



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

“COSTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES DE LA
DEFORESTACIÓN: EL CASO DE LA SIERRA DE
GUADALUPE”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORA EN ECONOMÍA

P R E S E N T A :

JESSICA LORENA ESCOBAR DELGADILLO



TUTORA: DRA. LILIA DOMÍNGUEZ VILLALOBOS

MÉXICO

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

- AGRADECIMIENTOS -

La presente tesis doctoral no hubiera sido posible sin la colaboración y el apoyo de varias instituciones y personas fundamentales para mi formación profesional. Agradezco con orgullo a la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de adquirir una mayor formación académica, igualmente expreso mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado y que ha sido parte fundamental para el desarrollo de mis estudios de doctorado.

Expreso mi gratitud al cuerpo de profesores del Posgrado en Economía de la Facultad de Economía por haber invertido su tiempo y conocimiento al proporcionarme las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional. En especial quiero agradecer y con gran admiración a la Dra. Lilia Domínguez Villalobos, tutora de la presente tesis; por su paciencia, dedicación, conocimiento y sobre todo comprensión y gran apoyo a lo largo de este periodo, caracterizándola siempre por su gran amabilidad y calidad humana.

También quiero hacer presente mi agradecimiento al Comité de tesis que con su tiempo, experiencia y gran conocimiento hicieron posible una mayor madurez del presente trabajo. Con especial agradecimiento al Dr. Norman Asuad Sanen, al Dr. José Luis Romo Lozano, al Dr. Cesar Ramírez Mirando y a la Dra. María Luisa Quintero Soto a todos ellos agradezco su paciencia, apoyo y calidad humana con la que siempre me atendieron.

Deseo dejar constancia de mi más profunda y sincera gratitud a mis padres y hermanos que han sido la base fundamental para mi desarrollo como persona y motores para una superación profesional. A mis hermanos por su ejemplo de dedicación y gran fortaleza, a mis padres por su apoyo incondicional. Con especial cariño a mi bebé Claudio Alejandro que al convertirse en la base de mi vida me dio la fuerza necesaria para finalizar esta tesis, a él dedico esta investigación. A Jesús Salvador agradezco al compartir una misma meta. Por estar siempre conmigo y por su gran apoyo en todo momento, a mi familia mi más sincero agradecimiento.

- Í N D I C E -

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: SUSTENTABILIDAD DÉBIL Y DESARROLLO URBANO	6
1.1 La visión económica del concepto de sustentabilidad	6
1.2 Enfoques de la Sustentabilidad	8
1.2.1 Sustentabilidad fuerte	9
1.2.2 Sustentabilidad débil y la internalización de las externalidades	11
1.3 El concepto de sustentabilidad en el desarrollo urbano	14
1.4 Sustentabilidad y desarrollo urbano desde la perspectiva de Camagni	20
1.4.1 Análisis del teorema de localidad para el caso de la Sierra de Guadalupe	22
1.5 Externalidades ambientales forestales y servicios ambientales	25
1.5.1 Servicios ambientales forestales	27
CAPÍTULO II: DEGRADACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES: COSTOS ECONOMICO ASOCIADOS A LA DEFORESTACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE	30
2.1 Aspectos generales de la Sierra de Guadalupe: Zona Norte del Valle de México	31
2.1.1 Localización Sierra de Guadalupe	31
2.1.2 Superficie y características fisiográficas	33
2.1.3 Tenencia de la tierra	36
2.2 Geografía económica y urbana	39
2.2.1 Crecimiento urbano y de población de la ZNVM	40
2.2.2 Dinámica económica de la ZNVM	43
2.3 Medio ambiente de la Sierra de Guadalupe	44
2.4 Estado del arte entorno al análisis de deforestación de la Sierra de Guadalupe	45
2.5 La deforestación de la Sierra de Guadalupe y diferencias con la situación de los años setentas	49
2.5.1 Etapas históricas de la deforestación	49
2.5.2 Causas de la deforestación y degradación de la Sierra de Guadalupe	51
2.5.3 Consecuencias de la deforestación	53
2.6 Costos asociados a la deforestación y proyección a 30 años	59
2.6.1 Tendencia de la deforestación a 30 años con la dinámica actual	59
2.6.2 Costos por inversión en infraestructura para asentamiento humanos	62
2.6.3 Costos para la población y gobierno locales por inundaciones	63

CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA POLÍTICA PÚBLICA EN MATERIA DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE.....	69
3.1 Metodología de análisis	70
3.2 Congruencia entre las leyes ambientales y las leyes de desarrollo urbano	71
3.3 Eficacia de los Planes y Programas Nacionales, Estado de México y D.F. en materia ambiental	77
3.4 Eficacia de los Planes y Programas Nacionales, Estado de México y D.F. en materia de desarrollo urbano	80
3.5 Eficacia de los Planes y Programas Municipales que enmarcan la protección de la Sierra de Guadalupe	83
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA PRESERVACIÓN Y REFORESTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES: SIERRA DE GUADALUPE A 30 AÑOS	90
4.1 Metodología del índice de sesgo	90
4.1.1 Aplicación del índice de sesgo para deforestación en Sierra de Guadalupe	92
4.1.2 Aplicación del índice de sesgo para urbanización en Sierra de Guadalupe.....	103
4.2 Metodología a utilizar para proyectos de rentabilidad	122
4.2.1 Metodología para proyecto de rentabilidad de reforestación de la Sierra de Guadalupe	125
4.3 Situación o escenario sin proyecto.....	134
4.4 Escenario optimizado.....	140
4.5 Escenario con proyecto	143
4.5.1 Área susceptible a reforestar y total de árboles a plantar.....	144
4.5.2 Inversión estimada en reforestación: costos totales de la reforestación	145
4.5.3 Beneficios directos de la reforestación por los bienes y servicios ambientales: captura de bióxido de carbono y recarga de acuíferos	148
4.5.4 Ahorros y beneficios por reforestación	157
4.6 Variables Financieras.....	158
4.6.1 Variables financieras: las variables financieras que se utilizaran en este estudio serán el TIR y VAN, y análisis costo-beneficios del escenario de reforestación.....	158
4.6.2 Resultados.....	161
CONCLUSIONES	163
ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	166
BIBLIOGRAFÍA.....	168
ANEXO FOTOGRAFICO EN CAMPO.....	177

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las zonas metropolitanas del país, en particular de aquellas con más de un millón de habitantes, se ha dado de manera dispersa y desordenada, a la par del proceso de industrialización. Lejos de propiciar un desarrollo con equidad la industrialización propició una creciente desigualdad entre el campo y la ciudad, la cual atrajo una migración masiva de quienes buscan nuevas oportunidades y motivó una explosión demográfica que no se previó en el diseño de la infraestructura urbana. Finalmente, los asentamientos habitacionales invadieron zonas boscosas o de reserva. Un resultado de lo anterior ha sido la pérdida de vegetación de las grandes ciudades, en algunas de las cuales virtualmente han desaparecido o perdido buena parte de sus árboles.

A lo largo de los siglos éstos bosques han prestado servicios ambientales de gran importancia para los habitantes del país, pues albergaban una gran biodiversidad, tanto de flora como de fauna, que si bien actualmente en algunos casos ha disminuido en forma preocupante, es innegable que los bosques siguen conservando su importante riqueza. Por otra parte, al impedir la erosión del suelo, los bosques disminuían las escorrentías que provocaban las inundaciones. Al mismo tiempo, un importante servicio ambiental de los bosques en que han constituido el medio para la infiltración de lluvia la cual favorece la recarga de los mantos acuíferos. Ya en los tiempos modernos, los bosques han sido una barrera natural contra la contaminación atmosférica y las partículas suspendidas emitidas por los automotores que circulan en las vías de comunicación que las rodean, las zonas industriales y las zonas con falta de vegetación. Así es que estos servicios ambientales no fueron valorados ni por los habitantes ni por los gobiernos por lo que la vegetación original de nuestros bosques ha cambiado. De ser bosques naturales, hoy en día el uso de suelo es de agricultura, pastizal inducido, zona urbana, industrial, entre otros usos. Debe mencionarse que a ello se aúna la pérdida de bellos paisajes.

En las tres grandes urbes del país con sus zonas metropolitanas, la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, la presencia de bosques proporcionaba variados servicios ambientales. Pero, como señala la evidencia, el cambio en el uso del suelo debido al crecimiento demográfico ha implicado la constante y acelerada deforestación de las zonas ecológicas y de reserva (Schtenigart y Salazar, 2004). En el Distrito Federal, en donde la tasa de ocupación urbana crece a un ritmo de 300 ha por año y a una tasa promedio de 6.1%, los suelos de conservación se han ido perdiendo a causa de los asentamientos irregulares, que además de no ser aptos para urbanizarse, presentan riesgos para sus habitantes. Hay 36 poblados rurales que se ubican en suelo de conservación y cuentan con 709 asentamientos humanos registrados (donde se albergan 59, 302 familias), pero 528 de ellos son irregulares, es decir el 74% de los registrados no cumplen con las condiciones necesarias para ser habitables y mucho menos con las normas. Como consecuencia de esta situación se calcula que la tasa de deforestación de 240 ha, lo que finalmente, ha ocasionado la pérdida de bosques por un total de alrededor de 1,157 hectáreas (Legorreta, 2007). Como resultado se han generado una serie de costos económicos, ambientales y sociales que en esta tesis buscamos destacar.

En las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey el problema tal vez sea menor, debido a que la concentración poblacional es más baja, pero no deja de ser uno grave. La densidad de las áreas verdes por habitante en la zona metropolitana de Guadalajara es de 2,475.53 personas por km², que significa en promedio 2.47 m² de áreas verdes por persona. Una consecuencia de ello ha sido el aumento de los escurrimientos hasta un 400% por año (Alanís, 2005) y, por tanto, un mayor riesgo de inundaciones. En particular, se estima para 2000 la zona metropolitana de Monterrey tenía en promedio 3.91m² de áreas verdes por persona, con una

población de poco más de 3.2 millones de habitantes (Alanís, 2005). Actualmente las áreas verdes por persona pueden estimarse con base en el crecimiento poblacional, lo que da como resultado aproximado 1.57 m². Es decir, de 2000 a 2011 se dio un crecimiento negativo de -59.85 m² de áreas verdes por persona, con una tasa de crecimiento de la población para esta zona metropolitana de 21.44 personas por metro cuadrado. Debemos recordar que los estándares internacionales consideran 9 m² de áreas verdes por habitante, lo cual demuestra lo insustentables que resultan estas zonas metropolitanas.

En los tres casos descritos queda claro que la falta de regulación urbana ha puesto en riesgo los ya frágiles recursos naturales de las ciudades al permitir que sus bosques perdieran al darles un uso habitacional con asentamientos irregulares. Incluso podría afirmarse que las políticas públicas han propiciado la deforestación pues se otorgan incentivos, para ello; en primer lugar, por el cambio de uso del suelo, como sucedió en su tiempo por el reparto agrario, y en la actualidad por dotar de infraestructura y regularizar predios que fueron invadidos de forma irregular. En segundo lugar, por las políticas públicas que demuestran ser poco eficaces al no considerar las acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos de política pública en materia ambiental y de desarrollo urbano a fin de regularizar los recursos naturales forestales para el presente y el futuro.

Esta tesis responde a la inquietud por entender las causas y los efectos de la deforestación de las ciudades por causa del desordenado crecimiento urbano y poblacional. En lugar de estudiar toda una zona metropolitana o el país elegimos centrar nuestro análisis en un estudio de caso local que, en nuestra opinión, puede adquirir un carácter instrumental y, como señala Stake (1994), esperamos que provea ideas y herramientas para comprender las causas de la deforestación urbana y los costos asociados a la pérdida de los servicios ambientales que los bosques urbanos otorgan. Así, nuestro foco de interés es el proceso de deforestación por urbanización de la Zona Norte de la Zona Metropolitana del Valle de México como estudio de caso local, concretamente en el Área Natural y Parque Estatal conocida con el nombre de Sierra de Guadalupe.

Situada entre la delegación Gustavo A. Madero, en el Distrito Federal, y los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla, Tultitlan y Coacalco, en el Estado de México, la Sierra de Guadalupe puede considerarse como una microrregión dentro de la zona metropolitana del valle de México y al igual que lo que ha sucedido en otras partes del país, ha perdido su área natural. La razón para elegir este caso radica en que esta Sierra es la única área natural en el norte del valle de México, además de que la pérdida de esta área natural en una zona en donde hay una alta concentración de la población implicaría graves costos ambientales y económicos, por lo que se encuentra en un claro peligro de extinción, con graves consecuencias para la población. Paradójicamente, a pesar de ser la más degradada ha sido, sin embargo, poco estudiada. Los datos forestales son muy escasos y sus servicios ambientales han sido minusvalorados por generaciones.

Analizar los factores que han influido en la deforestación urbana y los problemas ambientales generados son los objetivos de esta tesis. Nos interesa, en particular, probar que los principales efectos de la deforestación de la Sierra de Guadalupe, propiciada principalmente por los procesos de urbanización, se traducen en un incremento de inundaciones provocadas por las escorrentías, en la disminución de la recarga de los acuíferos y en la eliminación de una barrera natural contra la contaminación. Así mismo, demostraremos que los planes y programas en

materia ambiental y de desarrollo urbano no han cumplido con sus objetivos de política de protección y conservación de los recursos naturales.

En nuestra opinión, el reconocimiento de la problemática ambiental tiene que atravesar por un proceso de valoración, es decir, la cuantificación monetaria de los costos ambientales socializados de dichos procesos. De esta manera, en esta tesis mostraremos que el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen para la población y los gobiernos locales por las inundaciones debido a su deforestación. Además, ello daría lugar a sendas de sustentabilidad urbana.

Esta tesis consta de cuatro capítulos. En el primero, titulado “sustentabilidad débil y desarrollo urbano” analizamos el concepto de sustentabilidad desde la perspectiva económica e indagamos sobre el significado del concepto de sustentabilidad urbana, desde la perspectiva de distintos autores pero haciendo énfasis en el análisis que realiza Camagni (2005) para este concepto y se aplica el teorema de localidad propuesto por éste último autor para nuestro caso de estudio.

A partir del análisis conceptual de sustentabilidad urbana y dada la degradación actual de la Sierra de Guadalupe, en el capítulo II calculamos los costos económicos y sociales de las inundaciones atribuibles a la deforestación, mismos que se aproximan a 110 millones de pesos en 2007, suma que representa el 23% del presupuesto para la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México. Vale la pena mencionar que del total de esta suma, el 80% lo asume este mismo gobierno; la tercera parte de estos costos los asume la población y el restante los gobiernos locales.

Demostremos en este capítulo que de seguir con la misma dinámica de deforestación, en el futuro tendremos en 2036 un costo social total que equivale al 65% anual del presupuesto para que se otorga a la Protectora de Bosques del Estado de México, o bien se traduciría en 1.7 veces anualmente el presupuesto destinado a la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna. En todo caso significaría el 48% anual, del presupuesto del ejercicio fiscal a 2011 del municipio de Coacalco.

Por lo anterior, en el capítulo III realizamos una evaluación de desempeño de la política pública en materia de protección y conservación de los recursos naturales, como las áreas naturales protegidas y los parques estatales en función de dos conceptos: congruencia y eficacia. Mediante el primer criterio encontramos que aunque hay congruencia entre las leyes ambientales de los tres órdenes de gobierno se tiene un vacío en todas las leyes, pues no establecen límites y sanciones para la ocupación o venta ilegal de terrenos en áreas ecológicas, lo que conlleva la ocupación irregular sobre áreas naturales llevando a éstas a su deforestación.

Éste es el caso de la degradación de la Sierra de Guadalupe. Más aún, no encontramos congruencia en el Distrito Federal para el suelo de conservación. Al no contar con una ley exclusiva para esta entidad que sancione y sea congruente con la reglamentación ambiental en escala regional, ha permitido a lo largo del tiempo la ocupación de zonas de conservación ecológica. Un caso concreto es el de la Lengüeta, en la Sierra de Guadalupe. En consecuencia, se generan externalidades negativas como las inundaciones, con sus costos económicos.

