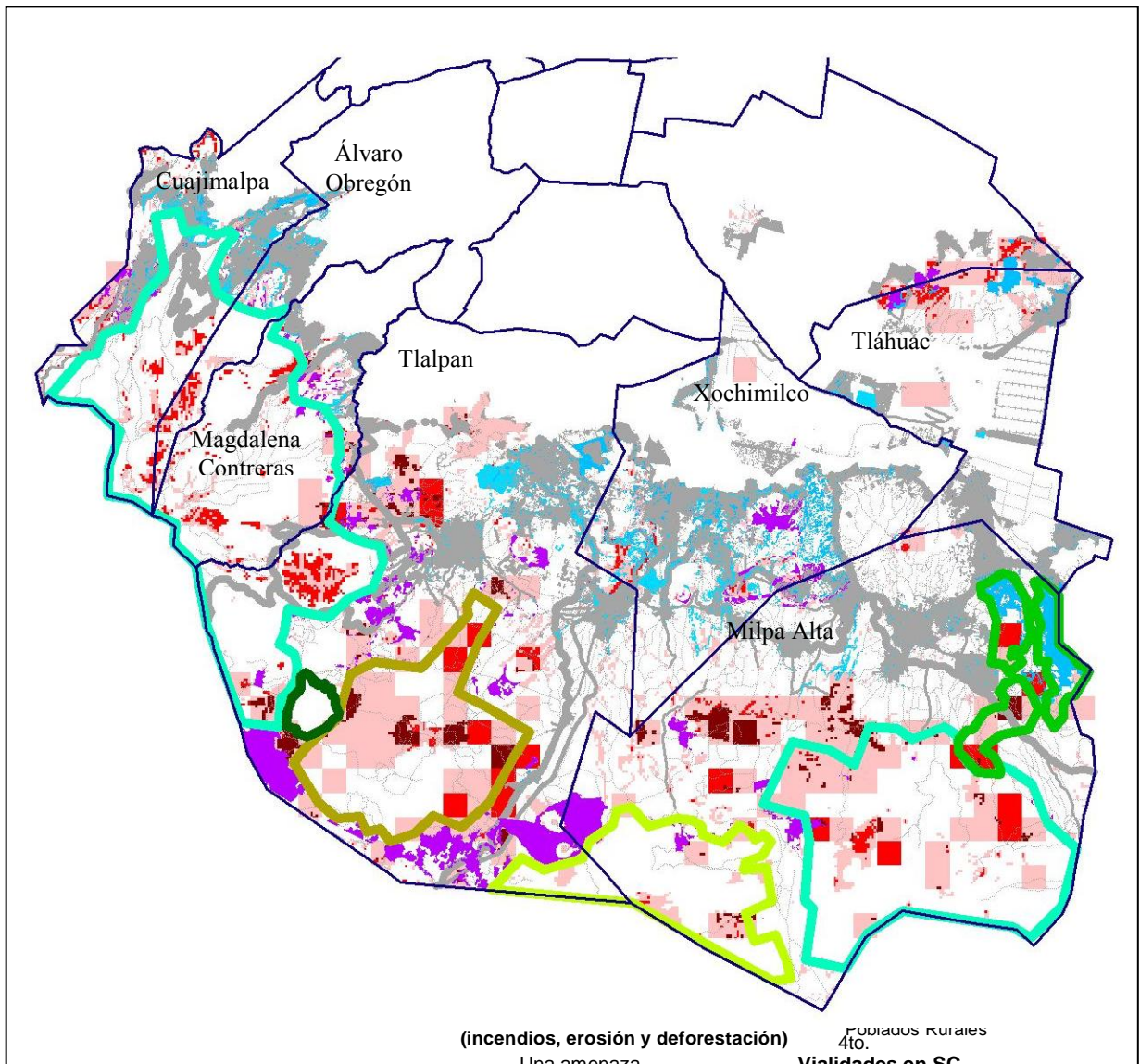
De la suma de los valores numéricos asignados se deriva el siguiente orden de atención para estas áreas, acompañado del criterio de evaluación:

1. **La zona de mayor valor ambiental en el SC y que tiene un alto grado de amenazas es la superficie que ocupa el volcán Malacatepec, por lo tanto, es la que requiere mayor atención.**
2. Las siguientes zonas de atención prioritaria son el relicto de encinar y el matorral, identificados al oriente de Milpa Alta. La razón para estar en este lugar, es que a pesar de ser las de menor valor ambiental (entre las siete zonas más importantes del SC), son las que presentan el mayor puntaje de amenazas; además, son muy pequeñas con respecto a los macizos boscosos, por lo que se pueden perder rápidamente.
3. En tercer lugar están dos áreas: el Macizo 1, en el poniente del SC, que corresponde a la superficie conservada más grande; y el Macizo 4 que abarca la cima y laderas del volcán Tláloc en Milpa Alta. Estos sitios poseen la misma ponderación, la cual señala que tienen un alto valor ambiental pero casi el equivalente en variables que las amenazan.
4. La siguiente en atención se sugiere que sea el Macizo 2 que corresponde a la superficie que ocupa el volcán Pelado, en la delegación Tlalpan. Esta zona tiene el puntaje menor de valor ambiental entre los cuatro macizos, sin embargo, es la que presenta el mayor número de amenazas entre los cuatro macizos.
5. La última zona de atención se recomienda que sea la del Macizo 3 (superficie que ocupa el volcán Chichinautzin, en Milpa Alta) ya que aunque tiene alto valor ambiental es la menos amenazada.

Como otro dato importante, se calcularon a partir del SIG las áreas de estas siete zonas, obteniendo como resultado una superficie aproximada de 28 500 ha.

En resumen y para plasmar el resultado de todo el diagnóstico realizado en este trabajo, se elaboró un mapa (Figura 20), que refleja lo que se explica en el cuadro anterior. En él, se pueden diferenciar las siete zonas identificadas como de más alto valor ambiental para el D.F. y la propuesta de orden de atención. En este mapa también se superpusieron las zonas con valores de amenazas (incendios, erosión y deforestación), influencia urbana, uso inadecuado del suelo, SA y zonas conservadas, para poder comprobar las variables analizadas en el cuadro 16 .

Figura 20. **Modelo Cartográfico de las Zonas de Valor Ambiental amenazadas del SC del D. F.**



Zonas de mayor valor ambiental del SC del D.F.
Propuesta de Orden de Atención

- 1ro.
- 2do.
- 3ro.
- 4to.
- 5to.

(incendios, erosión y deforestación)
Una amenaza

Amenazas por crecimiento urbano

- Asentamientos humanos
- Equipamientos Urbanos
- Programas Parciales
- Poblados Rurales

Vialidades en SC

- Autopista
- Avenidas
- Calle
- Carretera Pavimentada
- Eje vial
- Terracería
- Vereda

Uso de Suelo inadecuado

- PGOEDF No Adecuado
- Uso de suelo No Adecuado
- Límite delegacional

Vialidades en SC

- Autopista
- Avenidas
- Calle
- Carretera Pavimentada
- Eje vial
- Terracería
- Vereda

Amenazas (incendios, erosión y deforestación)

- Una amenaza
- Dois amenazas
- Tres amenazas
- Vereda

Uso de Suelo inadecuado

- PGOEDF No Adecuado
- Uso de suelo No Adecuado
- Límite delegacional

Vialidades en SC

- Autopista
- Avenidas
- Calle
- Carretera Pavimentada
- Eje vial
- Terracería
- Vereda

Uso de Suelo inadecuado

- PGOEDF No Adecuado
- Uso de suelo No Adecuado
- Límite delegacional



7.3. PROPUESTA METODOLÓGICA

Una vez probada la funcionalidad del *modelo cartográfico* con información cartográfica real, se lograron *identificar zonas de valor ambiental amenazadas para aplicar políticas de atención prioritaria*, por lo tanto, se proponen los pasos generales de esta metodología:

1.- **Obtención y diagnóstico de la información disponible.**- Buscar en bibliografía, en instituciones de investigación y gubernamentales, información del sitio en cuestión relacionada al tema (en este caso ambiental y urbano) y de las políticas que aplican, así como la cartografía digital existente con sus *metadata* y documentos adjuntos.