Así mismo, demostramos que en los tres niveles de gobierno no se logra cumplir los objetivos de la política pública, en el entendido de que los acontecimientos deseados no ocurrieron y no pueden atribuirse a ésta. No hay eficacia entre lo establecido en las leyes ambientales, de desarrollo urbano y las acciones para el cumplimiento de los objetivos que establece la política. Más aún, esta última no se ha establecido de forma clara, ya que las leyes presentan vacíos.

A partir de estos resultados, que indican que la política de protección y conservación de la Sierra de Guadalupe no se cumple, en el capítulo IV establecemos una propuesta de preservación y reforestación de la Sierra de Guadalupe como único recurso natural al norte de la ZMVM. En primer lugar, se muestra, a partir del índice de sesgo propuesto por Asuad (2001), que el suelo forestal de la Sierra de Guadalupe está siendo explotado por encima de sus niveles óptimos naturales, es decir, que hay deforestación en nuestra área de estudio. En segundo lugar, siguiendo con la misma metodología, se demuestra que el uso del cambio del suelo es el origen de la deforestación, lo que significa que ésta obedece a un cambio de uso de suelo forestal a urbano.

Posteriormente, con el fin de demostrar que el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que resienten la población y los gobiernos locales por las inundaciones a causa de la deforestación, estableceremos tres escenarios de las posibles tendencias a seguir. En el primer escenario, en el que no se introduce ninguna medida de control para detener la deforestación y con ello los efectos externos que se derivan, vislumbramos que, de seguir con la misma dinámica depredadora en un horizonte de tiempo de 30 años estaremos frente a la desaparición del 32.2% de las 3,731.3 hectáreas existentes en 2009, con costos económicos y sociales por inundaciones por 3000 millones de pesos, que aproximadamente equivalen al 61% del presupuesto anual estimado para 2012 que le corresponde al programa para atender desastres naturales o bien anualmente representaría 2.7 veces el presupuesto del programa de desarrollo institucional y ordenamientos ecológicos ambientales en escala nacional.

En el segundo escenario, que considera las medidas que actualmente adoptan los gobiernos locales para detener la deforestación y las externalidades derivadas de ella, no resulta en costos económicos mucho menores debido a que no logra generar un efecto suficientemente importante sobre el crecimiento urbano y por tanto tampoco en la tasa de deforestación. Por ésta razón, en tercer lugar, estableceremos una alternativa de solución para la reforestación y preservación de la Sierra de Guadalupe. La reforestación de 3, 387.96 ha de la superficie de la Sierra representará un costo total de 1, 202, 383,424 miles de pesos en total en 30 años, que equivalen a sólo 0.31% del presupuesto de pro árbol estimado para el año 2012.

Esta reforestación generará beneficios económicos, en primer lugar, por servicios hidrológicos por alrededor de seis millones de pesos a 30 años que podrían monetizarse como pago por servicios ambientales en escala nacional y podrían incrementar el presupuesto de los municipios participantes. En segundo lugar, se tendrán beneficios por concepto de pagos por captura de CO₂, servicio ambiental que podría cotizar en mercados internacionales, cercanos al 28% del presupuesto anual otorgado al gobierno de Coacalco. En conjunto, en un escenario conservador en 30 años obtendremos beneficios aproximados por 73 millones de pesos, que representan el 52% y 32% del presupuesto anual para los gobiernos de Coacalco y Tultitlán, respectivamente; en todo caso reflejaría el 39% del presupuesto del programa nacional para atender desastres naturales.

No obstante, si bien conseguiremos rendimientos económicos por el pago de servicios ambientales, adicionalmente se logrará disminuir los de gastos, pues se evitarán el costo en infraestructura para asentamientos irregulares y por cesar la construcción y el mantenimiento de la barda de contención de los mismos. Finalmente, habrá ahorros importantes por la disminución de inundaciones, las cuales generan costos económicos no sólo a los gobiernos locales, sino también a la población que habita en zonas aledañas.

En conjunto los ahorros y beneficios totales representarán 3000 millones de pesos, que equivalen a 1.9 veces el presupuesto estimado para pro árbol al pago de servicios ambientales, o bien representaría anualmente el 17% del presupuesto del rubro protección al ambiente del Estado de México, con base en 2011. Al realizar un análisis de rentabilidad de la reforestación en la Sierra utilizando las variables financieras TIR y VAN, concluimos que la inversión es rentable y que las utilidades representan aproximadamente 2.14 veces el valor original de la inversión. Es decir, se obtendrán beneficios próximos al 91% del presupuesto de un año en conjunto para los cuatro municipios en el Estado de México que comprenden la Sierra de Guadalupe. Finalmente, comprobamos que el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen por su deforestación.

CAPÍTULO I: SUSTENTABILIDAD DÉBIL Y DESARROLLO URBANO

Hay un debate en la literatura respecto a si debemos considerar la posibilidad de optar capital natural o por capital artificial. De ahí han surgido dos corrientes que entrañan una interpretación distinta de lo que es la sustentabilidad y surge la necesidad de analizar sus implicaciones para aplicarla en el ámbito urbano.

En este capítulo se indagan las bases teóricas que nos puedan llevar a incrementar nuestra comprensión de la sustentabilidad de las ciudades, pues nuestro objetivo es analizar los enfoques teóricos de ésta en el ámbito urbano y las opciones que aportan para comprender el problema de la pérdida de superficie forestal. Así, en el primer inciso se analiza el concepto de sustentabilidad desde la perspectiva económica a partir de la revisión de los costos social y privado.

En el segundo inciso se examinan brevemente los distintos enfoques de sustentabilidad: el fuerte y el débil, con la intención de explorar los aspectos que investiga este último, enfoque como el problema de las externalidades, para saber cuál de los dos es el más pertinente en el caso de las ciudades. En el tercer inciso revisamos el concepto de desarrollo urbano desde la perspectiva de Camagni (2005), con el fin de introducir al análisis del desarrollo urbano el uso de los recursos naturales y contabilizarlo a fin de que el stock de capital natural pueda renovarse en un entorno de equidad social.

El análisis de la sustentabilidad urbana, en términos espaciales, se limita principalmente al ámbito local (conforme a la hipótesis de que en escala global también hay beneficios por una mejora en las condiciones en el nivel inferior) y en el ámbito temporal de largo plazo. Aplicamos el “teorema de localidad” establecido por Camagni (2005) al caso de la Sierra de Guadalupe, con la intención de averiguar cuan eficiente es de afrontar el problema de la deforestación a partir de la preservación de los recursos naturales de forma local y contribuir a la sustentabilidad de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Finalmente, para comprender la problemática de la deforestación examinamos las externalidades derivadas de esta misma, junto con el análisis de los beneficios que proporcionan los servicios ambientales que proveen los bosques (capital natural) para la sustentabilidad de las ciudades y la mejora del bienestar de sus pobladores.

1.1 El enfoque económico del concepto de sustentabilidad

Desde el punto de vista económico el concepto de sustentabilidad consiste en la reproducción de largo plazo del sistema económico, manteniendo un nivel al menos constante de bienestar para sus actores. Una condición fundamental para alcanzar la reproducción del sistema económico implica que los precios de mercado tiendan a los costos marginales sociales^{1/} Lo que diferencia a éstos son las externalidades; por ello, a continuación analizaremos la presencia de estas últimas en el pensamiento económico.

El concepto de sustentabilidad y su relación con la economía se remonta hasta los trabajos de Adam Smith (1723), quien suprime del análisis el precio nominal o de mercado para plantearlo

^{1/} El costo marginal es aquel que genera producir una unidad más de un bien. En este sentido, aumentará o decrecerá, dependiendo de las unidades producidas.

en términos de precios reales, en la forma de tiempo de trabajo (costo natural o social),^{2/} con lo que proporcionando un elemento universal de magnitud de valor.

Como refiere Hurtado (2003), el precio de mercado es uno momentáneo, resultado de la confrontación entre la oferta y la demanda efectivas, mientras que el precio natural es aquel que permite la reproducción del sistema económico. La reproducción del sistema económico, en este caso, es un acercamiento a la sustentabilidad, con la cual se busca asegurar la existencia del sistema que genera satisfactores a una sociedad a lo largo de un horizonte de tiempo.

Además, Adam Smith (1723) cree en la armonización del mercado por la “mano invisible”, que puede interpretarse como que los intereses privados (costos y beneficios) coinciden con los intereses sociales. De allí se deriva el supuesto de que un mercado competitivo trabaja en el “óptimo de Pareto”, que consiste en un equilibrio en el cual no es posible que un individuo mejore su situación sin que otro empeore la propia (Chang, 2010:5).

En el óptimo de Pareto, la economía estaría funcionando en el máximo de eficiencia, adjudicando de la mejor manera los recursos. Como resultado, el comportamiento racional individual es deseable y la intervención gubernamental debe ser la menor posible. Ésta se prevé sólo para cuando hay fallas en el mercado, o sea, cuando el mismo no está maximizando el bienestar colectivo y a los efectos de corregirlo (Chang, 2010:5).

La idea de la reproducción del sistema económico sigue presente en Ricardo (1772). Como indica Blasco (2005), la economía política ricardiana tiene en la producción los cimientos sobre los cuales se desarrolla todo su esquema analítico. La teoría del valor de Ricardo descansa fundamentalmente en los costos de producción, medidos en unidades de trabajo. Este autor se preocupa exclusivamente de las mercancías que resultan de un proceso de producción; de ellas lo que interesa no es el precio efectivo o de mercado (que resulta de desviaciones accidentales y temporales), sino que por el contrario, el centro de su preocupación es el “precio natural y primario”, derivado de las condiciones técnicas de producción, las cuales remitian a la cantidad de trabajo incorporado en la producción de las distintas mercancías. El precio natural relativo entre dos mercancías está en proporción directa con el trabajo incorporado, y si bien los precios de mercado pueden no corresponder en un momento dado con el primero, sí tienden a éste.

El concepto de precio natural alude a los costos sociales, ya que este costo permite la reproducción del sistema económico, medido en una magnitud diferente a la del precio de mercado. Más tarde, en la economía marginalista el equilibrio corresponde al punto en que todos los mercados se vacían, lo cual se logra porque los productos se venden a sus costos marginales, es decir, el costo marginal corresponde con el precio privado o de mercado.

Pigou (1920) demuestra que lo anterior puede no ocurrir y, reconoce que, salvo en competencia perfecta, existen muchas fallas de mercado e introduce el concepto de externalidad, que se define como los efectos positivos o negativos derivados de un proceso, mediante el cual se proveen beneficios indirectos a otros sin obtener beneficio alguno y, de la misma manera, cuando alguien se ve afectado por ese proceso, no recibe compensación por el daño infligido.

^{2/} En términos teóricos al precio natural se le considera más importante que el precio de mercado; es una relación de jerarquía: el precio de mercado se subordina al precio natural, porque en cualquier situación de desviación del último se activa un efecto de retroalimentación. Al considerar la formación de precios naturales, el sello de la concepción clásica es que siempre que los precios de mercado se desvían de los precios naturales, las fuerzas competitivas intervienen para regresar a la economía a un estado de equilibrio (Vroey, 2000).

Estas fallas de mercado hacen que la maximización del bienestar privado no coincida con la maximización del bienestar social. Pigou (1920) aborda el problema de las externalidades como “la diferencia entre los productos netos privado y social, que surgen debido a que una persona (A), al prestar algún servicio, por el que se realiza un pago a una segunda persona (B), incidentalmente también presta servicios a otras personas (C) (no productoras de servicios semejantes), de tal manera que no se puede solicitar pago a las partes beneficiadas o compensación para las partes perjudicadas” (Pigou, 1920).

Según Pigou la compensación puede revestir el carácter de primas o impuestos, dejando de manifiesto, por primera vez, la internalización de las externalidades, es decir, debía haber un costo para quien las genera, en el sentido de internalizar estos costos individuales que quedaron fuera del mercado.

Posteriormente, en 1960, Ronald H. Coase, publica su trabajo “El problema del costo social”, en el que señala que “el problema que afrontamos al tratar sobre acciones con efectos perjudiciales (sobre terceros) no es simplemente delimitar a los responsables de los mismos. Debe decidirse si la ganancia para evitar el daño es mayor que la pérdida que se ocasiona en otra parte como resultado de impedir la acción que produce el daño” (Coase, 1960:49). Indica además que aun en presencia de costos de transacción la intervención del Estado mediante un impuesto no es necesariamente la manera más eficiente. Argumenta que los agentes económicos pueden llegar a acuerdos que satisfagan a las partes independientemente de la intervención del Estado.

En síntesis, la literatura revisada, ante todo, asigna un lugar importante a la reproducción del sistema económico y el bienestar de la sociedad con la incorporación de conceptos como costo social y costo privado. Entre éstos se observa una clara diferencia, es decir, el primero es el que permite la reproducción del sistema económico y el segundo sólo refleja un momento específico (precio de mercado).

Además, esta misma literatura nos muestra que es necesaria la incorporación de las externalidades (diferencia entre el costo social y el precio de mercado) al mercado, para asegurar la permanencia en el largo plazo del sistema económico y el bienestar de sus actores. Posterior a estas primeras aproximaciones al concepto de sustentabilidad dentro de la economía, se desarrollan dos enfoques económicos específicos para entender la problemática de las externalidades en el medio ambiente. Estos enfoques son el de sustentabilidad fuerte (economía ecológica) y el de sustentabilidad débil (economía ambiental). Extendemos, además, el análisis del concepto de sustentabilidad al ámbito urbano, con el fin de averiguar qué enfoque puede adaptarse al caso de las ciudades, lo cual se analiza a continuación.

1.2 Enfoques de la sustentabilidad

El concepto sustentabilidad involucra un debate que es muy pertinente en el caso de las ciudades ya que no todo concepto de sustentabilidad es aplicable en éstas. Un enfoque sobre el término de desarrollo sustentable es el de la World Commission on Environment and Development que señala que es “aquel desarrollo que satisfaga las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (*WCED*, 1987:57).

Este concepto implica que hay límites en los recursos ambientales y en la capacidad de la biosfera para absorber actividades humanas. El desarrollo sustentable debe exigir un proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico, y el cambio institucional se realicen de manera consistente tanto con el futuro así como con las actuales necesidades (*WCED*, 1987: 57).

De acuerdo con Pearce y Warford (1993), una trayectoria de desarrollo es sustentable si, y solamente si, la acción de los activos fijos totales sigue siendo constante o se acrecienta en un cierto plazo. Los activos incluyen el capital manufacturado (máquinas, caminos y fábricas), el capital humano (conocimiento y habilidades), y el capital ambiental (bosques, calidad del suelo y tierra). Para estar en una trayectoria de desarrollo sustentable, entonces, una nación debe vivir dentro de sus medios, lo que, en este contexto, significa que debe disminuir sus activos fijos totales.

Para Field (2003), la sustentabilidad no implica que los recursos sean intocables sino que su ritmo de explotación no debe poner en riesgo el abastecimiento de las generaciones venideras. Así, en el caso de los recursos renovables implica que su extracción debe realizarse a tasas que garanticen el bienestar económico y social en el largo plazo. En lo tocante a los recursos no renovables, la exigencia es que se debe establecer tasas compatibles con la productividad natural que rige el crecimiento y el agotamiento de los recursos. En este sentido, se dice que una economía se encuentra en una senda fuertemente sustentable si mantiene o aumenta su disponibilidad de capital natural a lo largo del tiempo. Por el contrario, se afirma que esa economía se encuentra en una senda débilmente sustentable si el desarrollo disminuye de una generación a la siguiente (Pena, 2004:6).

Hoy en día términos como desarrollo sustentable y sustentabilidad se utilizan ampliamente, aunque en los casos de la economía y el medio ambiente en particular parecen objetivos claros por alcanzar. Sin embargo, en la teoría económica sobre el papel de la sustentabilidad y el medio ambiente hay distintos enfoques; como el de la sustentabilidad fuerte y débil, mismos que se analizan a continuación.