2.- **Selección de la información.**- Revisar las bases de datos de los archivos digitales de los materiales cartográficos (mapas) y seleccionar los materiales con información confiable y completa.

3.- **Preparación de los Mapas Base.**- La operación del modelo se basa en la interacción *Mapas Base*, los cuales se definen como información cartográfica que contiene una o más variables específicas en sus *tablas de atributos* y que, al momento de analizarlas en un SIG, ayudan a identificar las áreas que presentan un comportamiento que las hace resaltar sobre el resto. La preparación de los Mapas Base consiste en homogeneizar la *proyección* y clasificar la información contenida en sus bases de datos, de preferencia en rangos asociados a una clasificación cualitativa o cuantitativa respaldada por conocedores del tema, por bibliografía y por trabajo de campo.

Se pueden incorporar en este análisis imágenes de satélite de alta resolución (Imágenes Quick Bird, Spot, Ikonos, etcétera) para tener una mejor perspectiva del sitio evaluado y cuando se combinen mapas con diferentes escalas, al producto obtenido se le asignará la menor de las escalas, de los mapas usados.

4.- **Reconocimiento de áreas o puntos críticos y de valor ambiental.**- Desplegar cada *Mapa Base* en el SIG y ubicar las áreas sobresalientes de acuerdo a la variable que se esté evaluando. Por ejemplo: las zonas más conservadas, las más deforestadas, las áreas donde se ejecutan actividades ya sea a favor de su conservación o que las afectan, etcétera.

5.- **Sobreposición de los Mapas Base.**- Esta operación se realiza en el SIG, para determinar cuáles *Mapas Base* se pueden analizar, conjuntando la información de cada uno, siempre y cuando los resultados observados en la sobreposición reflejen algo de interés para el interpretador, relacionado con el objetivo que persigue.

6.- **Operaciones con Mapas Base.**- Además de la sobreposición se puede hacer uso de las herramientas del SIG (*Geoprocessing wizard*) para hacer combinaciones de mapas, donde se pueden interceptar o unir las bases de datos de ambos mapas en un solo archivo. Y una vez obteniendo este nuevo producto cartográfico, se clasificarán nuevamente los datos para localizar las zonas en que coincidan las características de ambos *Mapas Base*.

7.- **Diagnóstico de áreas amenazadas o de valor ambiental.**- Tanto los *Mapas Base* como los nuevos productos cartográficos se pueden sobreponer en el SIG, para observar cómo afectan o benefician sus variables a las áreas detectadas como de valor ambiental.

8.- **Identificación de áreas amenazadas o de valor ambiental.**- A partir de la edición del mapa con las áreas identificadas de valor ambiental y de su sobreposición con el resto del material cartográfico, se pueden identificar las zonas adecuadas para aplicar políticas de gestión ambiental que impliquen acciones para su preservación, prevención o rescate.

9.- **Generación de un modelo cartográfico.**- En este caso, el modelo cartográfico se puede representar con un mapa que refleje los resultados obtenidos para tener una mejor apreciación de los mismos.

7.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL MODELO CARTOGRÁFICO

Existen factores de carácter social, económico y político que influyen en la aplicación de políticas de gestión ambiental que no fueron considerados. La metodología de este trabajo se enfocó sólo a factores ambientales y a la interpretación de resultados asociados a éstos. Para poder mejorar el modelo hay incorporar estos factores en el análisis de la información base.

7.4.1. ALCANCES DEL MODELO CARTOGRÁFICO PROPUESTO

Muchos de los resultados obtenidos a través de esta metodología se corroboraron en campo, y pese a las limitaciones contenidas, se puede considerar ésta como una herramienta eficiente para apoyar y mejorar la planeación de las acciones que se quieran llevar a cabo en el SC, en cuanto a prevención, preservación y restauración de los recursos naturales.

Un ejemplo de sus alcances es la identificación de las zonas más adecuadas para realizar las actividades de prevención y combate de incendios, ya que el *Mapa Base de Incidencia de incendios* que se elaboró muestra las zonas que con mayor frecuencia se han visto afectadas por esta variable, por lo que permite ubicar mejor a las brigadas, campamentos y brechas cortafuego lo que ayudaría a potencializar los recursos para los combatientes. Se podría aumentar la

vigilancia en sitios con incidencia de incendios o donde se ha detectado que éstos son originados por quemas de esquilmos agrícolas o por los ganaderos. Además de que al comparar este mapa con el *Mapa Base de Reforestación*, se puede observar si las áreas de mayor incidencia de incendios ya han sido reforestadas o se deben incluir en el siguiente Programa de Reforestación.


A partir de varios *Mapas Base* se pueden ubicar los sitios adecuados para restaurar zonas deforestadas o erosionadas (*Mapa Base de Reforestación*, *Mapa Base de Proyectos productivos y obras de conservación* y *Mapa Base de Amenazas ambientales*); o bien, priorizar la atención de estas zonas dependiendo de los recursos con los que se cuente; también, se puede establecer la atención a las zonas más deterioradas, las más valiosas por los SA que aportan, o las que tienen importancia por ser relictos de vegetación natural o por estar uniendo macizos boscosos; esto a partir de los mapas de *Uso de suelo y vegetación 2005*, de SA y de *Zonas amenazadas por incendios, deforestación o erosión*.

Si bien la cartografía usada no es del mismo año, se logró recopilar cartografía de un periodo corto, 2000- 2005 (salvo por los archivos sobre reforestación que son registros de 1998 al 2005), aminorando con ello un posible sesgo.

Respecto a las escalas en las que se encuentran los mapas, la cartografía usada va desde 1:250 000 hasta 1:10 000, aunque la mayoría están a escala 1:50 000. Cabe mencionar que a la cartografía no se le realizó ningún tratamiento para homogeneizar las escalas (condición indispensable para reportar índices de cambio de uso de suelo, lo cual no es el objetivo de este trabajo).

A los mapas obtenidos al combinar mapas de diferentes escalas, sí se les hicieron algunas adecuaciones, como calificar los resultados de acuerdo al mapa de escala menor, pues al hacer operaciones, el resultado corresponde al mapa de menor detalle. También se depuraron los mapas tomando en cuenta el área mínima que presentaba el de menor escala para aminorar errores y, siempre se procuró usar mapas de escalas aproximadas cuando se combinaron las variables de las *tablas de atributos*.

Se considera que el modelo propuesto es útil para encontrar **tendencias generales** de lo que existe y ocurre en el SC, a pesar de las diferencias de fechas y escalas señaladas, además de

reiterar que ésta es la única información cartográfica existente para la toma de decisiones en materia ambiental para el sitio. 

Otro alcance de este modelo es la detección de zonas de alto valor ambiental, donde el uso de suelo actual contraviene la normatividad que aplica el PGOEDF, por lo que se pueden planear estrategias para su recuperación y restauración.

El modelo también permitió localizar zonas donde existe vegetación natural y que las zonificaciones del PGOEDF que aplican no son las más adecuadas para su conservación ni su preservación, por lo que se pueden priorizar, para aplicar políticas de gestión o adecuaciones del PGOEDF.

Una ventaja de usar SIG en este tipo de trabajos es que permite la combinación y análisis de diferentes variables de manera simultánea, obteniendo resultados rápidamente. Un ejemplo de esto es que se pueden revisar los productos cartográficos y *Mapas Base* entre sí, como en el caso de las zonas de alto valor ambiental contra las zonas con amenazas ambientales.

Es importante señalar que existe mucha información más detallada y de otras variables de zonas específicas dentro del SC, que no se usó en este trabajo ya que se requería combinar mapas que ocuparan todo el SC. Sin embargo, esta cartografía queda disponible para apoyar en el análisis de polígonos específicos identificados en el estudio.

7.4.2. LIMITANTES ENCONTRADAS EN LA BÚSQUEDA, REVISIÓN Y MANEJO DE LA INFORMACIÓN.

No se lograron obtener todos los documentos y materiales cartográficos existentes, relacionados con el tema, debido a que algunos de éstos eran archivos institucionales que no son de acceso al público y/o que contienen información catalogada como “confidencial”. Por otro lado, muchas instituciones de investigación tienen documentos en proceso de elaboración o de publicación, y no los facilitaron. En otros casos la información obtenida estaba incompleta, sin documentos adjuntos, o sin la explicación de la metodología empleada en su elaboración. También se encontró que muchas de las instituciones de gobierno, apenas están en el proceso de digitalizar su información o no toman coordenadas geográficas de las acciones que realizan en el SC lo que hace casi imposible la incorporación de estos datos al SIG.

En lo que se refiere a la cartografía digital, en general no está muy actualizada, o no abarca todo el SC. Se encontraron muchos estudios y mapas de temas muy relacionados con el medio ambiente y el impacto ambiental, pero sólo corresponden a una parte del SC, por lo que no era conveniente el uso de esta cartografía para analizarla conjuntamente con otros mapas que abarcan todo el sitio. Un ejemplo, es la fracción de SC en la parte norte del D.F. que corresponde a la Sierra de Guadalupe y que no se incluyó en esta tesis debido a que no se contó con cartografía que incluyera esta zona.

La diferencia de escalas es un factor que influyó en los productos cartográficos obtenidos, ya que se perdió detalle al asignar las escalas menores en las combinaciones, pero los resultados mostraron tendencias generales.

Una vez obtenida la información, y al momento de revisar las bases de datos de los mapas, se encontró que no contaban con *metadata*, lo que dificultó la homogeneización de la información. También se encontraron en las tablas de atributos números o valores sin referencia alguna, así como siglas, abreviaturas y claves sin elementos que permitieran su interpretación, por lo que esta información no pudo aprovecharse en su totalidad.

7.5 RECOMENDACIONES

- La aplicación de este modelo exige la actualización de la información cartográfica base, y la incorporación de la normatividad vigente, para evitar hacer falsas interpretaciones.
- Conjuntar esfuerzos y recursos para coordinar los proyectos de investigación de las universidades e institutos con las necesidades de los gobiernos, para que estos tengan información confiable y actualizada que les dé más y mejores elementos en sus estrategias y toma de decisiones.
- Un alcance que tiene el SIG es la evaluación y monitoreo a gran escala a través de la percepción remota, por lo que sería muy útil que las dependencias gubernamentales continuaran con la labor de digitalizar y *georeferenciar* sus actividades, capacitar a sus técnicos, implementar un SIG interno para hacer este tipo de análisis de manera más detallada y hacer uso de toda la información con la que cuentan, cuando elaboren sus estrategias de planeación. Además, adquirir con mayor frecuencia material cartográfico de alta resolución (por ejemplo, imágenes de satélite) para sustentar mejor la interpretación de su información.
- Se recomienda que cuando se desarrollen productos cartográficos se les incluya el *metadata* así como, un documento adjunto sobre la metodología empleada, para hacer un mejor uso de la información. También se sugiere que en las bases de datos no se usen claves, cifras sin unidades, siglas o, en su defecto, se incluya el significado o equivalencia de ellas para poder interpretar la información correctamente.
- Se sugiere que cuando se genere información, se tomen en cuenta trabajos preliminares o anteriores que tengan relación con el tema que se va a desarrollar, para partir de ellos. Si es posible tratar de trabajar las mismas escalas y la misma extensión de terreno para ir creando documentos homogéneos que sirvan en el futuro para hacer este tipo de comparaciones.
- Si se incorporan variables de tipo social y económico en este tipo de análisis ambiental, se tendrían más elementos para apoyar la toma de decisiones y mejorar las políticas ambientales existentes.
- Este trabajo se puede complementar clasificando el resto de las áreas que constituyen el SC por prioridad de atención; ya que el ejercicio se hizo únicamente para las siete zonas con mayor valor ambiental.

8. CONCLUSIONES

PRIMERA: El modelo cartográfico propuesto es lo suficientemente consistente para apoyar, orientar y reorientar las políticas de gestión ambiental del SC, ya que con él se lograron identificar siete zonas de valor ambiental: por el grado de conservación que presentan, el papel que desempeñan en la dinámica ambiental del SC y los SA que aportan. Estas zonas suman una superficie total de 28 500 ha.

SEGUNDA. Casi todo el territorio del SC se ve afectado por una o varias amenazas, como son: incendios, deforestación, erosión y crecimiento urbano; sin embargo, no todas lo afectan de la misma manera. En el Cuadro 16 se reportan **siete zonas de alto valor ambiental** identificadas dentro del SC y algunas amenazas que se evaluaron. De este cuadro derivan las siguientes recomendaciones en orden de atención prioritaria para estos sitios:

- **La zona de mayor valor ambiental del SC, que además tiene un alto grado de amenaza es la superficie que ocupa el volcán Malacatepec; por lo tanto, se concluye que ésta requiere mayor atención.**
- Las siguientes zonas de atención prioritaria son el relicto de encinar y el matorral, identificados al oriente de Milpa Alta.
- En tercer lugar están los Macizos 1 (zona poniente del SC) y 4 (superficie que ocupa el volcán Tláloc, en Milpa Alta).
- La cuarta zona que requiere de atención es el Macizo 2 que corresponde a la superficie del volcán Pelado, en la delegación Tlalpan.
- Por último, se sugiere atender el Macizo 3 (superficie del volcán Chichinautzin, en Milpa Alta).

TERCERA: La reforestación no ha sido totalmente adecuada, ya que las especies empleadas no corresponden con la vegetación del sitio, y a pesar de que ésta es una labor del gobierno local, depende en gran medida de que los núcleos agrarios, dueños de esas tierras, le permitan llevarla a cabo en los sitios seleccionados. Por lo tanto, vale la pena hacer una labor de convencimiento con ellos, además de ampliar la gama de especies disponibles para la reforestación.



CUARTA. Las actividades que se realizan en el SC (según el *mapa de uso de suelo y vegetación 2005*), en general respetan la normatividad que aplica el PGOEDF; sin embargo, hay dos zonas de 300 ha y una de 500 ha cuyo uso de suelo contraviene esta normatividad y amenaza zonas detectadas con *Alto* valor ambiental.

QUINTA. Se localizaron tres áreas donde el PGOEDF es incongruente con el tipo de ecosistema que se ubica en la realidad. Dos de estas zonas son matorrales y caen en zonificación donde se permite el uso agropecuario, lo que indica que se puede perder esta vegetación cuando se pretenda cultivar. La tercera es un relicto de bosque de encino de casi 300 ha, en el límite del SC-SU del centro de la delegación Tlalpan, rodeado por asentamientos irregulares y donde el PGOEDF señala un Programa Parcial de Ordenamiento Urbano; esto indica que está condicionado para urbanizarse en cierta proporción, a través de un programa de manejo planificado.

SEXTA. Es necesario mejorar las políticas de gestión ambiental del D.F. que protegen nuestros recursos naturales, estableciendo indicadores o reformando los instrumentos legales, para que los resultados sean más exitosos y no se sigan perdiendo ni deteriorando estos ecosistemas, que aportan tantos beneficios al ser humano y a la biodiversidad que habita en ellos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agroforestal, San Remo. (2006), pagina principal del tema “Glosario de términos”. Pagina creada el 1ro. de julio del 2002, actualizada al 2006. <<http://www.agroforestalsanremo.com/glosario/index.php?tipo=A>>. Visitado el 20 de enero de 2007.
- Air Info Now. (2007), Página principal de: “Información del aire, ahora en español”, última actualización el 02 de Julio de 2007. <http://www.airinfonow.com/espanol/html/ed_particulate.html> (visitado en julio 2007).
- Bazant, Jan. (2001), *Periferias Urbanas, expansión urbana incontrolada de bajos ingresos y su impacto en el medio ambiente*, UAM, Ed. Trillas S.A. de C.V., México. 268 pp.
- Bocco, Gerardo. (2000), “El desarrollo de sistemas de información geográfica en la frontera norte de México”, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. Núm 42, pp: 40-47.
- CentroGEO (2002), “Mapa de uso de suelo y vegetación del Sc del D.F.”, Escala 1:20 000.
- --- (2005), “Mapa de Recarga del Acuífero del SC del D.F.”. Escala 1:50 000.
- --- (2005a), “Mapa de Captura de Carbono del SC del D.F.”. Escala 1:10 000.
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). (2000), “Mapa de Biodiversidad del SC del D.F.”, escala 1:250 000.
- ---(2007), vinculo: “áreas conservadas”. Actualización julio 2007. <<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Mmetodologia.html>> visitado en noviembre de 2007.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2007), vinculo: “Lo que hacemos”. (actualización 2007). <<http://www.conanp.gob.mx>>, visitado en abril 2007.
- Cotler, H., *et al.* (2004), “Determinación de zonas prioritarias para la eco-rehabilitación de la cuenca Lerma-Chapala”. *Gaceta Ecológica*, Núm. 71: 79-92. INE., SEMARNAT, México.
- Departamento del Distrito Federal (DDF). (1976), *Primera Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*, (DOF) el 7 de enero de 1976.
- --- (1978), *Plan Director para el Desarrollo Urbano del D.F.*, DOF.....
- ---(1980), *Plan General de Desarrollo Urbano del D.F.*
- --- (1987), *Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*, revisión de la primera Ley de 1976, (DOF) el 16 de julio de 1987.

- Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural del D.F. (DGCORENADER). (2003), “Informe de modificaciones de los límites del PGOEDF”. pp: 23.
- Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). (1998), “Shapefile Technical Description” Edit: An ESRI White Paper, pp: 34.
- --- (2003), “Tutorial de ejercicios de ArcGIS 8.3”. Edit: An ESRI, pp: 126.
- Ezcurra, E. (1999), *The Basin of México*, Ed. United Nations University Press, Printed in the United States of América. 216 pp.
- Falls Brook Centre, vinculo secundario: “Captura de carbono, conservación de la naturaleza, artículo: ¿Es el mercado de carbono una opción para las comunidades rurales?”, Sin fecha de actualización, artículo con datos de 2006. <[http://www.fallsbrookcentre.ca/webespanol/carbono .htm](http://www.fallsbrookcentre.ca/webespanol/carbono.htm)>, visitado en enero del 2007.
- Francois, *et al.* (2003), “Una evaluación cuantitativa de los errores en el monitoreo de los cambios de cobertura por comparación de mapas” en *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. núm. 51, pp: 73-87
- Francois, *et al.* (2004), “Assesing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico” en *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, núm. 5, pp: 249-261.
- Geomatik Schweiz. (2006), vinculo: “General information: Geomatics and GIS”. Actualizado 2006. <<http://www.geomatik.ch/index.php?id=2&L=1>>. Visitado en junio 2007
- Gobierno del Distrito Federal (GDF). (1996), *Programa General de Desarrollo Urbano del D.F.*, México, 110 pp. Gaceta Oficial del Distrito Federal (GODF) fecha 29 de enero 1996
- --- (2000), *Programa General de Ordenamiento Ecológico del D.F.*, (PGOEDF), México. 102 pp. (GODF), 1ro.de agosto del 2000.
- --- (2000a), PGOEDF. Versión de difusión; México. 76 pp. (GODF), 1ro. de agosto del 2000.
- ---. (2002), *Ley Ambiental del D.F.* (GODF) reformas a la Ley 31 de enero de 2002.
- ---, Secretaría del Medio Ambiente (SMA). (2002a), *Estadísticas del medio ambiente del D.F. y zona metropolitana 2002*. México, 452 pp.
- ---. (2004), *Ley Ambiental del D.F.* (GODF) 26 de febrero del 2004.
- ---, Secretaría del Medio Ambiente (SMA). (2005), “Atlas de uso de suelo y vegetación del SC del D.F., 2005.
- ---. (2006), *Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*, última reforma publicada (GODF) 29 de enero del 2006.

- --- (2006a), *Ley para la Retribución por la Protección de los Servicios Ambientales del Suelo de Conservación* del Distrito Federal (GODF) 4 de octubre de 2006. No. 117-Bis
- --- (2007), *Programa de Ordenamiento Ganadero para el SC del D.F.* (GODF) 31 de enero de 2007. Núm. 25-TER.
- Hernán, R. *et al.* (2003), *Compensación por Servicios Ambientales y Comunidades Rurales*, Ed. Prisma. México. 77 pp.
- IGAC-CIAF (2003), Página principal: Análisis y Modelamiento Espacial, vínculo: modelamiento espacial. Actualización: agosto 2004. <http://www.igac.gov.co:8080/igac_web/UserFiles/File/ciaf/TutorialSIG_2005_26_02/paginas/anl_modelamiento.htm> Visitada en noviembre 2007.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). (2007), vínculo: “conservación de ecosistemas”. Actualización octubre 2007. <http://www.ine.gob.mx/dgoece/con_eco/conhc/u_construction.html>, visitada en octubre 2007.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). (1978), “Carta Edafológica, escala 1:250 000 de la Cuenca del Valle de México”.
- --- (2002), vínculo “Informes anuales/cartografía digital/proyecciones de México”. Actualizado a 11 de febrero de 2007. <<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/informes2002/carto/cfm?c=20>> Visitado el 11 febrero 2007
- ---(2007), vínculo “Cartas de climas”. Actualizado a 11 de febrero de 2007. <<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/prodyserv/cartas/climatol.cfm?c=320>> Visitado el 11 febrero 2007.
- Jáuregui, E. (1998), “El clima y bioclima de la Ciudad de México hacia el siglo XXI” en *El desarrollo sustentable y la Ciudad de México*. Editorial: Instituto de estudios de la Revolución Democrática; pp: 147-148. México.
- Lateinamerika-Studien Online. (2005), vínculo: “Espacios naturales de Latinoamérica: climatología según Köppen”. Actualización 15 de junio de 2005. <<http://www.lateinamerika-studien.at/content/natur/naturesp/natur-1520.html>> Visitado en febrero 2007.
- López, E. *et al.* (2001), “Predicting land/cover and land-use change in the urban fringe, a case in Morelia City, México” en *Landscape and Urban Planning*, núm. 55, pp: 271-285.
- *Millennium Ecosystem Assessment (2005)*, vínculo: “Informe ejecutivo 2005, ecosistemas y sus servicios”. Actualizada a 2006. <http://www.google.com.mx/search?hl=es&q=Millenium+Ecosystem+Assessment+servicios+ambientales&btnG=Buscar&meta> > Visitada en marzo de 2006.

- Mitchell, Bruce. (1999), *La Gestión de los recursos y el medio ambiente*, Ediciones Mundi Prensa, 2da. Edición, España. 290 pp.
- Navarro, P. y Legorreta, P. (1998), “Cálculo automatizado y procesos de los SIG”, en *Revista Chapingo, serie ciencias forestales y del ambiente*. Volumen XI, Núm. 002. México.
- Novo, M. y R. Lara. (1997), *La interpretación de la problemática ambiental, enfoques básicos*, Editorial Fundación Universidad-Empresa, España. 308 pp.
- --- (1997), *La interpretación de la problemática ambiental, enfoques básicos II*, Editorial Fundación Universidad-Empresa, España. 312 pp.
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2006), “Ordenamiento Territorial Rural en la Políticas Públicas, La experiencia de un proyecto en México”, *Ordenamiento Territorial*, Informe Técnico 1, abril, pp: 37-41.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. (PAOT). (2005), “Elementos para una gestión adecuada del Suelo de Conservación del Distrito Federal”, *Informe anual 2005*, pp.37.
- --- (2007), vinculo: “Centro de Información y documentación digital”. Actualización a marzo 2007. <<http://www.paot.org.mx/gaceta/numero01/sustenta.html>>. Visitado en marzo 2007
- Prompex. (2007), página principal “Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo – PROMPERU” actualización mayo 2007. <<http://www.prompex.gob.pe/Prompex/>>. Visitado en mayo 2007
- Rodríguez, V. Daniel. (1999), *Vulnerabilidad y Riesgos en el D.F.*, Ciudades, núm. 38, México. pp: 31-37
- Rzedowsky, J. (1978), *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 431 pp.
- Rzedowsky, J. y Calderón G. (2001), *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª Edición; Ed. CONABIO-INE. México. 1405 pp.
- Schteingart M. y C.E. Salazar. (2005), *Expansión Urbana, Sociedad y Ambiente, el caso de la Ciudad de México*, Colegio de México, Editorial del Deporte Mexicano, S.A. de C.V., México. 201 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). (1982), *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*, última reforma publicada (DOF) 12 de febrero de 1982.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2002), *Programa para mejorar la calidad del aire de la zona metropolitana*, México, 235 pp.
- --- (2003), *Introducción a los Servicios Ambientales*. México, 71pp.