1.2.1 Sustentabilidad fuerte

Soddy (1921) fue de los primeros en señalar que la sustitución de recursos naturales por capital tiene límites, porque para la operación y producción del capital se requieren recursos naturales, argumento que fue utilizado por Georgescu-Roegen (1971) en respuesta a Solow (1956) sobre la sustituibilidad entre capitales (Martinez Alier, 1992). Por su parte, Daly (1990), citado por González (2006:41), señala que “no basta con invertir lo suficiente como para compensar la disminución de recursos. Requiere que todas las formas de capital se mantengan intactas, es decir, se asume que las diferentes formas de capital son complementarias”.

La sustentabilidad "fuerte" considera que el capital natural no es plenamente sustituible por el capital hecho por el hombre (artificial o manufacturado), dado que muchas formas de estos tipos de capital son complementarias en el estado actual de la tecnología, lo que obliga al mantenimiento del stock del capital natural (Castro, 2004).

La sustentabilidad fuerte asociada a la economía ecológica^{3/} destaca las funciones diversas e insustituibles del capital natural; a partir de ello el mayor o menor grado de sustentabilidad de una economía depende no sólo de conservar esta función, sino de mantener otros servicios ambientales que proporciona el ambiente (Correa, 2006:25).

Daly (1994) señala que la sustituibilidad declina a medida que los stocks de recursos se van agotando, argumento que implica que ciertos stocks de capital natural crítico se deben conservar sin considerar el costo de oportunidad que éstos generan. Además, los efectos ambientales de la extracción de recursos no se reflejan en el precio del recurso; en este sentido, siguiendo con el autor, los precios no captan los intereses de las futuras generaciones y, por tanto, no pueden usarse para valorar stocks completos del recurso natural. Lo anterior significa que para lograr un desarrollo sustentable es preciso que la capacidad de explotación humana sea igual a la capacidad de sustentación del medio, es decir que el área sustentada sea igual al área sustentable (Leal, 2009: 4).

De acuerdo con Naredo (2004: 6), “esta limitación se entrecruza con aquella otra que impone la irreversibilidad propia de los principales procesos de deterioro (destrucción de ecosistemas, extinción de especies, agotamiento de depósitos minerales, cambios climáticos, etc.)”. De esta forma, una condición mínima necesaria para la sustentabilidad es mantener el total de capital natural sobre el nivel actual (Constanza, consulta en línea, 05 Jun., 2009).

La presente investigación centra su análisis teórico en la economía ambiental. Si bien es cierto que la economía ecológica aporta elementos importantes para la comprensión de los problemas ambientales, es la economía ambiental la que nos ofrece mayores elementos para la comprobación de nuestra hipótesis, al señalar que el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen para la población y gobiernos locales por inundaciones debido a su deforestación. Además de que daría lugar a sendas de sustentabilidad urbana. Es decir, al estudiar el problema de externalidades la economía ambiental nos proporciona las herramientas necesarias para debatir sobre los efectos externos (externalidades) producto de la deforestación, al tiempo de incorporar un valor a esta deforestación por los costos que generan estos efectos externos.

En todo caso, el concepto de sustentabilidad fuerte restringe dicho análisis para nuestro caso de estudio ya que considera que los efectos ambientales de la extracción de recursos no se reflejan en el precio del recurso. En este sentido, de acuerdo con Daly (1994), los precios no captan los intereses de las futuras generaciones y, por tanto, no pueden usarse para valorar stocks completos del recurso natural. Esto quiere decir que la economía ecológica difícilmente podría considerar que los recursos forestales pueden tener un valor en el mercado con los llamados “bonos de carbono”, análisis que es fundamental para nuestra investigación, ya que proponemos que al reforestar se coloquen bonos en el mercado internacional y se generen beneficios económicos para los gobiernos o los propietarios de los recursos, como incentivo para la conservación.

^{3/} La cual se basa en las siguientes nociones: la primera consiste en el reconocimiento de la primera ley de la termodinámica, excluyendo de esta forma la noción de externalidades ambientales, en el sentido de que la generación de residuos es algo inherente a los procesos de producción y consumo. La segunda se fundamenta en la ley de la entropía que de acuerdo con Georgescu-Roegen (1971) la materia y la energía se degradan continua e irrevocablemente desde una forma disponible a una no disponible o de una forma ordenada a una desordenada independiente de su utilización, es decir, lo que refiere valor económico a la materia y energía es su disponibilidad de ser usada. La tercera tiene una doble implicación, en principio se refiere a la imposibilidad de generar más residuos de los que puede tolerar la capacidad de asimilación de los ecosistemas y la segunda advierte sobre la posibilidad de extraer de los sistemas biológicos más de lo que se pueda considerar como su rendimiento sustentable o renovable (Aguilera, 1999).

Además, como señala Leal (2009), para el logro de un desarrollo sustentable es preciso que la capacidad de explotación humana sea igual a la capacidad de sustentación del medio, es decir, que el área sustentada sea igual al área sustentable, lo cual en zonas urbanas esto difícilmente puede ocurrir ya que si consideramos por un lado las altas tasas de población y el poco territorio espacial y ecológico en que se asientan, esta población rebasa en gran medida la capacidad de sustento ambiental de las regiones. Por otra parte, si bien se propicia la deforestación con el fin de expandir la mancha urbana, aunque se impongan límites al crecimiento urbano, los asentamientos que destruyeron áreas naturales ya no podrán ser aptos para su regeneración natural o hecha por el hombre; por lo tanto, consideramos que habrá cierta degradación ambiental en las ciudades. No obstante, el Estado deberá imponer límites y sancionar el crecimiento sobre las áreas naturales o de reserva ecológica. Es decir, el enfoque de sustentabilidad fuerte plantea una dificultad para el caso de las ciudades ya que la actividad económica de toda ciudad no puede realizarse sin que se produzcan cambios en el ambiente, que generalmente se muestran como negativos, por lo cual emerge el concepto de sustentabilidad débil como viable a la sustentabilidad urbana.

Por otra parte, es cierto que los modelos de crecimiento económico aplicados al medio ambiente incluyen el avance tecnológico; por tanto, este es un factor que proporcionará en el futuro nuevas técnicas o tecnologías que permitan alcanzar un porcentaje mayor de sobrevivencia de los recursos naturales por reforestación. Por último, dentro de la economía, el medio ambiente se presenta como un bien económico en el entendido que los recursos naturales, como el agua y los bosques (recursos forestales), comienzan a escasear y que se vislumbra su agotamiento a futuro por la sobreexplotación de los mismos. En nuestro caso de estudio este es propiciado por la urbanización y las demandas de agua y suelo que conlleva; es importante hacer mención que la degradación y el agotamiento de estos recursos genera externalidades que se traducen en costos para la sociedad que deben minimizarse.

Por tanto, se propone el análisis de las externalidades derivadas de la deforestación urbana a partir del concepto de sustentabilidad débil; toda vez que consideramos necesario internalizar las externalidades para dejar de manifiesto que estas últimas tienen un costo no sólo ambiental sino económico para la sociedad. aunado al hecho de que la conservación de los recursos forestales y su reforestación traerán como resultado beneficios ambientales y económicos para la misma sociedad.

1.2.2 Sustentabilidad débil y la internalización de las externalidades

Con el concepto de sustentabilidad débil, a diferencia del de sustentabilidad fuerte, se asume la posibilidad de lograr cierta sustituibilidad entre capitales, donde el medio ambiente es considerado como otra forma de capital. Otro supuesto importante dentro de este concepto es la transferencia de una generación a otra de un cierto stock de capital total no menor al existente en el presente.

Este enfoque de sustentabilidad débil se enmarca dentro de la teoría de la economía ambiental, la cual parte del concepto de las externalidad. Como habíamos analizado anteriormente, el tratamiento de los problemas de externalidades en de la economía ambiental, ha seguido dos enfoques teóricos: la economía del bienestar de Pigou (1920) y el problema del costo social de Coase (1960).

Aunque dichos autores, no analizan directamente la cuestión ambiental, sientan las bases para la economía ambiental al tratar de resolver el problema de las externalidades. Pigou (1920) fue el primero en tratar los problemas de los efectos externos, mostrándolos como un accidente en el funcionamiento normal del sistema de mercado competitivo (posteriormente este concepto se aplica este a los problemas de degradación ambiental, como el de la contaminación, al analizarla como externalidad) (Cuerdo y Ramos, 2000).

De acuerdo con Nicholson (2007; 587), “una externalidad ocurre siempre que las actividades de un agente económico afecten las actividades de otro agente de una forma que no se refleja en la transacción del mercado. Las externalidades negativas aparecen cuando una actividad de un agente económico genera un efecto perjudicial indeseado sobre un tercer agente por el que no es compensado”.

Pigou propone internalizar las externalidades mediante un sistema de compensaciones, a los que define como fallas de mercado y formula que deben ser corregidas por el Estado con acciones compensatorias, como subsidios o impuestos. De acuerdo con Pigou, para reducir la divergencia entre el costo marginal privado y el social, el Estado podía impulsar o restringir las inversiones en dichas actividades generadoras de externalidades por medio de impuestos o subsidios. Es decir, ante cualquier externalidad,^{4/} el Estado debe intervenir fijando un impuesto al responsable por una cantidad equivalente al daño ambiental marginal neto, en el sentido de alcanzar un óptimo (Cuerdo *et al.*, 2000).

Coase (1920) señala que toda economía en la que no haya costos de transacción o están sean muy bajos, es posible alcanzar una asignación eficiente, incluso aunque haya externalidades. La implicación del teorema de Coase es que las externalidades no tienen por qué provocar obligatoriamente la aparición de ineficiencias, puesto que los individuos tienen incentivos o negocian acuerdos que benefician a todas las partes; estos tratos dan lugar a que los agentes internalicen las externalidades cuando tienen en cuenta la externalidad al tomar decisiones. “Si las externalidades se internalizan, entonces la asignación es eficiente, a pesar de que el gobierno se haya mantenido al margen” (Krugman, 2007:460).

Por lo tanto, el primer^{5/} “teorema de la economía de bienestar no se cumple en presencia de externalidades. La razón se halla en que hay cosas que preocupan a la gente que no tienen precio. Lograr una asignación eficiente en presencia de externalidades significa esencialmente asegurarse que los agentes pagan el precio correcto por sus acciones” (Varian, 1998:506).

Sin embargo, en realidad todo el trabajo de Coase se orienta a mostrar la existencia de los costos de transacción y sus implicaciones en las decisiones de los agentes. Por otra parte, como señala Morales y Parada (2005:30), “en los bienes ambientales no siempre están claramente establecidos los derechos de propiedad de los recursos naturales lo que hace que la población no tenga incentivos para preservar y se degraden los recursos”.

^{4/} Según Field (2003), para que el nivel de producción de un bien sea eficiente desde el punto de vista social, toda decisión respecto del uso de los recursos debe tener en cuenta los costos privados asociados a la producción y los costos externos que pueden surgir como externalidad, es decir, los costos sociales totales serían: $\text{costos sociales} = \text{costos privados} + \text{costos externos (medioambientales)}$. Los problemas ambientales, como la contaminación, son el resultado de fallas en el sistema asignador de recursos, debido a que la libre iniciativa privada no permite alcanzar los precios de equilibrio que compensen a la sociedad por los costos que unos agentes generan (Correa 2005). De esta manera, se determinan las externalidades, que indican las divergencias entre el costo privado de un mal y el costo social del mismo (Cortés, 2007).

^{5/} Asignación eficiente de recursos

Sobre el concepto de sustentabilidad, Robert Solow^{6/} (1974) introduce al estudio del crecimiento económico el capital natural mediante un análisis intergeneracional en que plantea la sustituibilidad entre el capital natural y el capital artificial. En su trabajo “The Economics of Resources or the Resources of Economics”, destaca que “la distribución de la renta o del bienestar entre generaciones depende de la disposición de recursos que cada generación prevé para sus sucesores” (Solow, 1974:50)

Solow que el agotamiento de los recursos naturales no se convertirá en un limitante del desarrollo. Es la probabilidad de progreso tecnológico y con éste la eficientización de los procesos, lo que permitirá el ahorro de los recursos naturales, a lo que se aúna la facilidad con la cual otros factores de la producción pueden sustituir los recursos agotables (Solow, 1974:50). Por tanto, surge la idea de mantener un nivel de bienestar intergeneracional si se eficientizan los procesos con el avance tecnológico y, de esta manera, sustituir los recursos naturales agotables como factores de la producción.

La sustentabilidad en este caso consiste en conservar o aumentar el capital total agregado de una generación a otra, de manera que la del futuro tengan la opción de vivir tan bien como sus predecesoras (Castro, 2004:76). De hecho, Solow (1992, p.10) sostuvo que “vivir al menos en las mismas condiciones se traduce en el objetivo de mantener una capacidad generalizada para producir bienestar económico”.

Citados por González (2006:40-41) Pearce y Atkinson (1993), en su trabajo “Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of weak sustainability”, desarrollan el concepto de ahorro genuino como un indicador de sustentabilidad que mide la tasa real de ahorro de una economía teniendo en cuenta el agotamiento de los recursos naturales y el daño causado por la contaminación. En este caso se considera al ahorro genuino como un indicador de sustentabilidad débil. Es decir, parte de la idea de que para conseguir el desarrollo sostenible hay que garantizar el mantenimiento del stock total de capital, que incluye no sólo el capital natural sino también el físico.

Esto quiere decir que si un país no ahorra lo suficiente como para compensar la depreciación del capital natural no estará siguiendo una senda de sustentabilidad o no generará bienestar en el futuro. Para que la capacidad productiva total de un sistema económico no disminuya o crezca (que se mantenga constante), el nivel de ahorro debe ser igual o mayor al valor agregado de la depreciación total del capital físico y al agotamiento y degradación del capital natural. Por tanto, tener tasas positivas de ahorro es una condición mínima de sustentabilidad pero si el ahorro es negativo se da una condición de no sustentabilidad y de disminución del bienestar de la sociedad.

Sin embargo, en el caso ambiental los precios de los servicios ambientales en éste no se reflejan en los costos marginales de producción por la presencia de externalidades. Esto significa una falla de mercado y, por tanto, la economía de mercado no puede asignar los recursos con eficiencia, pues sin precios que incentiven la reducción de la actividad contaminante (o depredadora del recurso natural) el resultado es una actividad excesiva en relación con la capacidad de asimilación del ambiente. Por ello es necesario internalizar los costos externos.

^{6/} Solow investiga a partir de Rawls (1971) la existencia de una solidaridad intergeneracional compatible con la maximización del bienestar de largo plazo, así que desarrolla ese aspecto intertemporal del criterio de equidad.

En el caso de las ciudades, como menciona Camagni (2005:205), "se busca un concepto de sustentabilidad que pueda reconocer las diferentes funciones de la ciudad; por ejemplo, la de suministrar economías de aglomeración, de proximidad accesibilidad e interacción social, e integración en red con el mundo exterior, con lo cual se busca el máximo beneficio social a partir de la integración dinámica entre el ambiente, la economía y la sociedad". De hecho, "las ciudades constituyen las mayores concentraciones de actividades económicas y residenciales, y encierran la cuota cuantitativamente mayor de dichas actividades" (Camagni, 2005:200).

En consecuencia, se generan externalidades debido a que son los lugares donde se produce la mayor parte de las emisiones (la contaminación es un problema de externalidad), de los residuos y donde se consume la cuota más grande de energía; por tanto, la ciudad, con su elevada densidad de uso de suelo (por ejemplo, la deforestación en zonas urbanas, en tanto externalidades que se derivan de ella, propiciada principalmente por los patrones inadecuados de urbanización), ofrece un caso relevante sobre al cual se debe prestar atención (Camagni, 2005). Por todo ello, analizamos la conceptualización de la sustentabilidad del desarrollo urbano.