- --- (2005), *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*, reformada en Diario Oficial de la Federación (DOF) 26 de diciembre 2005.
- --- (2007), *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*, última reforma publicada (DOF) 12 de febrero de 2007.
- SMA. (2005), Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (DGCORENADER). “Informe final del Proyecto de Servicios Ambientales en las Políticas Rurales Territoriales”, México D.F. 118 pp.
- SMA (2006), sección de la Dirección General de Bosques Urbano y Educación Ambiental, página en 2006, <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/decreto_avas.pdf>. Visitado en marzo 2007.
- --- (2006a), sección de la DGCORENADER, página actualizada a noviembre del 2006, <<http://www.sma.df.gob.mx/corenader/index.htm>>. Visitado en marzo 2007.
- UAM. (2000), “Mapa de Riesgo de Erosión del SC del D.F.”, Escala 1:50 000.
- UNAM (2000), “Mapa de uso de suelo y comunidades vegetales del D.F.”, Escala 1:20 000.
- Velázquez, A. y F. J. Romero. (1999), “Biodiversidad de la Región de Montaña de la Cuenca de México. Bases para el ordenamiento ecológico”, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. 351 pp.
- Velázquez, A., *et al.* (2002), “Patrones y Tazas de cambio de uso del suelo en México”, *Gaceta Ecológica*, 62: 21-37, INE, SEMARNAT, México.
- --- (2005), “Situación actual y prospectiva del cambio de la cobertura vegetal y usos del suelo en México”, en *México, ante los desafíos de desarrollo del milenio*, Consejo Nacional de Población, pp: 391-416.
- Wikipedia, la enciclopedia libre. (2007), página principal del tema: “Sistema de Información Geográfica”. Actualización 22:17, 30 marzo 2007. <<http://es.wikipedia.org/wiki/sig>>. Visitado en 12 abril de 2007.
- Wilches Chauvs, Gustavo. (1993), “Vulnerabilidad Global”, en *Los desastres no son naturales*, Editorial: La Red-Tecnología Intemedia, ITDG. pp:45-46. Bogotá, Colombia.

Anexos



Panorámica del SC, (Zenia Saavedra, 2005)



Panorámica del SC, (Eduardo González, 2006)

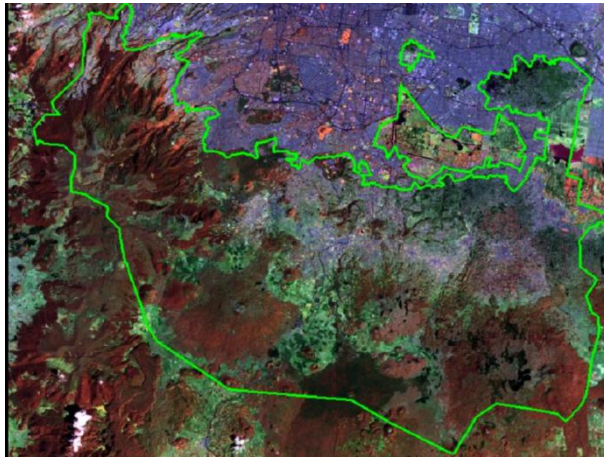


Imagen de satélite, SC del D.F. (CentroGeo, 2005)



Bosque de pino abierto, (Eduardo González, 2006).



Cerro de la Estrella, (Eduardo González, 2006).



Bosque de oyamel con asentamientos, (PAOT, 2007).



Sierra de Santa Catarina (Eduardo González, 2006).

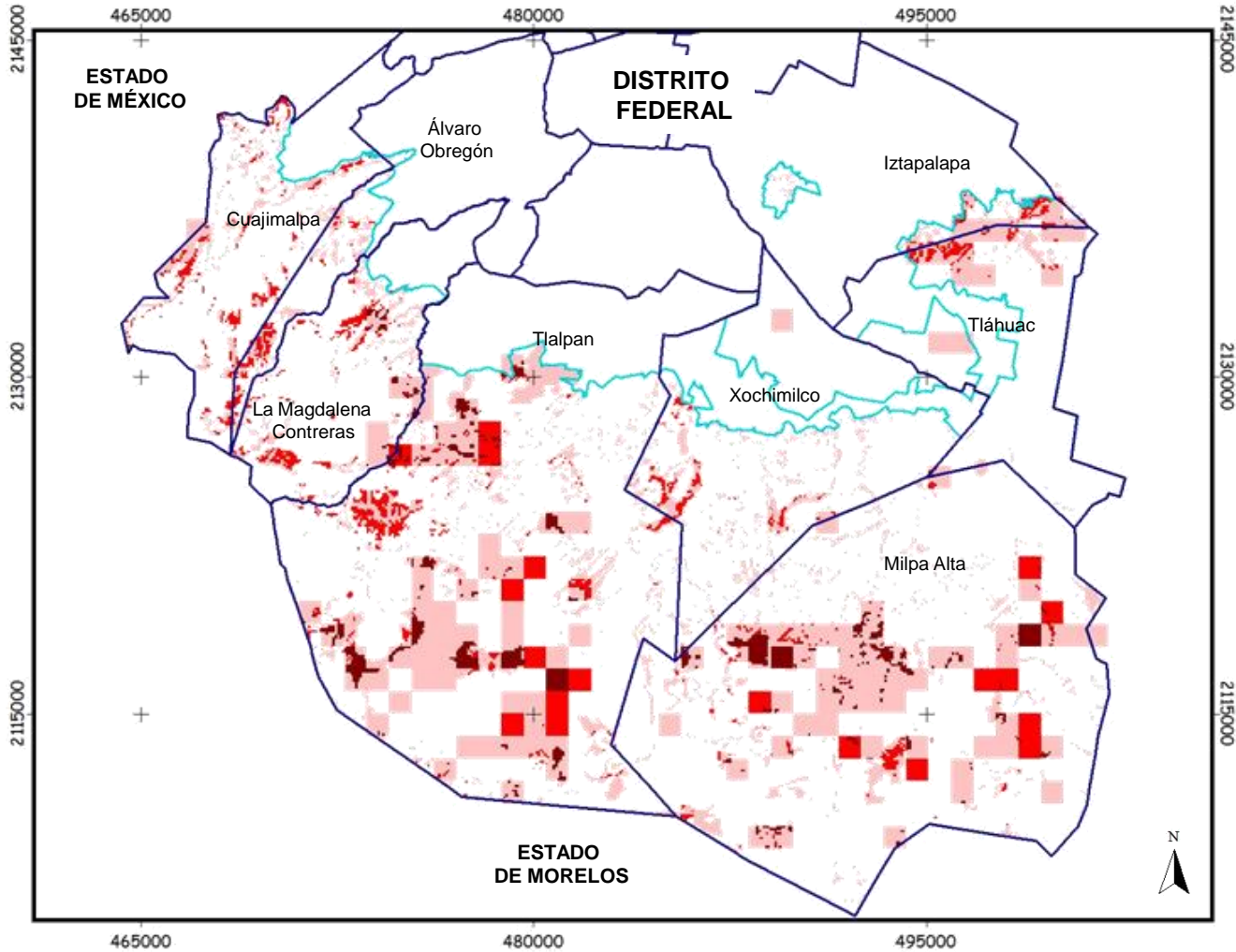


Zona chinampera (Eduardo González, 2006).