1.3 El concepto de sustentabilidad en el desarrollo urbano

Según Rueda (1997), algunas de las disfuncionalidades de la ciudad actual, en el marco de la de internacionalización de la economía y de la competitividad entre los sistemas urbanos, son las siguientes: al imparable crecimiento urbano de las últimas décadas y la compartimentación del territorio provocada por la red de movilidad; la separación de funciones y la degradación urbana provocada por la congestión y el estrés ambiental; la pérdida de estabilidad y cohesión social derivadas de la separación espacial de grupos segregados socialmente según su renta; el consumo y despilfarro del suelo, de la energía y de los recursos naturales, y la explotación sin límites de los ecosistemas locales, regionales y globales para mantener la organización y la complejidad de la ciudad, son algunas de las disfunciones en la ciudad actual.

La idea del desarrollo urbano sustentable ha emergido porque la contaminación del aire, del agua y el daño a los ecosistemas naturales se está extendiendo, especialmente en las zonas urbanas de rápido crecimiento (Satterthwaite, 1997). Se ha escrito poco sobre el concepto desarrollo sustentable enfocado al ámbito urbano, entendido éste como la búsqueda de la internalización de las externalidades negativas ambientales de las ciudades. Entre los autores que integran dicho concepto a la perspectiva urbana encontramos a Camagni (2005), quien señala que este concepto se entiende como "un enfoque evolutivo caracterizado por considerar al mismo tiempo los distintos sistemas que componen la ciudad (el sistema económico, el social y el físico y ambiental) dentro de sus interacciones dinámicas (externalidades, rendimientos crecientes y sinergias), teniendo lugar la maximización del área de integración de los distintos subsistemas en el sentido de minimización de las externalidades".

De acuerdo con Iracheta (1998), este enfoque de sustentabilidad urbana debe incorporar la idea integral del fenómeno socioespacial a partir del concepto de totalidad espacial en el que la ciudad se ve como un poliedro de múltiples facetas y relaciones que no podemos observar en toda su complejidad al mismo tiempo (Neira, 1995), así que para ser tratado se debe tener conciencia del poliedro como tal y no sólo de una de sus caras. Al mismo tiempo exige tener un enfoque de lo local-concreto, es decir, una apreciación de la acción cotidiana de las comunidades urbanas y de las formas en que se relacionan con su ambiente (Iracheta, 1997).

Para Chattopadhyay (2007), el desarrollo sustentable implica lograr un equilibrio entre la protección del medio ambiente y el desarrollo económico humano para poder cubrir las necesidades presentes y futuras. Significa asimismo que la equidad en el desarrollo y las acciones sectoriales a través del espacio y el tiempo requieren de una integración de acercamientos económicos, sociales y ambientales hacia el desarrollo. El desarrollo urbano sustentable se refiere, entonces, a lograr la equidad social y la protección del medio ambiente en la urbanización, mientras que se reducen al mínimo los costos de la misma urbanización.

El desarrollo urbano sustentable representa específicamente el logro de un equilibrio entre el desarrollo de las zonas urbanas y la protección del ambiente con vistas a la equidad en el empleo, los servicios básicos, la social y el transporte en las zonas urbanas, en un entorno de estabilidad ambiental óptima. Con la extensión rápida de la población urbana en todo el mundo se ha generado un gran conocimiento sobre cómo reducir al mínimo los costos ambientales de la urbanización. Las inquietudes radican en los daños medioambientales y el agotamiento de los recursos renovables y no renovables, al igual que en los altos niveles de contaminación en las zonas urbanas (Chattopadhyay, 2007).

Según Doughty (2004), el desarrollo sustentable se considera generalmente como el proceso de equilibrio entre el desarrollo económico y la equidad social con protección del medio ambiente. Si bien las ciudades requieren de grandes cantidades de recursos, siendo así dependientes de los recursos naturales existentes, el autor sostiene por este hecho las ciudades nunca pueden satisfacer los cuatro criterios del concepto de sustentabilidad señalados en el informe “Brundtland” (World Commission on Environment and Development (WCED), 1987). Aquí, según el autor, se adopta una definición menos restrictiva de la sustentabilidad, tal como lo sugiere Camagni (2005) al referirse al concepto de sustentabilidad débil para el caso urbano.

Por todo ello, Doughty (2004) señala que una zona urbana requiere, recursos eficientes y confiar en los productos obtenidos de modo sustentable, es decir, con medidas como reducción del consumo de energía, promoción del transporte público y conservación de áreas verdes, entre otras. Es así que el esquema de los tres pilares del desarrollo sustentable de Munasinghe (1993) distingue entre sustentabilidad medioambiental, económica y social.

La primera la apunta el autor hacia la conservación de los sistemas soporte de la vida (fuentes de recursos, destino o depósito de los residuos); la segunda se refiere al mantenimiento del capital económico y la tercera acepción es definida como el desarrollo del capital social. Finalmente, el desarrollo sustentable es el concepto integrador de los anteriores (Castro, 2010).

Por otro lado, Nijkamp y Opschoor (1995) definen el desarrollo sustentable urbano de manera muy próxima al criterio de sustentabilidad débil: “el desarrollo que asegura que la población local pueda conseguir y mantener un nivel de bienestar aceptable y no decreciente, sin poner en peligro las oportunidades de los habitantes de áreas adyacentes”.

La discusión de la sustentabilidad urbana incorpora el tipo de interacción que se establece entre ciudad y región y que hace posible la vida urbana. Los estudios del metabolismo urbano destacan tanto los insumos de la región que se destinan para la ciudad (agua, energía, alimentos y una amplia diversidad de materiales usados en la función urbana), como los flujos de la ciudad hacia la región (descargas de aguas residuales, residuos sólidos y residuos peligrosos, contaminación del aire) (Sánchez, 2007). Desde tiempos recientes las ciudades tienen lugares con una gran degradación ambiental urbana y un uso derrochador de recursos naturales, que están

demostrando ser costosos para las generaciones presentes y que lo serán para las generaciones futuras. Para atenuar el problema, requerimos reducir al mínimo el agotamiento de los recursos naturales a fin de lograr un desarrollo económico ambientalmente sustentable.

Pero para alcanzar el desarrollo sustentable de las ciudades, también debemos asegurar la sustentabilidad ambiental, significalo que implica que se deben tomar medidas tales como: a) integrar los principios de desarrollo sustentable en las políticas y los programas del país; b) evitar la pérdida de recursos ambientales naturales; c) reducir la proporción de gente sin acceso sustentable al agua, aire y suelo; d) mejorar el bienestar de vida de los habitantes (Doughty, 2004). Las ciudades se asienta en unos pilares falsos o dicho de otro modo, insostenibles, ya que lo hacen con base en un creciente costo de recursos y de tiempo, por lo que es razonable pensar que su continuidad en el futuro peligrará en el instante preciso en que algunos de los recursos manifiesten su limitación (Rueda, 2009).

En este sentido, Rueda (1997), propone al igual que Marcotullio (2001), un modelo de ordenación del territorio que mantenga una cierta estructura y un nivel de explotación sustentable de los sistemas no urbanos (rurales y naturales) y una ciudad compacta y diversa en todas sus partes en los sistemas urbanos. En este mismo sentido, Wang (2009) señala que son muchos quienes han expresado preocupación por el crecimiento urbano de alta densidad, o por los costos ambientales y sociales del deterioro ambiental, y han recomendado algunas políticas para controlarlo.

Entre las discusiones importantes sobre ese deterioro, como señala Wang (2009), aparece la preocupación por la alta densidad demográfica urbana, la cual se asocia a las altas emisiones per cápita de bióxido de carbono que arroja el transporte de pasajeros en todo el mundo. Además, la densidad demográfica también viene acompañada de la contaminación atmosférica, el ruido y la pérdida de espacios verdes naturales debido a la presión del mismo crecimiento urbano.

Por este hecho, según la Economic and Social Commission for Western Asia (2001), es necesario definir claramente cómo se deben manejar y asignar eficientemente los recursos o cómo redistribuirlos con el fin de asegurar el eficaz suministro de los servicios en condiciones de sustentabilidad, y cuáles son las responsabilidades específicas de los diversos tomadores de decisiones en cada nivel, es decir, en qué medida puede cada tomador de decisiones asignar eficientemente los recursos financieros y poder lograr así a la consolidación de las políticas con base en los principios de un desarrollo urbano sustentable. Sin embargo, el logro de este último implica que los costos ambientales de la urbanización no se pueden transferir a las generaciones futuras, por un sentido de equidad intergeneracional (Winchester, 2006), por lo tanto, un modelo urbano sustentable es aquel que proporciona un ambiente saludable para la vida y el trabajo, posee una infraestructura de abastecimiento y saneamiento satisfactoria, presenta unos servicios adecuados para el desarrollo social y económico y mantiene unas relaciones ecológicas equilibradas con los ecosistemas locales y globales (Sorensen, 2005).

Más recientemente se ha comenzado a utilizar, la terminología de “ambientes urbanos sustentables” para marcar la necesidad de abordar temas que van más allá de la atmósfera de la Tierra a fin de incluir las condiciones ambientales urbanas de las poblaciones, particularmente las de los pobres (Atkinson 2000). Los temas urbanos abordados son generalmente sobre la atmósfera, la oferta y demanda urbana del agua, los riesgos para la salud, la productividad urbana, y otras. De hecho, hoy en día la base de las preocupaciones ambientales (Lélé, 1991) se sitúa en el crecimiento cada vez más problemático de las metrópolis de los países en desarrollo y

de la mayor parte de las megalópolis, la continuidad urbana y la viabilidad de formas de vida existentes y el sostenimiento ecológico y social.

Según la Economic and Social Commission for Western Asia (2001), en estos temas el Estado sigue siendo el primer agente responsable de las actividades ambientales de los pobres, especialmente en lo que se refiere a las escasas inversiones en infraestructura y servicios urbanos. Otro desafío que enfrenta el Estado, es el de generar el ambiente apropiado para lograr el desarrollo económico que alivie la pobreza y, por lo tanto, reduzca las amenazas para el ambiente planteado por la misma pobreza urbana. Ya que se ha demostrado que el crecimiento irregular de los asentamientos producen diversos daños ambientales, pues en muchos de los casos se consolidan sobre áreas naturales.

Por su parte la Unión Europea (2009) señala que las ventajas del desarrollo económico se deben extender hasta el más pobre y más vulnerable de la sociedad. La cohesión social, así como los temas de la pobreza, el desempleo y el transporte social son prioridades muy importantes para dicho organismo. Así mismo los aspectos de la sustentabilidad ambiental integrada a los temas urbanos son parte de la Estrategia Europea de Desarrollo Sustentable (2001).

En este sentido, dicha Estrategia propone ocuparse de aspectos múltiples del desarrollo sustentable, es decir, medidas que aborden algunas amenazas tales como el cambio de clima, la pobreza, la exclusión social y el envejecimiento de la población, al igual que de temas como el de salud pública y transporte. En junio de 2006 el Consejo Europeo (2004) adoptó la Estrategia Europea de Desarrollo Sustentable (SDS). Con ello algunos temas cruciales relacionados con la sustentabilidad de la ciudad se integraron a la agenda Europea: cambio de clima, energía limpia, transporte sostenible, consumo y producción sustentable, conservación y gestión de recursos naturales, salud pública, inclusión social, demografía y migración así como pobreza global.

El concepto de desarrollo sustentable urbano ha entrado a formar parte de tres dimensiones fundamentales: ambiental, social, económica y también espacial, desde la escala local a la global, tal como lo describe Camagni (2005). Sin lugar a dudas, el elemento central de la sustentabilidad es el reconocimiento de que los costos ambientales de la urbanización no se pueden transferir a las generaciones futuras y el hecho de que es necesario garantizar éstas una cantidad de bienes al menos igual a la que disponemos hoy (capital natural constante) (Winchester, 2006).

De acuerdo con Nijkamp (2008), en la teoría de la economía urbana se ha prestado mucha atención a la densidad poblacional y a la proximidad de las externalidades. Según el marco de las externalidades de la densidad poblacional, las ciudades ofrecen las ventajas socioeconómicas y culturales más importantes. Particularmente, en nuestra edad moderna las ciudades ofrecen las ventajas espaciales relacionadas con los efectos de la oportunidad de ingresar al mercado de trabajo (Acs y otros, 2002).

Las ciudades ofrecen un potencial enormemente rico para una amplia gama de oportunidades de negocio. Sin embargo, el equilibrio ecológico, que se refiere particularmente a la base ambiental, es fuerza impulsora para la búsqueda de un desarrollo urbano sustentable. Dos elementos son particularmente importantes en este contexto: 1) calidad de vida para los residentes urbanos (aire limpio, agua limpia y suelo) y 2) disposición de un ambiente verde urbano (parques, lagos y canales, espacios naturales que ofrezcan un suficiente grado de biodiversidad) (Nijkamp, 2008).

En la comprensión del concepto sustentabilidad y cómo puede aplicarse a las ciudades, Mumford (1961), un historiador que estudió las ciudades y la arquitectura urbana, señala que la urbanización irregular y sostenida, que forma la estructura de las ciudades modernas, era parcialmente la causa de muchos de los problemas sociales y ambientales en los diversos espacios de la ciudad. Expone muchas de las dificultades que se enfrentan hoy en las ciudades debido a las políticas, o a la carencia de éstas cuando viene el desarrollo urbano; plantea además las omisiones de la agenda política, como los conceptos de sustentabilidad y el término de ecociudades (Hald, 2009).

Mumford (1961) rechaza la conformación de las ciudades como megalópolis, así como el suburbanismo, y preconiza una suburbanización equilibrada y polinuclear, integrada en su entorno natural y regional, que recupere valores e instituciones apropiados para una convivencia equilibrada y participativa. Debemos señalar que el autor centra su análisis en lo que en la teoría económica ambiental se define como sustentabilidad fuerte. Es decir, enfoca su análisis en el pensamiento de la planificación de las ciudades desde la perspectiva ecológica de la sustentabilidad.

De acuerdo con Martínez (2003), Mumford es un precursor de las ideas ecologistas y un referente para el movimiento ecologista. Desde la misma perspectiva que Mumford (1961), Whitehead (2007) señala que dos principios emergen del concepto de desarrollo urbano sustentable: el crecimiento económico continuo es solamente posible si en el social se satisfacen las limitaciones ambientales y las zonas urbanas utilizan solamente recursos en relación directa a su huella ecológica.

Sin embargo, estas definiciones de sustentabilidad muestran no ser viables en las grandes ciudades modernas, ya que, como se ha dicho, para el desarrollo de toda ciudad es necesario aceptar cierto grado de deterioro ambiental. Sin embargo lo que interesa es imponer ciertos límites o encontrar el punto óptimo de dicha degradación e internalizar las externalidades negativas ambientales que se producen en los sistemas urbanos. Como indica Williams (2000), las ventajas del desarrollo económico, si bien se deben maximizar más allá de los estados y de los centros de negocios, los efectos adversos del desarrollo se deben reducir al mínimo en nuestras ciudades y en los recursos naturales pertenecientes a estas últimas.

La planeación de un desarrollo urbano sustentable debe tener como objetivo alcanzar la equidad social y ambiental a la vez que mejorar el bienestar de la vida de las personas. Para que eso suceda, se debe tener una forma sustentable de la ciudad, al igual que la disponibilidad y gestión apropiada de sus servicios. Para que una ciudad o una zona urbana sean sustentables es necesario producir y manejar los servicios básicos, como el agua, la basura, la energía, el uso de suelo, el transporte y los recursos naturales en general, de una manera que se ajuste a los principios del desarrollo sustentable. Es decir, la ciudad debe poder producir y distribuir los servicios de una manera económica, favorable al medio ambiente y equitativa de forma intergeneracional en la sociedad.

Otro problema urbano es la ineficacia de las políticas sobre los usos de suelo, y para resolverlo es necesario buscar el óptimo de las zonas urbanas para planearlas de modo tal que la forma urbana pueda ser sustentable. Recientemente en las ciudades se han producido serios problemas de contaminación ambiental y de agotamiento de los recursos naturales (Breheney, 1992). Por ello, se deben buscar nuevas formas de internalizar las externalidades negativas ambientales derivadas de la urbanización, aunque, para el desarrollo de toda ciudad sea necesario, como se

dijo, cierto grado de degradación. Así, lo que interesa, como señala Breheney (1992), es encontrar el punto óptimo de dicha degradación ambiental, para así imponer ciertos límites a ésta sin frenar el desarrollo económico de las ciudades ni agotar sus recursos naturales.

La política de desarrollo urbano para los centros de población de toda ciudad tiene que considerar ciertos elementos que se encuentran correlacionados: con el uso de suelo por el sector público al inducir el desarrollo económico; el efecto de la búsqueda del desarrollo en el ambiente; y el impacto de la actividad del desarrollo en la equidad social (Fainstein, 2001). El uso de suelo es un punto medular al desarrollo urbano, pues proporciona un activo físico, lo que permite la conversión de los espacios al tener éstos una función económica (Pearce, 2009).

En este contexto, el término de desarrollo urbano sustentable tiene que considerarse como el ingrediente integral de una meta más amplia: la realización del desarrollo sustentable global, con su extensa agenda de administración ambiental, entre la equidad intergeneracional, la justicia social y la equidad geográfica (Haughton y Hunter, 1994).

El desarrollo sustentable urbano, por lo tanto, necesita ser visto en su escala local regional y global, lo que implica un examen cuidadoso de los efectos externos que las ciudades generan.

El trazado de síentenos lugares que resisten los impactos urbanos puede servir como herramienta potencial para la concepción de los sistemas que aseguren que quien contamine pague apropiadamente por las consecuencias del daño que producen al medio ambiente. Por ejemplo, las ciudades podían imponer sanciones a quienes contaminen o causen un daño ambiental (Haughton, 1997).

Por último, para establecer un límite al crecimiento urbano se requiere de una estrategia de administración integral de éste. Acotar ese crecimiento urbano proporcionar integridad a la decisión de alcanzar un desarrollo sustentable urbano. De esta manera se promueve el desarrollo eficiente, compacto, dentro de sus límites y se desalienta la densificación del desarrollo de las zonas irregulares. Los principios rectores detrás de este concepto se enfocan al desarrollo económico y a la ordenación territorial con protección del medio ambiente (Planning Environmental Quality Board, 2000).

Finalmente, las ciudades deben tener un proyecto prioritario en el contexto del desarrollo sustentable (Erbas, 2010). La ciudad es o puede ser uno de los actores más importantes que debe dar respuestas concretas a los nuevos retos de la sustentabilidad, y debe ser el escenario donde se implanten políticas urbanas para el mejoramiento del entorno y su preservación (Campreciós, 2010). Según Acsehrad (2010), conducir a las ciudades hacia un futuro sustentable significa en este caso promover la productividad en el uso de los recursos medioambientales y fortalecer las ventajas competitivas.

A pesar de que diversos autores como los antes señalados, han estudiado el concepto de sustentabilidad integrándolo al desarrollo urbano, Camagni (2005) realiza una discusión más amplia de las formas en que se concibe dicho concepto en el caso de las ciudades. Por ello, en el siguiente inciso discutiremos sobre el enfoque de dicho autor sobre el significado que entraña la sustentabilidad en las ciudades.

1.4 Sustentabilidad y desarrollo urbano desde la perspectiva de Camagni

La discusión de la sustentabilidad urbana es uno de los temas prioritarios, ya que el presente y el futuro sustentable global están estrechamente asociados con el crecimiento y la sustentabilidad de las ciudades. Por ello, se introduce el concepto de desarrollo sustentable desde las ciudades. Como refiere Camagni (2005:203), “no se puede trasladar mecánicamente a la ciudad una definición fuerte de sustentabilidad; más bien se extiende este concepto de sustentabilidad al ámbito urbano, entendido éste como proceso permanente de integración sinérgica y coevolutiva entre los tres subsistemas que comprenden la ciudad”.

Como sostiene el autor (Camagni, 2005:203) “una aproximación a menudo seguida por algunas corrientes ambientalistas, que ve la sustentabilidad relacionada con la autarquía y el respeto de la capacidad de carga del área local, sin posibilidades de incremento de las capacidades de carga mediante desplazamiento de recursos naturales o de residuos entre áreas diferentes (sustentabilidad fuerte), se presenta como completamente inutilizable para el caso de las ciudades”.

Esto último, siguiendo con el autor, debido a que la ciudad es un polo en la división espacial del trabajo, un nodo de intercambio de bienes inmateriales con un elevado contenido de conocimiento, a cambio de bienes materiales con un alto contenido en recursos naturales. La ciudad, por tanto, es un instrumento para liberar a las actividades humanas de las restricciones derivadas de la dotación de recursos naturales.

Camagni argumenta que de aplicarse esta conceptualización de sustentabilidad fuerte a las ciudades además de que ello las haría caer en la categoría de insustentables, la autarquía impondría límites tales, por ejemplo sólo los árabes y los texanos podrían utilizar automóviles en sus ciudades, dada la existencia de hidrocarburos en su territorio. Sin embargo, en las ciudades se dispone de bienes no producidos localmente y se generan servicios con alto valor agregado.

El hecho reside en que este último enfoque no puede utilizarse de forma útil en el ámbito urbano, dado que en gran medida el capital natural de la ciudad, por ejemplo el suelo cultivable, es sustituido por capital social fijo. Siguiendo con el autor, los diferentes conceptos de sustentabilidad; fuerte y débil, tienen implicaciones distintas (como se ha descrito) “la primera se orienta a poner límites al uso de determinados recursos en el proceso de desarrollo económico” (Camagni, 2005:206), esto es, de no exceder su capacidad de regeneración o su capacidad de asimilación del ecosistema. La segunda “permite una cierta sustituibilidad más o menos entre los distintos elementos de la función de utilidad (por ejemplo, a la renuncia de una parte de los servicios ambientales suministrados por el capital natural, lo que se compensa con una mayor disponibilidad de bienes) o de la función de producción (con la sustitución de capital natural por capital artificial)” (Camagni, 2005:207). La primera definición implica que ninguna reducción en la disponibilidad de un recurso puede compensarse con un aumento en algún otro. La segunda definición implica cierta reducción del capital natural que se compensa con una mayor disponibilidad de bienes necesarios para el crecimiento y desarrollo de toda ciudad.

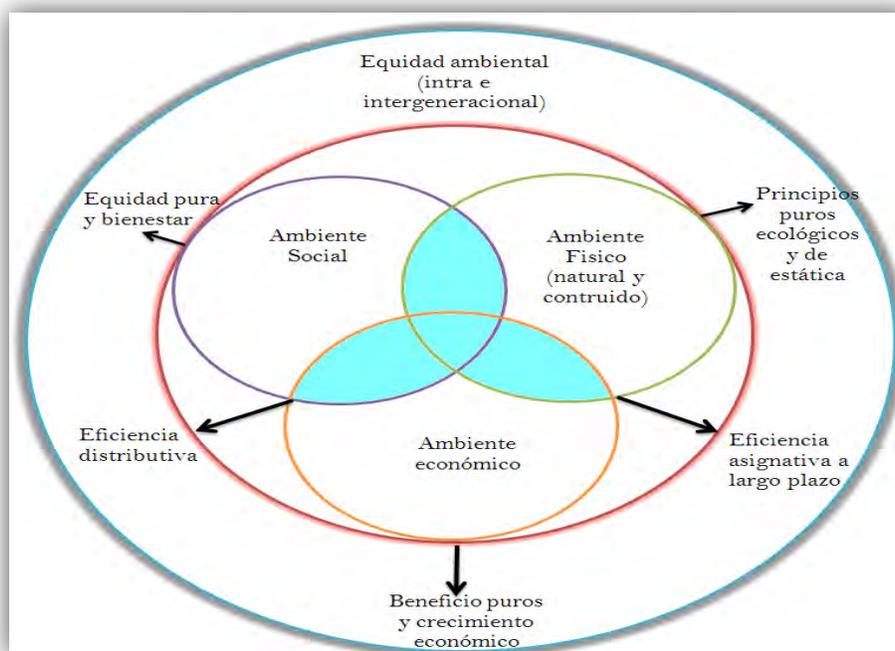
de las dos definiciones anteriores es más factible utilizar en las ciudades las del orden débil, ya que para el buen funcionamiento global de la ciudad se tiene un objetivo mayor que la intocabilidad de los recursos, puesto que, de acuerdo con Camagni (2005), en términos de la sustentabilidad fuerte toda ciudad sería insustentable.

El autor conceptualiza la sustentabilidad en el ámbito urbano como “un enfoque evolutivo caracterizado por considerar al mismo tiempo los distintos sistemas que componen la ciudad (económico, social físico y ambiental) dentro de sus interacciones dinámicas (externalidades, rendimientos crecientes y sinergias), lo que da lugar a la maximización del área de integración de los distintos subsistemas, en el sentido de minimización de las externalidades” (Camagni, 2005: 2015-2016).

Los casos de contaminación del aire, del agua y de la deforestación, que son consecuencia de las altas densidades de uso del suelo, evidencian la presencia de externalidades que se deberán controlar y minimizar. Por ello, se requiere internalizar estas externalidades (además de contar con un mercado que en materia ambiental garantice la internalización de los costos ambientales, ya que en muchas ocasiones no se tienen mercados importantes) y considerar el largo plazo que para el caso forestal es indispensable.

Para alcanzar el objetivo de sustentabilidad urbana es necesario integrar los principios reguladores de los diferentes subsistemas que comprende la ciudad, como se muestra en la figura 1, en tanto interacción entre los tres subsistemas que conforman la ciudad. Es indispensable una eficiencia asignativa a largo plazo mediante de la internalización de los costos sociales y mercados que valoren los beneficios presentes y futuros, así como una eficiencia distributiva en el sentido de que una gran proporción de la población pueda disfrutar de los servicios de la ciudad, de las ventajas de la aglomeración, etc. (Camagni, 2005). De igual manera es imprescindible una equidad ambiental, en el sentido inter e intrageneracional, es decir, tratar de garantizar el acceso y disfrute de los valores ambientales como legado generacional.

Figura 1. Los principios y las políticas para el desarrollo urbano



Fuente: Camagni, Roberto (2005). Economía urbana. Editorial Antoni Boch.

El concepto de equidad que se desprende de la figura 1 “queda entendido tanto en el sentido de accesibilidad a los bienes ambientales como igualdad de oportunidades y de no discriminación para la población, garantiza a largo plazo un mayor potencial de desarrollo para la ciudad”. Esto mismo se aplica a las políticas ambientales que, siguiendo con el autor, “si bien implican en el corto plazo un costo, garantizan a largo plazo una ventaja localizativa y, por tanto, posteriores oportunidades de desarrollo” (Camagni, 2005:218).

Para finalizar, la propuesta del autor radica principalmente en limitar el análisis al ámbito local conforme a la hipótesis de que un nivel global también se beneficia de una mejora de las condiciones de vida inferior, y para nuestro caso de estudio, en el ámbito temporal de largo plazo. Desde esta perspectiva, de localidad y de equidad intergeneracional, la preservación de los recursos naturales de nuestro caso de estudio; la Sierra de Guadalupe, contribuirá tanto a una mayor calidad de vida de poblaciones locales, como al desarrollo sustentable local y posiblemente global de largo plazo. Como refiere Camagni (2005), se busca con ello una capacidad de diseño estratégico con utilidad social constante de largo plazo.

Con respecto a la aplicación del teorema de localidad es necesario tener en cuenta que, para nuestro caso de estudio, si bien la ciudad tiene un efecto relevante sobre la sustentabilidad global (como serían las emisiones de gases de efecto invernadero que arrojan los vehículos), las mismas causas que ponen en peligro la sustentabilidad global tiene repercusiones sobre la sustentabilidad local, a lo que Camagni (2005) denomina “*teorema de localidad*”. Revisaremos a continuación este concepto y lo aplicaremos al caso de la Sierra de Guadalupe.

1.4.1 Análisis del teorema de localidad para el caso de la Sierra de Guadalupe

El teorema de localidad sugerido por Camagni (2005:200-2001) establece que es mucho más efectivo enfrentarse a un mismo problema a partir del ámbito local (en términos de efectos), que no a partir de como global, donde a menudo las autoridades está ausentes, los sujetos contaminantes está alejados, las interdependencias entre acciones de sujetos diferentes son más elevadas y la incertidumbre sobre la medida de los fenómenos y sobre las cadenas causales es más relevante.

La eficiencia de dicho teorema radica en que cuanto más local es el problema, tanto más crece la identidad de contaminador y víctima y, por tanto, mayor es la disponibilidad a pagar a fin de evitar el daño. Un ejemplo de ello es el caso de las externalidades derivadas de la deforestación de la Sierra de Guadalupe, como las inundaciones que se presentan año con año en las zonas aledañas (Ecatepec, Tlalnepantla, Tultitlan, Coacalco y Gustavo A. Madero).

La disponibilidad de de parte de pobladores y gobiernos locales para querer preservar la Sierra de Guadalupe (con el fin de evitar que en zonas cercanas al área deforestada por la falta de infiltración se generen escorrentías y, por tanto, inundaciones) será alta, dado que el costo de no preservarla se manifiesta en la pérdida de bienes materiales para los particulares y en obras para disminuir inundaciones para los gobiernos locales. Es decir, se generan costos económicos privados (para la sociedad) y públicos (para los gobiernos).

Sin embargo, la disponibilidad a querer preservar e incrementar el recurso natural en zonas lejanas donde los efectos de las inundaciones no se perciben, será menor. Pero también, será menor la disponibilidad a preservar por parte de la población que ocupa de manera irregular

zonas cercanas o bien sobre el área natural de la Sierra de Guadalupe, debido al beneficio privado para esta población por no pagar por el uso de suelo urbano.

Además, como señala el autor, cuando los contaminadores son pocos es fácil aplicar el principio de “quien contamina pague”, para nuestro caso de estudio, desde una perspectiva local será más eficiente regular las ventas ilegales para la expansión urbana. Por ejemplo, en lo que toca a dichas ventas, deberá sancionarse a los propietarios con la expropiación de las tierras (tal como está previsto en la ley de 1976 sobre parques estatales, en el entendido de que deberán expropiarse los predios que hayan quedado comprendidos dentro de los parques).

Asimismo deberán haber sanciones a la deforestación, es decir que “quien degrade los recursos pague”. Adicionalmente, a quienes ocupen de forma irregular áreas ecológicas, los gobiernos no deberán regularizar el uso de suelo, ya que esto incentiva el crecimiento urbano a costa de los recursos naturales y, por tanto, la deforestación.

Cuanto más local es el problema, es más eficaz⁷¹ aplicar el principio de “quien descontamine reciba un beneficio”. En nuestro caso de estudio, se incentivaría a los propietario o dueños de las tierras dentro del área de la Sierra de Guadalupe a preservar, por los beneficios económicos derivados de los recursos forestales (como por ejemplo la captura de CO², enmarcado en el mercado internacional de bonos de carbono) ya que la evidencia ha demostrado que los dueños venden las tierras de forma ilegal para la expansión urbana, lo cual si bien es cierto que genera un beneficio económico privado en el momento, también es verdad que provoca un costo social presente y futuro.

Cuanto más local es el problema, tanto más las ciudades ofrecen el marco institucional adecuado para las políticas a medida y para prácticas de monitorización de los efectos ambientales (Camagni, 2005:201). Con un análisis de los costos económicos que se generan tanto para la sociedad como para los gobiernos locales derivados de la deforestación de la Sierra de Guadalupe (así como los beneficios), se incentivaría la inversión para la preservación al demostrar que el costo de hacerlo es menor que los costos económicos y ambientales que genera la deforestación. Con ello se contribuiría a la generación de políticas ambientales a la medida.