ANEXO 1

ZONAS AMENAZADAS

(POR INCIDENCIA DE INCENDIOS, RIESGO DE EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN)



Simbología

	Una amenaza
	Dos amenazas
	Tres amenazas

Límite delegacional
 Límite del SC

2000 0 2000 Meters

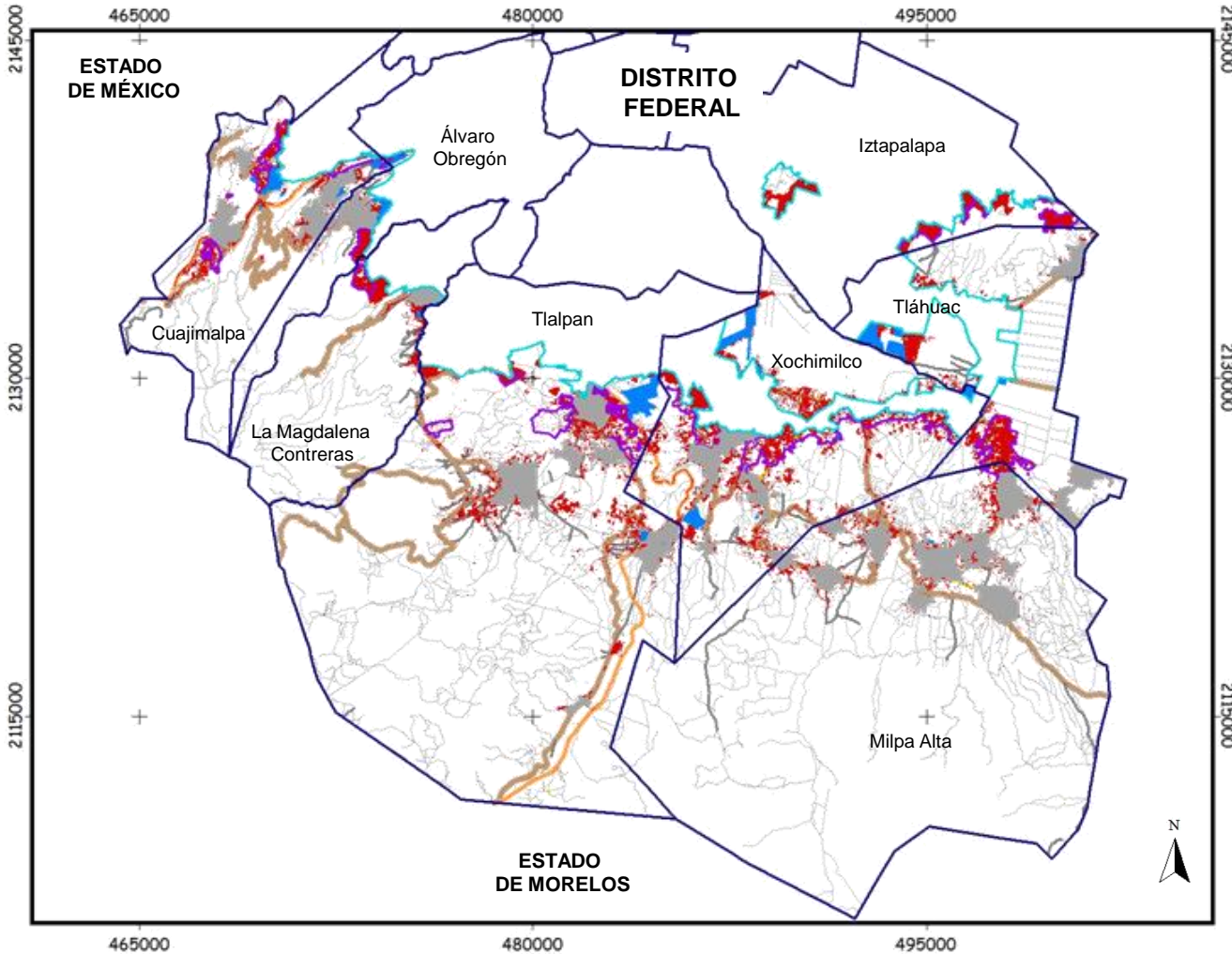
SUELO DE CONSERVACIÓN (SC) DEL D.F.
MÉXICO

Escala	1:250 0000
Proyección	UTM
Esferoide	Clark66
Datum	WGS84
Edición	noviembre 2007
Elaboró	Zenia Saavedra Díaz

Fuente:
Incendios en el SC (DGCORENADER, 2000-2005)
Riesgo de erosión (UAM, 2000)
Deforestación (DGCORENADER, 2000)

ANEXO 2

ZONAS AMENAZADAS POR CRECIMIENTO URBANO



Simbología

	Equipamientos Urbanos		Programas Parciales
	Poblados Rurales		Límite delegacional
	Asentamientos humanos irregulares		Límite del SC

Vialidades

- Autopista
- Avenidas
- Calle
- Carretera Pavimentada
- Eje vial
- Terracería
- Vereda

2000 0 2000 Meters

SUELO DE CONSERVACIÓN (SC) DEL D.F.
MÉXICO

Escala	1:250 0000
Proyección	UTM
Esferoide	Clark66
Datum	WGS84
Edición	noviembre 2007
Elaboró	Zenia Saavedra Díaz

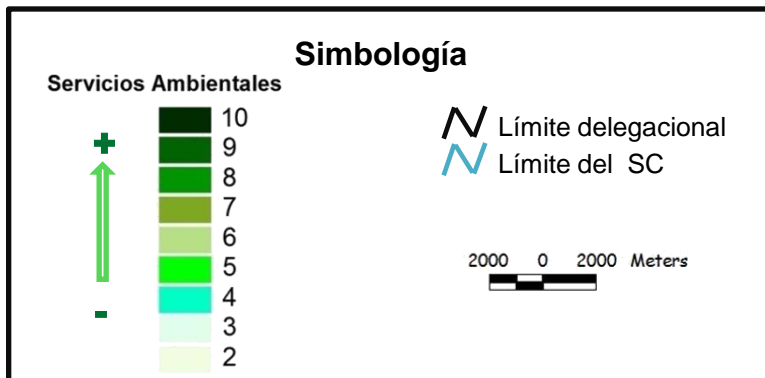
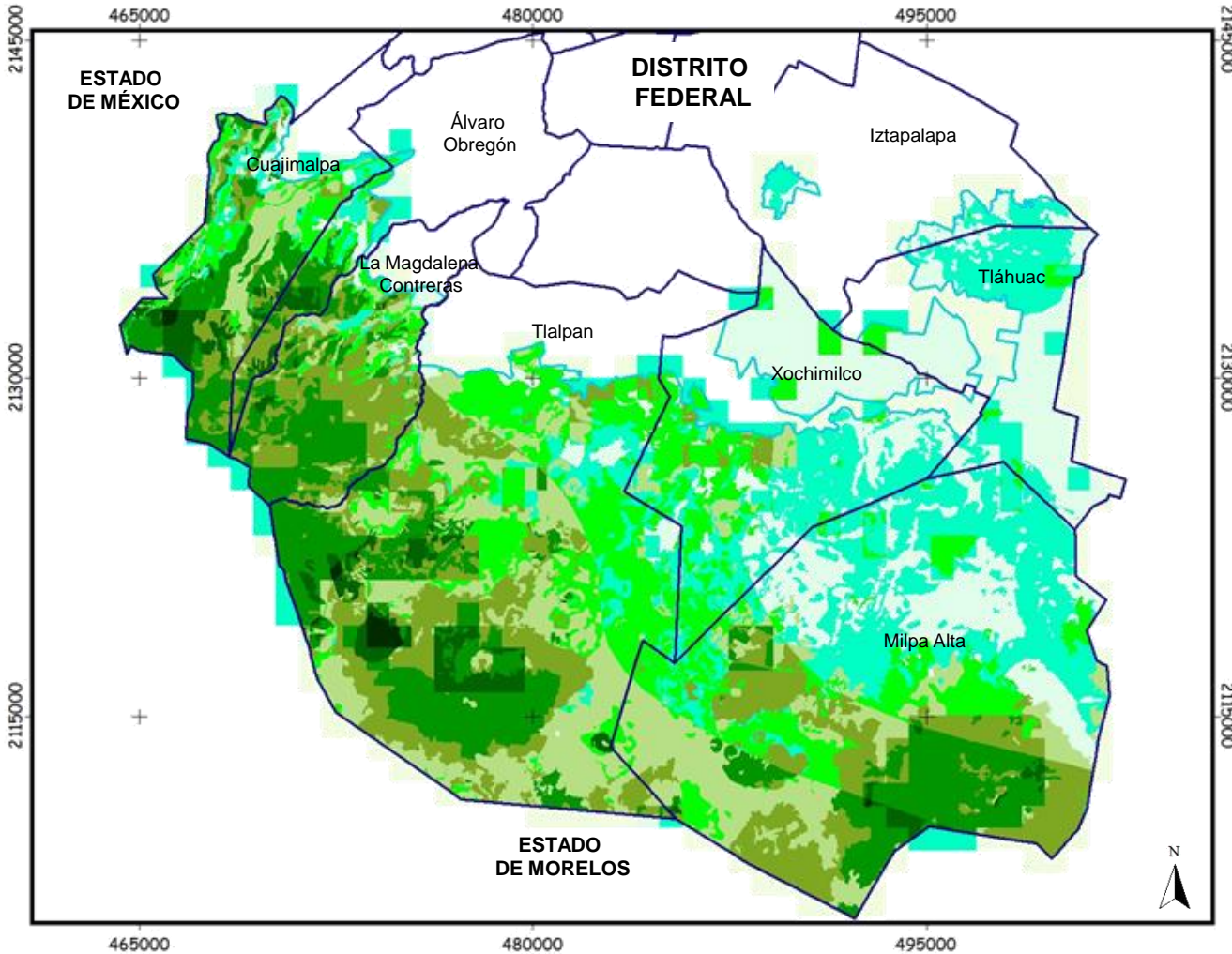
Fuente:
 Equipamientos urbanos
 Poblados rurales
 programas parciales.
 asentamientos humanos irregulares
 Vialidades

} DGCORENADER,
2005
(Tesorería, 2000).