Esta preservación ayudaría en el corto, mediano y largo plazos a incrementar el bienestar por una mejora en la calidad de vida de la población local, gracias a los beneficios derivados de la preservación de este único recurso natural al Norte de la *ZMVM*. A corto plazo, se vislumbra la disminución de inundaciones, toda vez que al reforestar los suelos infiltrarán de forma inmediata una mayor cantidad de agua de lluvia, evitando por tanto las escorrentías que provocan las inundaciones. A corto y mediano plazos se capturará CO², y se controlarán los vientos que atraen partículas contaminantes de otros lugares; finalmente, a largo plazo se generarán beneficios por la recarga de los acuíferos, evitando con todo ello los costos económicos y ambientales presentes y futuros. Al mismo tiempo se generarían beneficios globales (por la captura de CO²). En este sentido, “una ciudad encaminada en una dirección ‘localmente’ sustentable es una ciudad que participa activamente en la reducción de los efectos globales negativos” (Camagni, 2005:213).

Además, a largo plazo se busca el bienestar de la población local (población de la Zona norte de la *ZMVM*), vinculada a la prosperidad de la misma ciudad (*ZMVM*). Dicho bienestar debe

⁷¹ Por eficacia se entiende el logro de objetivos alcanzados y comprende dos etapas: si se ha logrado los objetivos, y si los acontecimientos deseados efectivamente han ocurrido.

estar en función al bienestar económico, físico y ambiental. Es decir, la preservación (actual y futura) de la Sierra de Guadalupe, así como la reforestación de la misma, favorecería la sustentabilidad de la *ZMVM*.

Estos beneficios económicos y ambientales por los bienes y servicios ambientales en beneficio de a la población de la zona norte de la *ZMVM* se traducirían en una barrera natural contra la contaminación, así como en la recarga de acuíferos, la disminución de inundaciones, y la regularización del equilibrio hidrológico, entre otras cosas. Con ello se generarían por tanto, una mejora en la calidad de vida de la población, todo lo cual, coincide con la aseveración de Camagni (2005:217), de que “se debe incluir la equidad ambiental, tanto en el sentido inter como intrageneracional: no se trata de disponer de valores ambientales, sino de garantizar su acceso y disfrute a todos los ciudadanos, presentes y futuros, tal como lo promueve el desarrollo sustentable”.

En conclusión, un desarrollo urbano sustentable local que garantice un nivel no decreciente de bienestar a la población local a largo plazo, sin comprometer las posibilidades de desarrollo de las áreas vecinas y que contribuya a la reducción de los efectos nocivos del desarrollo sobre la biósfera (Camagni, 2005:221), es aplicable al caso de la zona norte de la *ZMVM*, en el entendido de que se preservará el área natural de la Sierra de Guadalupe y se pondrán límites al crecimiento urbano.

En suma, la sustentabilidad del desarrollo urbano queda entendida como “un proceso de integración sinérgica y de coevolución entre los grandes subsistemas que comprenden la ciudad (el económico, el social y el físico ambiental), que garantice un nivel no decreciente de bienestar a la población local de largo plazo, sin comprometer las posibilidades de desarrollo de áreas vecinas y contribuyendo a la reducción de los efectos nocivos del desarrollo sobre la biósfera” (Camagni, 2005:220-221).

Desde el punto de vista teórico, un análisis local para el logro del desarrollo sustentable urbano es más factible que uno análisis global ya que, como señala el autor, es más eficiente establecer una identidad entre el agente contaminador y el agente afectado y, por tanto, la disponibilidad ya sea a pagar o a preservar será más alta; y en el caso de pocos contaminadores es más fácil aplicar el principio de quien contamine pague o quien contribuya a la descontaminación reciba un beneficio. Además, será más fácil y eficiente crear políticas a medida de acuerdo con las características particulares de la localidad y, por tanto, será más eficiente el control de los efectos medioambientales, tal como se señala en la Agenda 21.

A nivel metodológico, Arzaluz (2005:19) sostiene que “un supuesto teórico detrás del análisis de estudios de caso^{8/}, es la relación entre el nivel micro y macro de análisis, donde se supone que al observar los cambios generados en el nivel local se puede generalizar e inferir con respecto a otras situaciones, regionales, nacionales o incluso globales. El valor del análisis de casos estriba, en sistematizar las experiencias encontradas y hallar nuevas respuestas y esquemas de investigación novedosos y acordes con la realidad municipal de México”.

^{8/} Se analiza la deforestación de la Sierra de Guadalupe como un análisis de caso local, el cual se establece de carácter instrumental ya que de acuerdo con Stake (1994), se examina para proveer ideas y herramientas entorno a la problemática de la deforestación y los costos económicos sociales y ambientales asociados detrás de ello en zonas urbanas, por la pérdida de bienes y servicios ambientales y en la búsqueda de un desarrollo urbano sustentable.

La sustentabilidad es un asunto de equidad distributiva como lo señala Camagni (2005), es decir, de cómo compartir la capacidad de bienestar entre generaciones y disminución de las externalidades. Para nuestro caso de estudio, consideramos que la disminución de las externalidades derivadas de la deforestación, contribuirá en el largo plazo a la equidad intergeneracional por el disfrute de los bienes y servicios ambientales, y por tanto, del incremento en el nivel de bienestar de la población en el largo plazo. Para ello, es necesario conocer el problema de las externalidades de la deforestación.

1.5 Externalidades ambientales forestales y servicios ambientales

Un ejemplo de externalidad a escala global se encuentra en el sector forestal. Para un empresario privado, una plantación de bosques es un activo como cualquier otro, con cuya explotación procura percibir ingresos y maximizar sus beneficios. Sin embargo, hay otros elementos que el empresario no toma en consideración, como la introducción de externalidades, entre las que cabe mencionar la erosión y degradación del suelo, así como la pérdida de bosque nativo y de biodiversidad. Todas estas externalidades reducen la capacidad productiva del medio ambiente y ponen de manifiesto la diferencia entre el valor privado y el valor social del activo (CEPAL, 2008).

Esta misma dinámica se asemeja a la deforestación en las zonas urbanas en tanto externalidades que se derivan de ella, y que es propiciada principalmente por los patrones inadecuados de urbanización. Las externalidades más inmediatas de la deforestación se dan en escala local y en ocasiones global, por ejemplo:

- ✚ nivelen el ámbito local con la pérdida de bosque la comunidad que se asienta ahí modifica el sistema que les brinda servicios valiosos, como asegurar el flujo de agua para la recarga de los acuíferos. Ésta podría disminuir como resultado de los cambios en las prácticas de uso de suelo; en este caso, el nivel freático podría bajar como consecuencia de un descenso de la infiltración del suelo como resultado de la compactación.

De esta forma, si la capacidad de infiltración se reduce ello puede conducir a una escasez de agua en las estaciones secas, incluso en regiones donde el líquido es por lo general abundante (FAO, 2002). Es oportuno considerar que “la deforestación incrementa la vulnerabilidad de áreas urbanas a sequías, incendios, inundaciones, deslizamientos, sedimentación de presas y reservorios, contaminantes y enfermedades” (Munasinghe, 2009:1).

- ✚ En segundo lugar, Ezcurra (2006:50) sostiene que “debido a la menor cantidad de suelo y vegetación dentro del área urbana, esta última se vuelve más caliente durante el día, ya que el pavimento seco absorbe mucho calor de la radiación solar directa, y la falta de vegetación y suelo húmedo, característico del medio urbano, no permite el enfriamiento, como ocurre en las zonas donde hay vegetación. A este fenómeno causado por la urbanización masiva, se le conoce como isla de calor y hace que la temperatura de las grandes ciudades sea más variable que en áreas con equivalentes cubiertas forestales.

Así mismo, por su naturaleza y por ser reservas de energía térmica, las islas de calor inducen la intensificación de los aguaceros y las tormentas eléctricas; asimismo, intensifican la presencia de vendavales que derriban las ramas de los árboles, e incluso la totalidad de éstos últimos Jáuregui (2005:1) sugirió que “las islas de calor han

contribuido a incrementar en los últimos años el calentamiento global del planeta”, y sostiene que “un medio para mitigar dicho calentamiento es por medio de la creación de áreas verdes” (Jáuregui:30).

- ✚ En escala global es por demás sabido el efecto que la deforestación genera cuando se liberan gases de efecto invernadero. De hecho, de acuerdo con el informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, se estima que el 17.4% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector forestal proviene de fuentes atropogénicas, y que en su mayoría estas emisiones son consecuencia de la deforestación y degradación de los bosques. De acuerdo con el reporte Stern (2007) citado por la *FAO* (2008), una forma rentable de contribuir con la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero es poner freno a la deforestación
- ✚ Una cuarta externalidad derivada de la deforestación es la pérdida de biodiversidad, que si bien es cierto es difícil cuantificar, vale la pena señalar, con base en el Banco Mundial (2009), que la conservación del 10% de la biomasa original de bosque podría en teoría mantener la mitad de la biodiversidad original, además la fragmentación del bosque reduce las perspectivas de supervivencia de las especies que constituyeron el ecosistema.

Detrás de la pérdida de superficie forestal a nivel general se encuentra el cambio de uso de suelo como factor, ya sea para expandir la frontera agrícola o bien a causa del al crecimiento urbano, esto último debido a que una parte importante del crecimiento de muchas ciudades, como la de México, se da de manera ilegal (la que en muchas ocasiones sucede posteriormente procesos de regularización de la tenencia de la tierra) (Schteingart y Salazar, 2005). Como señala de Delacamara (2006:5), para una mayor eficiencia de las decisiones de política ambiental, “las externalidades ambientales deberán ser valorarse adecuadamente e incorporarlas en el marco de un análisis costo-beneficio de las decisiones públicas o privadas de la sociedad”.

Siguiendo con el autor, estas decisiones se pueden contabilizar como costos de nuestras decisiones (daños en las propiedades inmobiliarias en zonas rurales como resultado de inundaciones por una prevención inadecuada, daños a la salud por el incremento de contaminación, etc.) o, en su caso, como beneficios (recarga de acuíferos, captura de CO², etc.). Para una mayor eficiencia en las decisiones de política ambiental, las externalidades que para nuestro caso de estudio son las derivadas de la deforestación deberán valorarse adecuadamente junto con la cuantificación e identificación de los servicios ambientales forestales.

Es importante resaltar que los bienes y servicios ambientales no se encuentran aislados de las actividades económicas humanas. Por un lado, la naturaleza, el medio ambiente o simplemente el capital natural proveen materias primas para los procesos productivos humanos; por otro lado sirven de sumidero para los desechos, producto de estos procesos productivos. Por ello, es necesario señalar cuáles son los servicios ambientales forestales, mismos que aseguran la preservación de éstos recursos naturales.

1.5.1 Servicios ambientales forestales

En el apartado anterior se describieron las externalidades derivadas de la deforestación; sin embargo, menor importancia han recibido los beneficios ambientales, que para el caso forestal se traducen en bienes y servicios ambientales. Es necesario señalar que “los bosques, por su extensión y carácter maduro, desempeñan funciones ambientales de gran importancia a distintas escalas, desde la local a la global” (Ruiz, García y Sayer, 2007:1).

De acuerdo con la *FAO* (2009), los beneficios que ofrecen los bosques a nivel local, regional y, en determinados casos, mundial derivan de su valor como la conservación de la diversidad biológica, la captación y almacenamiento del carbono para mitigar el cambio climático mundial, la preservación de suelos y aguas y de las actividades recreativas, la mejora de las condiciones de vida en los núcleos urbanos y periurbanos y la protección del patrimonio natural y cultural. Así, por ejemplo, los bosques desempeñan un papel fundamental en el ciclo del agua:

✚ En primer lugar, Rivas y Neri (2009, p.23) sostiene que “la copa de los árboles frena el agua de lluvia en su caída llevándola lentamente hasta el suelo donde la vegetación y las raíces facilitan su infiltración hacia el subsuelo. Ahí, una parte del agua es absorbida por los árboles, lo que ayuda a regular la cantidad de agua que brota en los manantiales, para formar, arroyos, ríos y lagos. La mayor parte del agua captada llega hasta los mantos freáticos y los acuíferos. Un bosque bien conservado impide la erosión del suelo y el posterior azolvamiento de los cuerpos de agua, esto último causante de inundaciones y deslaves”.

✚ En segundo lugar, los árboles de los bosques son fundamentales para regular el ciclo hidrológico, pues favorecen la regularidad de la precipitación de una zona al bombear continuamente agua del suelo hacia la atmósfera por medio de la transpiración de las plantas (Semarnat, 2009).

Cuando llueve, el follaje retiene una cantidad significativa de agua, que al evaporarse también ayuda a conservar la humedad ambiental y favorece que vuelva a precipitarse en forma de lluvia (Semarnat, 2009).

✚ En tercer lugar, en ambientes propiamente urbanos, además de contribuir a la recarga de los acuíferos, la infiltración del agua en el suelo reduce los niveles de escorrentía, con lo que se evitan las inundaciones y los arrastres de basura hacia las partes bajas de las zonas urbanas, almacena agua (a la par que nutrimentos) para la vegetación y evita la sobrecarga del drenaje artificial (Cram, Cotler, Morales, Sommer y Carmona, 2007, p.82).

✚ los árboles favorecen la buena calidad del aire pues retienen en su follaje las partículas suspendidas y así además tienen la capacidad para bloquear y regular la fuerza del viento (que en ocasiones genera tolvaneras que causan daños a la salud humana) (Gobierno del D.F., 2002).

La regulación de la erosión del suelo evita tolvaneras, las cuales aumentan la contaminación del aire y reducen el aporte de materiales (basura, desechos) que impiden el funcionamiento adecuado de drenajes y alcantarillados, incrementando el riesgo de inundaciones en las partes bajas de la ciudad (Cram, et al, 2007, p.82).

El suelo contribuye indirectamente a modular la temperatura y la humedad, lo cual mejora la calidad del aire (evitando polvaredas y/o favoreciendo la producción de oxígeno), factores todos relacionados con la calidad de vida del habitante urbano (Cram et al. 2007:82).

- ✚ Por último, a nivel global es por demás conocido que los árboles contribuyen a la captura de CO². lo que en las últimas décadas ha tomado importancia en el marco del cambio climático, en tanto que en el ámbito local contribuyen a la formación de suelos que evitan las inundaciones. A partir de la celebración de la CNUMAD y con la firma del Protocolo de Kioto CMCC^{9/} en 1997 cada vez se presta más atención a la captura de las emisiones de CO²; de esta forma los bosques en tanto preservación contribuirán a que éstos actúen como sumideros de carbono.

Desafortunadamente, la riqueza forestal de muchos países en el mundo, incluido México, se encuentra en serio riesgo. Más aún, la planeación urbana no ha considerado el mantenimiento de las áreas verdes como fuente de servicios ambientales que permitirían mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Por ello, el reconocimiento de la problemática ambiental en el ámbito urbano tiene que atravesar por un proceso de cuantificación monetaria de los costos ambientales socializados de dichos procesos urbanos. Se deberá entonces que internalizar las externalidades ambientales (contaminación ambiental, deforestación, etc.) derivadas de los procesos urbanos, con el fin de contribuir a un desarrollo urbano sustentable con equidad intergeneracional.

En resumen, a nivel teórico el concepto de sustentabilidad débil es el enfoque pertinente para el caso de las ciudades. De hecho, este concepto se extiende al ámbito urbano, puesto que en este se consideran al mismo tiempo los sistemas, económico, social y físico ambiental que componen la ciudad dentro de sus interacciones dinámicas: externalidades, rendimientos crecientes y sinergias. Junto con la internalización de los costos sociales y la creación de mercados que valoren los beneficios presentes y futuros se debe considerar así mismo el largo plazo, en el sentido de garantizar el disfrute intergeneracional de los servicios de la ciudad, beneficiarse de las ventajas de aglomeración y de los bienes y servicios que proveen los recursos naturales a la misma ciudad y sus habitantes, entre otras cosas.

Más aún, para el alcance de esta conceptualización es más eficiente limitar el análisis al ámbito local conforme a la hipótesis que en escala global también habrá beneficiarse por la de una mejora de las condiciones de vida inferior y, para nuestro caso de estudio, en el ámbito temporal de largo plazo. Para el logro de un desarrollo urbano sustentable consideramos que la propuesta de recuperación y conservación de la Sierra de Guadalupe contribuirá en el mediano y el largo plazos al logro de la sustentabilidad urbana de la ZMVM, o al menos de la Zona Norte, y al incremento del beneficio social de la población de ésta última.

En suma, esta tesis tiene por objetivo general demostrar, mediante la cuantificación económica de los servicios ambientales, que se justifica la conservación y restauración de la superficie forestal de la Sierra de Guadalupe, para redimensionar la importancia de preservar y recuperar los recursos forestales de la ZMVM por los bienes y servicios ambientales que proporcionan para la mejora de la calidad de vida de su población.

Esto sólo se podrá llevar a cabo si se cuantifican los costos económicos y sociales que generan dichos recursos, como por ejemplo en la formación de suelo, lo que evita escurrimientos y, por

^{9/} Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

tanto, inundaciones. El capítulo II tiene por objetivo describir dichos costos asociados a la pérdida de la superficie forestal de la Sierra de Guadalupe (caso de estudio), proporcionando tendencias sobre el comportamiento de estos a mediano y largo plazos.

Todo ello tiene relevancia ya que la Sierra de Guadalupe forma parte del suelo de conservación del Distrito Federal, al ser considerada como Área Natural Protegida y para el Estado de México Parque Estatal por su jurisdicción en cuatro municipios del Estado de México (*Gaceta Oficial*, 2003:35), afectando por tanto a la población que habita al norte del Valle de México. Además, por su importancia geográfica la Sierra de Guadalupe constituye el último reducto de extensión considerable de recursos naturales y áreas cubiertas de vegetación de dicha zona.

Es importante mencionar que no existen estudios para el caso de la Sierra de Guadalupe que cuantifiquen los beneficios que proporcionan los recursos naturales forestales y que puedan servir de base en la elaboración de los programas para la preservación y recuperación de los recursos, así como para disminuir y controlar el crecimiento urbano sobre los mismos.

El estado ecológico actual de la Sierra de Guadalupe constituye un peligro latente, ya que las evidencias han demostrado que el cambio de uso de suelo por la presión humana ha puesto en peligro el entorno ecológico a causa de la deforestación, como lo demuestran los estudios de Cedillo, Rivas y Rodríguez (2007), este hecho nos lleva a pensar que no existen políticas adecuadas encaminadas a la preservación ecológica de los recursos de la ZMVM, lo anterior es evidente al no respetarse de manera formal leyes, decretos y políticas de conservación como lo establece la Ley de Parques Estatales y Municipales (1976) en sus artículos 1, 28 y 29 y la LGEEGPA (1988). Es claro que no se ha establecido una estrategia apropiada para detener el crecimiento de los asentamientos irregulares, y sin una cuantificación adecuada de los beneficios económicos y sociales derivados del mantenimiento de los recursos naturales ello significará un retroceso en el desarrollo sustentable de la ZMVM.

CAPÍTULO II: DEGRADACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES: COSTOS ECONOMICOS ASOCIADOS A LA DEFORESTACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE

La sustentabilidad es un asunto de equidad distributiva como lo señala Camagni (2005), es decir, de cómo compartir la capacidad de bienestar intergeneracional y disminuir las externalidades. Para nuestro caso de estudio, consideramos que la disminución de las externalidades derivadas de la deforestación, contribuirá en el largo plazo a la equidad intergeneracional por el disfrute de los bienes y servicios ambientales y, por tanto, del incremento en el nivel de bienestar de la población en el largo plazo. Para ello es necesario conocer el problema de las externalidades de la deforestación.

Estudios como los de Schteingart (1989), Azuela (1997) y Cruz (1994) incorporan la perspectiva ambiental en un segundo plano. El valor de estos trabajos radica en el análisis del crecimiento de la ciudad y no en los impactos que genera este crecimiento urbano sobre los recursos. La importancia del presente capítulo es analizar cómo dicho crecimiento de la mancha urbana ha propiciado efectos nocivos sobre el entorno natural, que para nuestro caso de estudio es la Sierra de Guadalupe. Estas mismas causas que ponen en peligro dicho recurso repercuten en toda la ciudad y en la calidad de vida de su población, en cuanto a costos económicos y ambientales se refiere, como resultado del deterioro ambiental.

Nuestro objetivo es averiguar los factores que propiciaron la deforestación de la Sierra de Guadalupe y los efectos en el incremento de las inundaciones. Calcular el costo económico para la población y gobiernos locales que tiene la deforestación a mediano y largo plazo por concepto de inundaciones. Este capítulo consta de seis incisos. En el primero se examinan los aspectos generales de la Sierra de Guadalupe. Posteriormente, en el segundo inciso, se analiza la geografía económica y urbana de la Zona Norte del Valle de México para indagar cuáles son los aspectos que han llevado a su elevada concentración poblacional y su relación con el deterioro ambiental de este recurso.

A continuación en el inciso 3, se exploran las características medioambientales del área de estudio, para analizar en el inciso cuatro las etapas históricas de la deforestación de la Sierra, las principales causas que la propiciaron y las consecuencias que esta deforestación conlleva, entendidas estas últimas como externalidades, las cuales se traducen en una vulnerabilidad urbana por la generación de deslaves, escurrimientos e inundaciones, todo ello con costos económicos. El cuarto inciso lo dedicamos a examinar las diversas investigaciones sobre dicha área natural y sus alcances.

Finalmente, en el último inciso se describe un escenario sin proyecto de continuar con la misma dinámica de deforestación y, junto con ello, la presencia de costos económicos. En este último apartado se calculan los costos económicos futuros con la actual tendencia de deforestación en un horizonte de 30 años para la población y los gobiernos locales.

2.1. Aspectos generales de la Sierra de Guadalupe: Zona Norte del Valle de México

En este apartado se describen las características generales de la Sierra de Guadalupe tanto físicas como ambientales. A continuación se describe la geografía económica y urbana de la Zona Norte del Valle de México, la cual contiene a este recurso natural, donde este crecimiento urbano desordenado propició su actual deforestación.

2.1.1. Localización Sierra de Guadalupe

La Sierra de Guadalupe se encuentra en el centro de la Cuenca de México, y se le considera como Área Natural Protegida (ANP), la cual forma parte del Suelo de Conservación (SC) del Distrito Federal; se ubica al norte del Valle de México, en la Delegación Gustavo A. Madero (Corena, 2009) y en el Estado de México se considera Parque Estatal. En esa entidad Estado de México colinda al norte con Tultitlán y Coacalco, al este con Ecatepec y con Tlalnepantla al oeste (*Gaceta Oficial del Estado de México*, 2003).

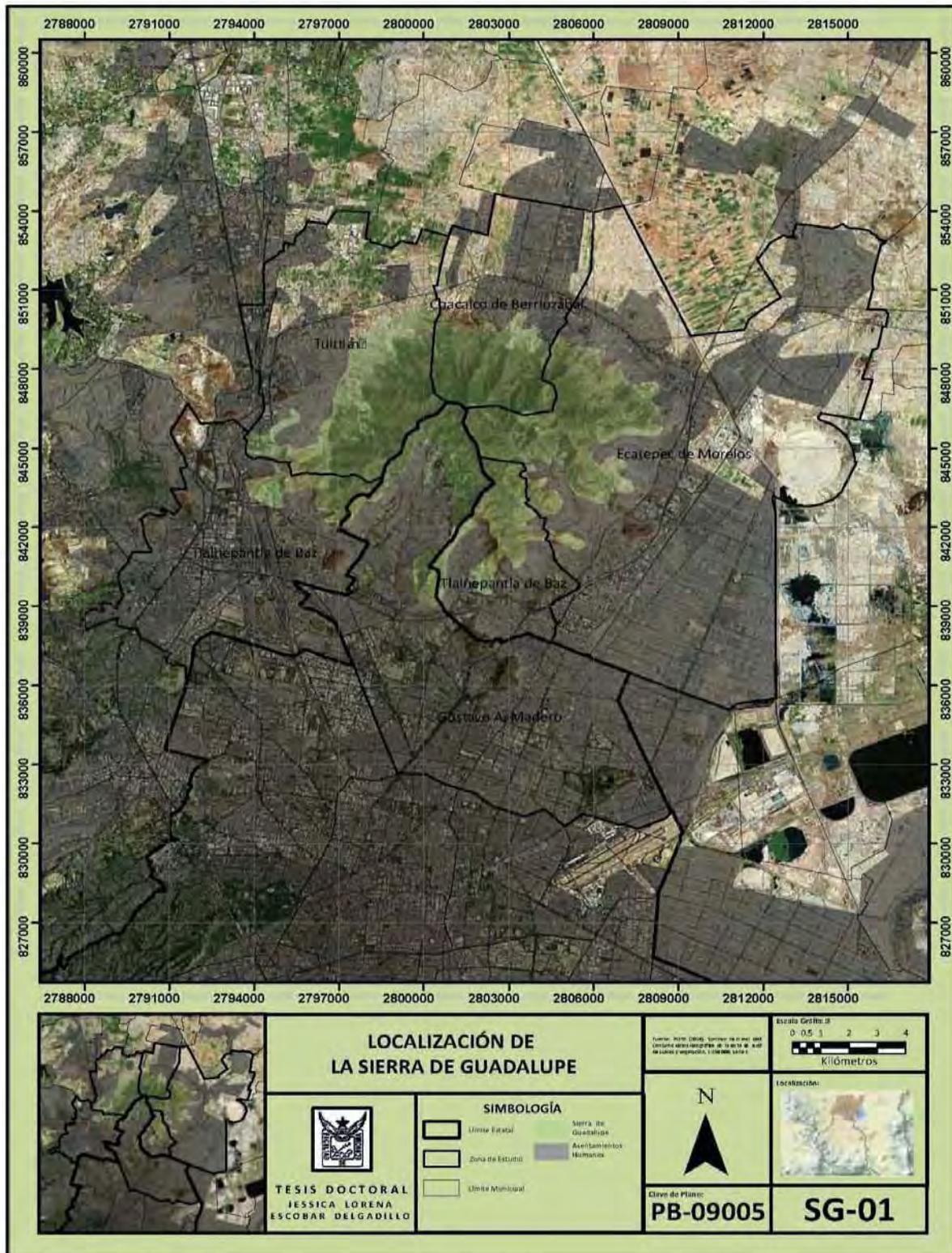
La Sierra constituye el último reducto de extensión considerable de recursos naturales y áreas cubiertas de vegetación al Norte del Valle de México y forma una barrera natural contra la contaminación y la degradación del ambiente, ya que interrumpe áreas con usos urbanos, industriales, explotación de minerales y áreas deforestadas, la cual por sus características morfológicas, geológicas y ecológicas la convierten en una de las más importantes reservas bióticas del Valle de México (Cedillo Rivas y Rodríguez, 2007:2).

Hace 25 años, la Sierra de Guadalupe estaba separada de la Ciudad de México por llanos amplios. Poblaciones como Ecatepec, Ixhuatepec, Zacatenco, Cuauhtepac, Tenayuca, Coacalco y otras, fundadas en la época prehispánica, eran reconocidas en la periferia de lo que fuera la ribera lacustre. Actualmente se pierde en la inmensa mancha urbana que rodea y asciende las laderas montañosas (Lugo y Salinas, 1996: 240), tal como lo ilustra en el mapa 1.

Se le decreta como Zona de Protección Forestal el 31 de mayo de 1923, y como Parque Estatal el 19 de agosto de 1976 (*Gobierno del Estado de México*, 2009). Para 1976 su extensión se consideraba en 6,322.50 ha; localizada en el Estado de México, arriba de la cota 2,350 m.s.n.m., excluyendo las zonas ya pobladas densamente arriba de esa cota (Decreto, 1976). En el Distrito Federal se decreta bajo la categoría de Sujeta a Conservación Ecológica en 1990, con una superficie de 633.38 ha.

La Sierra presenta áreas alteradas por la presencia de usos inconvenientes y que requieren acciones para restablecer en lo posible su situación original ya que existe una gran presión debido al crecimiento desordenado de la mancha urbana, lo que ha provocado una degradación de los recursos suelo, agua, flora y fauna (Cedillo Rivas y Rodríguez, 2007:2)

Mapa 1: Localización de la Sierra de Guadalupe



Fuente: elaboración propia con información de INEGI (2010). Continuo Nacional de Conjunto datos Geográficos de la carta de uso de suelos y vegetación, 1:250 000, serie II

2.1.2. Superficie y características fisiográficas

Superficie

Se amplió por decreto en 1978 en 7326.36 ha ubicadas en los ejidos de San Martín Cuautepec, San Mateo Cuautepec y San Francisco Chilpan en Tultitlán. Este decreto no tuvo aplicabilidad. Actualmente cuenta con una extensión de 5,306.75 has, hacia el Estado de México como se muestra en la tabla 1, y 633.38 has para el D.F. en la delegación Gustavo A. Madero, tabla 2 (SMA, 2009).

Tabla 1. Superficie correspondiente al Estado de México por municipio

Municipio	Superficie correspondiente (ha.)
TOTAL	5,306.75
Ecatepec	1812.76
Coacalco de Berriozábal	1281.57
Tlalnepantla de Baz	1135.64
Tultitlan	1076.78

Fuente: Proyecto de Conservación Ecológica de Conservación Ecológica de la ZMVM (2001). Cinco Parques Estatales del Estado de México. BID, GEM, BANOBRAS. Número de Autorización del Comité Editorial de la Administración Pública Estatal.

Tabla 2. Superficie correspondiente al Distrito Federal

Clasificación	Superficie correspondiente (ha.)
TOTAL	633.38
I. Zona de Uso Público	32.27
II. Zona de Recuperación	506.62
III. Zona de Conservación	94.79

Fuente: Rivas Sepúlveda, M., Rodríguez Casasola, F. (2009). Foro metropolitano. El reto: 1° el agua. Obtenido el día 9 de octubre de 2009 de www.asambleadf.gob.mx

Limites

La Sierra de Guadalupe se localiza al norte de la Ciudad de México, en los límites entre el Distrito Federal y el Estado de México. Geográficamente se ubica entre los 19°37' y 19°29' de latitud norte y a los 99°12' y 99° 02' de longitud oeste. Por su ubicación en el interior de la Cuenca de México, la Sierra de Guadalupe es un centróide que recibe la confluencia de las carreteras que unen a los estados de Querétaro, Hidalgo y Estado de México con el Distrito Federal (Cedillo, Rivas y Rodríguez, 2007).

Hacia el Estado de México, la superficie total que corresponde al Parque Estatal es de 5,306.75 ha de las cuales 1, 174.13 ha comprenden la faja de amortiguamiento cuya función (en teoría) es de amortiguar y controlar los impactos de los usos de suelo de las colindancias y 4, 132.62 ha corresponden al núcleo del parque (Gobierno del Estado de México, 2009). Para el Distrito Federal se cataloga como ANP, localizada en la porción sur y zonas bajas de la Sierra; la integran catorce polígonos que suman una superficie de 633.38 ha (*Gaceta Oficial del D.F.*, 2003).

La Sierra de Guadalupe antiguamente estaba rodeada en su base por el Lago de Texcoco, sepultando el piedemonte, por lo que actualmente sólo pueden observarse las laderas montañosas de la Sierra, la planicie lacustre y sólo en algunas áreas un piedemonte estrecho (Lugo y Salinas, 1996, p. 242). Por sus características geológicas, morfológicas y ecológicas la convierte una de las más importantes reservas bióticas de la ZMVM (Cedillo, *et al.*, 2007:2).

Geología

La Sierra de Guadalupe se une al occidente con la Sierra de las Cruces-Monte Alto, a través de algunas elevaciones. De acuerdo con Cedillo (*et al.*, 2007:3), la Sierra se formó esencialmente por dos tipos de actividad volcánica, uno por los procesos explosivos de gran intensidad los cuales culminaron con procesos extrusivos y por derrames de lava, procesos efusivos escasos de corta extensión.