ANEXO 3

SERVICIOS AMBIENTALES

(RECARGA DE ACUÍFERO, CAPTURA DE CARBONO, RIQUEZA DE ESPECIES)



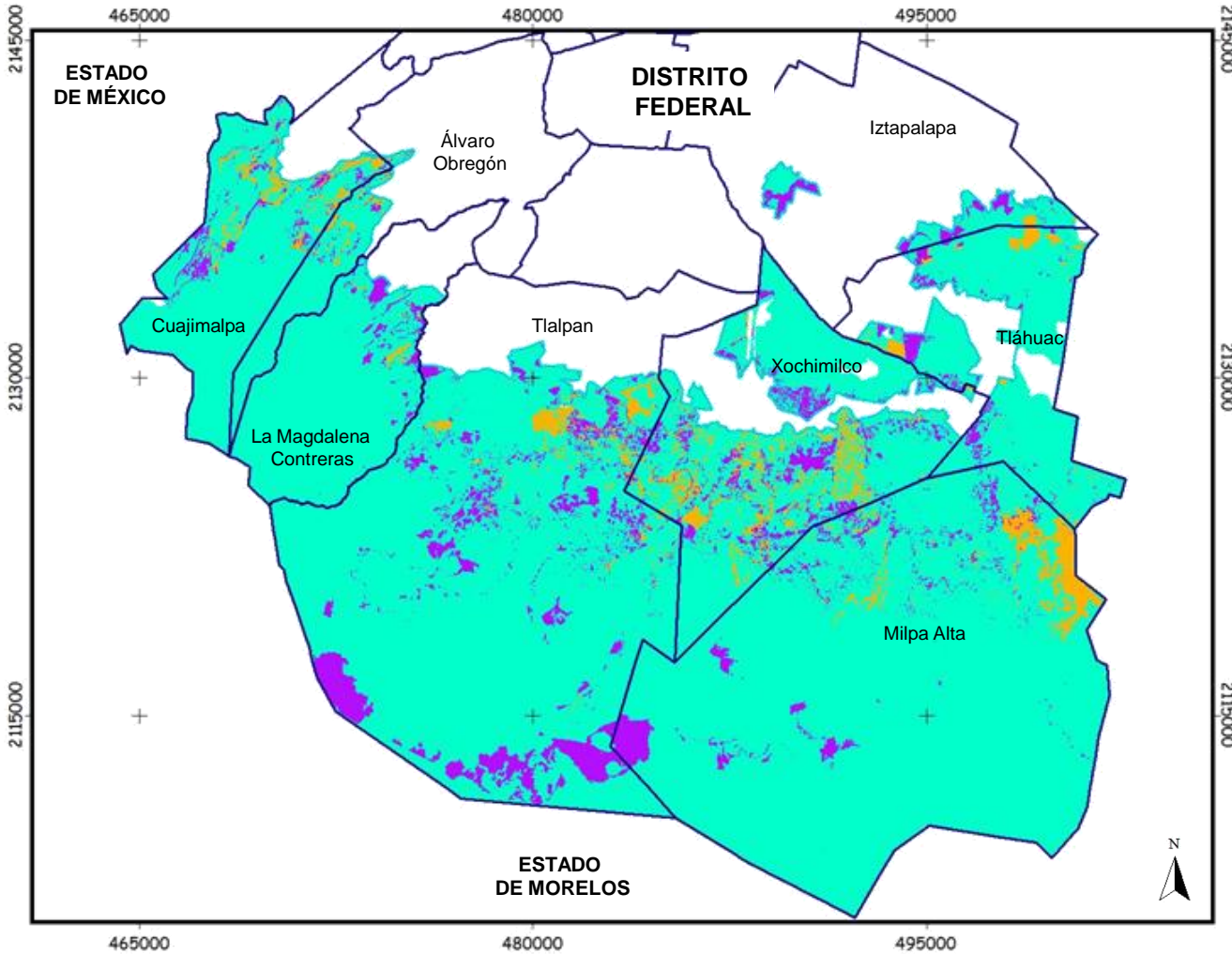
SUELO DE CONSERVACIÓN (SC) DEL D.F. MÉXICO

Escala	1:250 000
Proyección	UTM
Esferoide	Clark66
Datum	WGS84
Edición	noviembre 2007
Elaboró	Zenia Saavedra Díaz

Fuente:
 Recarga de Acuífero } CentroGEO, 2005
 Captura de carbono }
 Riqueza de especies } CONABIO, 2000

ANEXO 4

ZONAS EN CONTRADICCIÓN CON LO ESTABLECIDO POR EL PGOEDF



Simbología

Uso de suelo y vegetación actual (USV) VS PGOEDF vigente

- PGOEDF No Adecuado
- USV = PGOEDF
- USV No Adecuado

N Límite delegacional
N Límite del SC

2000 0 2000 Meters

SUELO DE CONSERVACIÓN (SC) DEL D.F. MÉXICO

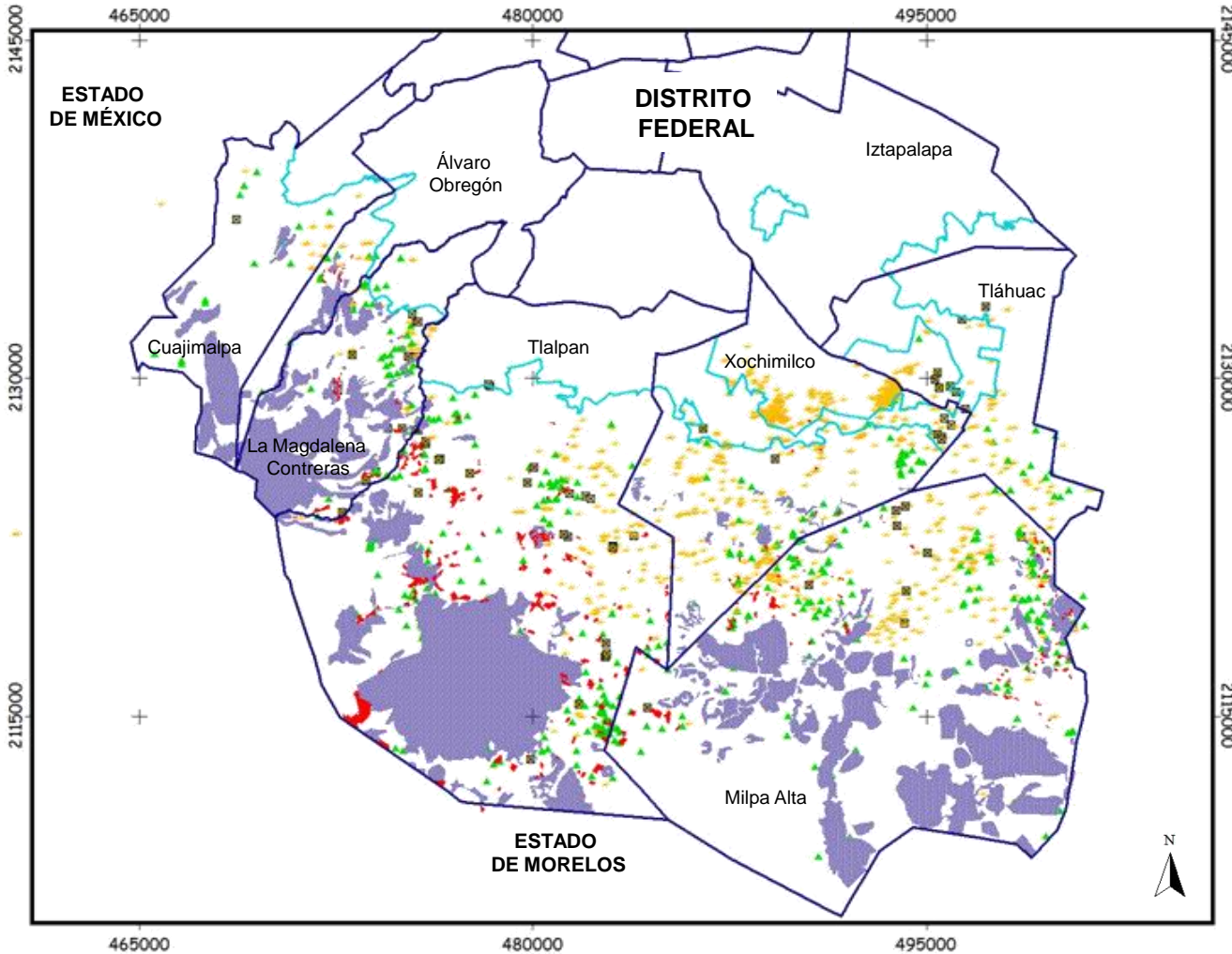
Escala	1:250 000
Proyección	UTM
Esferoide	Clark66
Datum	WGS84
Edición	noviembre 2007
Elaboró	Zenia Saavedra Díaz

Fuente:
 Uso de suelo y vegetación PGOEDF (actualizado a 2005) SMA, 2005
 SMA, DGCORENADER

ANEXO 5

GESTIÓN ACTUAL

PROYECTOS PRODUCTIVOS Y OBRAS DE CONSERVACIÓN (SMA)



Simbología

- Reconversión productiva (2003-2005)
- Reforestación (1998-2004)

Proyectos apoyados por el Programa FOCOMDES (2003 - 2005)

- ▲ Agropecuario Tradicional
- ▲ Conservación
- Proyectos Mixtos

- N Límite delegacional
- N Límite del SC

2000 0 2000 Meters

SUELO DE CONSERVACIÓN (SC) DEL D.F. MÉXICO

Escala	1:250 0000
Proyección	UTM
Esferoide	Clark66
Datum	WGS84
Edición	noviembre 2007
Elaboró	Zenia Saavedra Díaz

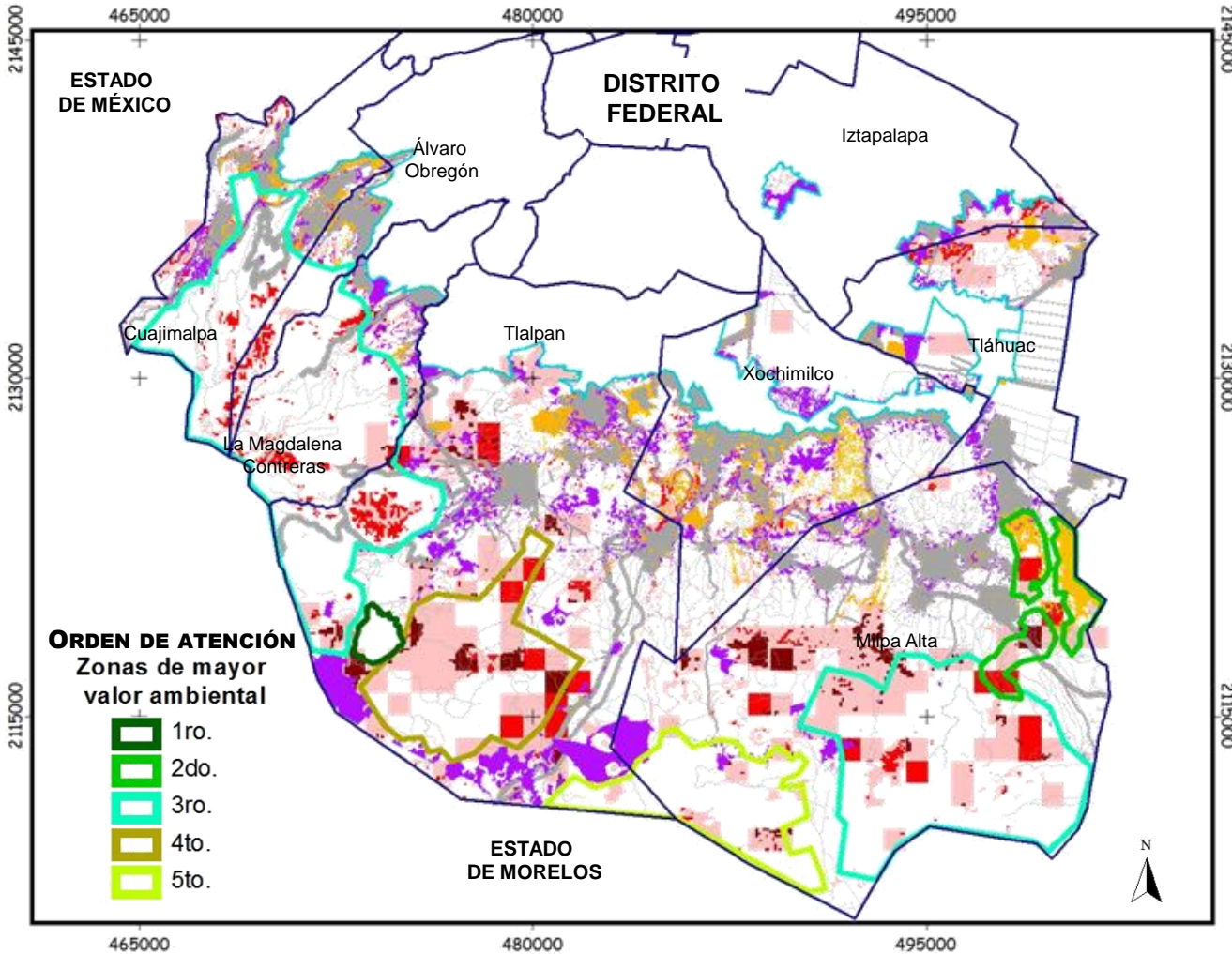
Fuente:

Reconversión productiva
Reforestación
Proyectos FOCOMDES

SMA, DGCORENADER, 2003-2005
SMA, DGCORENADER, 1994-2004
SMA, DGCORENADER, 2003-2005

ANEXO 6

MODELO CARTOGRÁFICO DE LAS ZONAS DE VALOR AMBIENTAL DEL SC DEL D. F., SUS AMENAZAS Y SU ORDEN DE ATENCIÓN



Simbología

<p>Amenazas por crecimiento urbano</p> <ul style="list-style-type: none"> Equipamientos urbanos Programas Parciales Poblados rurales Asentamientos irregulares <p>Vialidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Autopista Avenidas Calle Carretera Pavimentada Eje vial Terracería Vereda 	<p>Amenazas por incidencia de incendios, riesgo de erosión y deforestación</p> <ul style="list-style-type: none"> Una amenaza Dos amenazas Tres amenazas <p>PGOEDF vs USV (2005)</p> <ul style="list-style-type: none"> PGOEDF No adecuado USV No adecuado <p> Límite delegacional</p> <p> Límite del SC</p> <p>2000 0 2000 Meters</p>
---	--

SUELO DE CONSERVACIÓN (SC) DEL D.F.
MÉXICO

Escala	1:250 0000
Proyección	UTM
Esferoide	Clark66
Datum	WGS84
Edición	noviembre 2007
Elaboró	Zenia Saavedra Díaz

Fuente:
 Uso de suelo y vegetación (SMA, 2005)
 PGOEDF (SMA, DGCORENADER)
 Vialidades (Tesorería, 2000)
 Incendios en el (DGCORENADER, 2000-2005)
 Riesgo de erosión (UAM, 2000)
 Deforestación (DGCORENADER, 2000)