Los tipos de rocas que constituyen la Sierra son rocas ígneas extrusivas como andesitas con alto contenido de sílice (Proyecto de Conservación Ecológica de la ZMVM, 2001). Lugo y Salinas (1996) reportan 11 tipos de materiales no consolidados de origen lahárico y de flujo piroclástico; cenizas; arenas; pómez; brecha; arena y ceniza; pómez con arena y ceniza; conglomerado y depósitos de ladera.

Geomorfología

El relieve es muy importante en la distribución y formación de los suelos, pues presenta un desnivel general de 300 a 400 metros sobre el nivel de la planicie de la Cuenca. La tabla 2 muestra las principales elevaciones que constituyen la Sierra de Guadalupe, encontrándose la elevación Picacho como la más alta, con una altura de 3, 055 msnm.

Tabla 3. Principales elevaciones

Elevaciones	Altura (m)	Elevaciones	Altura (m)	Elevaciones	Altura (m)
Picacho	3055	Córdoba	2794	Las contreras	2854
Moctezuma	2925	Cola de Caballo	2717	La Cruz	2582
El Fraile	2911	Tlalayotes	2705	El panal	2566
Los Díaz	2832	Cabeza de blanca	2685	Tres Cruces	2561
Xoncuinco	2799	Ehcatl	2597	Cerro Gordo	2430

Fuente: Proyecto de Conservación Ecológica de Conservación Ecológica de la ZMVM (2001). Cinco Parques Estatales del Estado de México. BID, GEM, Banobras. Numero de Autorización del Comité Editorial de la Administración Pública Estatal.

Hidrología

Hidrológicamente la Sierra está dividida en nueve microcuencas tributarias dentro de la Región 26 del Río Pánuco y la Cuenca Río Moctezuma, dentro de la Subcuenca Lago de Texcoco-Laguna de Zumpango. Los arroyos se caracterizan por presentar agua solo en temporadas de lluvias, entre los que destacan, El tesoro, La joya, La huerta, Hondo, La Mariscala, Las Candas, Los Llanetes, Cuamilpa, Tres Barrancas, Majada Grande y la Tabla entre otros (Proyecto de Conservación Ecológica de la ZMVM, 2001). La Sierra de Guadalupe en su fracción correspondiente a la Delegación Gustavo A. Madero, se caracteriza por una red hidrológica de tipo exorreico (zona terrestre con abundante circulación de agua de superficie), con dominancia de corrientes estacionales, sujetas al régimen de la temporada de lluvias (*Gaceta Oficial del D.F.*, 2003).

El polígono de aplicación del Programa Parcial se ubica dentro de la Unidad de Manejo Peña Gorda (C-10), y presenta cuatro arroyos principales denominados Microcuenca del Arroyo: La Armella, El Tejón, El Grande y El Panal, los cuales son alimentados por afluentes de baja consideración. Estos arroyos se fusionan en la zona urbana y forman un sólo cauce denominado Arroyo Peña Gorda y posteriormente Arroyo Xochitlán, para desembocar en el Río San Javier, hasta el Río de los Remedios (Cedillo, Rivas y Rodríguez, 2007).

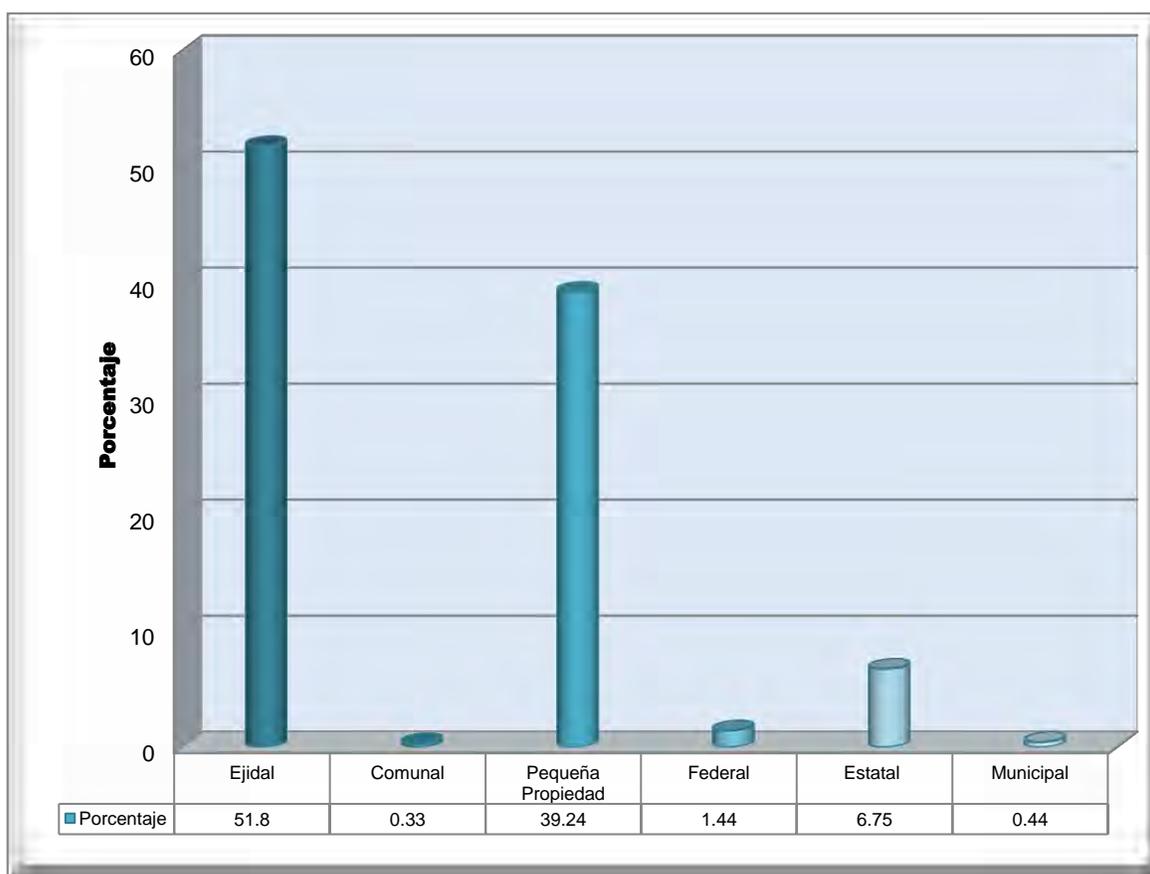
La zona de recarga de acuíferos se localiza primordialmente en la línea del parteaguas que divide la parte de la Sierra de Guadalupe, entre el Distrito Federal y el Estado de México (Cedillo, Rivas y Rodríguez, 2007). Su relevancia hidrológica es alta por la infiltración ya que contribuye a la recarga del manto acuífero; esto es especialmente importante si se considera que la Sierra de Guadalupe es la única zona al Norte de la Ciudad de México que cumple con esta función y que el área colindante al ANP está totalmente urbanizada (*Gaceta Oficial del Estado de México*, 2003).

2.1.3. Tenencia de la tierra

Los tipos de tenencia de la tierra del parque son: ejidal, comunal y propiedad privada. Existen 14 ejidos y un bien comunal, así como 27 propiedades privadas, de las cuales el 51.8% son de tipo ejidal, 39.24% es pequeña propiedad, 6.75% es estatal, 1.44% es federal, .44 y .33% son del tipo municipal y comunal. Lo anterior se muestra en la gráfica 1, de acuerdo con información de Corena.

En cuanto a la tenencia de la tierra y la participación de los propietarios en la preservación y reforestación de la Sierra de Guadalupe, resulta complicado verificar la cooperación que puedan tener en un proyecto de reforestación y preservación, dado que estos propietarios en muchas ocasiones han lotificado sus territorios, con lo que han incrementado la presión sobre la masa forestal y el aumento de los asentamientos irregulares.

Gráfica 1. Tenencia de la tierra



Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría del Medio Ambiente. Gobierno del Estado de México

La variación natural de la Sierra de Guadalupe se caracteriza por tener usos de tierra predominantemente forestal y de afloramientos diversos con alto índice de deforestación y de asentamientos irregulares que propician la erosión, lo cual pone en peligro el equilibrio ecológico de la zona (Martínez *et al.*, 2009).

Tabla 4. Ejidos y comunidades agrarias

Municipio/ Delegación	Ejidos y comunidades agrarias	Superficie total (HA)	Número total de ejidatarios o comuneros
TOTAL	18	7, 066	2, 513
Gustavo A. Madero	1	66	56
Coacalco de Berriozábal	1	185	120
Ecatepec de Morelos	7	3, 174	1, 253
Tlalnepantla de Baz	4	846	464
Tultitlan	5	2, 795	620

Fuente: INEGI (2009). Censos Económicos. Censo ejidal 1991.

La tabla 4 de acuerdo con datos del INEGI (2009), muestra el total de ejidos, superficie y ejidatarios al norte del Valle de México. Cabe señalar que en esta información se contabiliza un total de 18 ejidos; no obstante, en el caso de la Sierra de Guadalupe sólo se consideran 14. Debido a que no se identifican cuáles son los ejidos que se encuentran hacia la Sierra de Guadalupe, se consideran 2, 513 propietarios como dato aproximado.

Si bien casi el 50% del área que comprende la Sierra de Guadalupe se encuentra en la categoría de propiedad ejidal y comunal, 2, 513 propietarios no son representativos frente a 22,428 habitantes (a 2006) que se ven afectados a causa de las inundaciones. Estos propietarios representan el 9% en relación con la población que se ve afectada por inundaciones, cabe mencionar que otros beneficios ambientales como la recarga de acuíferos, benefician a otras poblaciones.

Pese a ello, podemos analizar las decisiones e intereses tanto de los propietarios como de los gobiernos locales sobre conservar o no el medio natural, esto lo analizaremos brevemente con teoría de juegos y el dilema del prisionero. En la vida real existen diversos ejemplos de interacciones naturales y sociales en las que se obtiene la misma matriz de resultados que en el dilema del prisionero. Describiremos a continuación mediante esta matriz sobre las posibles decisiones e intereses que tienen los propietarios de las tierras y los gobiernos locales al conservar o no la Sierra de Guadalupe:

- Se asume que los recursos naturales como la Sierra de Guadalupe es un bien común, ya que se encuentra en categoría de Parque Estatal y Área Natural Protegida,
- En este escenario aplicamos el dilema del prisionero para analizar las posibles decisiones e intereses de los propietarios y de los gobiernos encargados de su resguardo,
- Cada gobierno y los dueños de las tierras tiene dos estrategias: conservar el medio natural de la Sierra de Guadalupe o no hacerlo.
- En primer lugar, podríamos pensar que ninguno de los propietarios y los gobiernos se vea estimulado a conservar el medio natural de la Sierra; en consecuencia, se degradará

el ambiente con deforestación y por tanto su estrategia o decisión será no conservar el medio natural pensando que los demás lo harán.

- En segundo lugar, las decisiones de cada poseedor de la tierra es no cuidar el recurso y lo deforesten, pero el gobierno opte por conservarlo imponiendo límites y sanciones a la ocupación ilegal de la tierra
- En tercer lugar, que el gobierno sea el que no conserve la Sierra de Guadalupe, pero sí los poseedores de la tierra
- Finalmente, todos deciden preservar el suelo natural de la Sierra de Guadalupe y no se degrada el ambiente

Matriz I: Posibilidades de decisión de la Conservación de la Sierra de Guadalupe

	Conservan gobiernos locales	No conserva gobiernos locales
Conservan los propietarios de las tierras	<p>Comparten los costos de la reforestación y conservación de la Sierra de Guadalupe y ambos se benefician.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El Gobierno tiene beneficios económicos al evitar los costos por inundaciones a consecuencia de la deforestación de la Sierra, así como evitar costos por infraestructura para asentamientos irregulares sobre la misma, mayor recarga de acuíferos (que sirve para el suministro de agua de la Ciudad de México), evita deslaves con costos económicos para las poblaciones aledañas a las cuales se les debe resarcir por el perjuicio ✓ Los propietarios se ven beneficiados por el valor de los servicios ambientales que derivan de los bosques por pagos por captura de CO₂ y servicios hidrológicos 	<p>Si el Gobierno decide no conservar el recurso y dejar que se instalen asentamientos humanos sobre el mismo, aunque los poseedores de la tierra decidan conservar el recurso éste se degradará y por tanto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El Gobierno enfrentará un costo creciente y a corto plazo por inundaciones ya que al deforestarse la Sierra se propician mayores escorrentías e inundarán las zonas aledañas a la misma; por tanto, el gobierno tendrá que enfrentar costos por las mismas, al desazolvar y resarcir a la población afectada por los daños causados. Además, al existir asentamientos de forma irregular a corto plazo esto demandarán servicios básicos y el gobierno enfrentará un costo por infraestructura para éstos. ✓ Los propietarios se ven beneficiados por el valor de los servicios ambientales que derivan de los bosques por pagos por captura de CO₂ y servicios hidrológicos
No conserva los propietarios de las tierras	<p>Si los Gobiernos deciden conservar y los propietarios deciden no conservar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El Gobierno podrá imponer sanciones a la ocupación ilegal de la tierra y expropiar la misma con el fin de detener el crecimiento humano y con ello evitar inundaciones; en consecuencia, no asumirá ningún costo por las mismas al conservar el medio natural que permita la infiltración del agua. Además, evitará el crecimiento desmedido y desordenado sobre el medio natural sin ningún costo económico por ello. Obtendrá beneficios económicos por servicios ambientales, al tiempo de dotar a futuro a la población de una mayor disponibilidad de agua, por la recarga de acuíferos. ✓ Los dueños de la tierra pierden paulatinamente sus propiedades ya que los asentamiento humanos los hacen susceptibles de invasiones; así mismo, el Gobierno puede expropiar sus propiedades si deciden no participar juntos 	<p>Si tanto los gobiernos como los propietarios deciden no conservar juntos el suelo forestal de la Sierra enfrentaran diversos costos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El Gobierno enfrentará un costo creciente y a corto plazo por inundaciones ya que al deforestarse la Sierra propiciará mayores escorrentías e inundarán las zonas aledañas a la misma, por tanto, el gobierno tendrá que enfrentar costos por las mismas, al desazolvar y resarcir a la población afectada por los daños causados. Además, al no conservar en el entendido que los gobiernos locales permitan la instalación irregular de asentamientos, éstos a corto plazo demandarán servicios básicos; por tanto, los gobiernos locales enfrentarán un costo importante por dotación de infraestructura para dichos asentamientos, y junto con los consabidos problemas que se derivan de esta problemática. ✓ Los dueños de la tierra pierden paulatinamente sus propiedades ya que los asentamientos humanos los hacen susceptibles de invasiones

Fuente: elaboración propia

Como podemos observar de la tabla las decisiones de los poseedores de las tierras en la Sierra de Guadalupe, así como las de los Gobiernos locales, pueden establecerse en distintos escenarios, siendo el óptimo aquel donde ambos decidan conservar el área forestal de la Sierra de Guadalupe, reeditando beneficios económicos para ambas partes. En cualquier otro escenario indiscutiblemente tanto los poseedores de las tierras como los gobiernos entrarán en conflicto generándose costos para estos dos tomadores de decisiones. Otro punto que es necesario analizar es la geografía económica y urbana de la ZNVM, con el fin de indagar si el crecimiento de la mancha urbana es un detonante de la deforestación.

2.2. Geografía económica y urbana

El incremento de la población y la expansión física de las ciudades impacta directamente en la organización socio espacial de las mismas, y en la generación de los problemas urbano-ambientales. Como señala Schteingart y Salazar (2005) la expansión urbana afecta zonas de cultivo, bosques con grandes áreas de interés ambiental que rodean las ciudades, ya sea por medio del deterioro o de la desaparición de estos usos del suelo fundamentales para el desarrollo urbano, el control de la contaminación y el equilibrio de la ciudad.

En las últimas cuatro décadas del siglo pasado desapareció casi 30% de los bosques naturales y se fragmentaron a niveles críticos las poblaciones de flora y fauna en el Valle de México, además de una reducción importante de los cuerpos de agua superficiales y de la capacidad de recarga de los acuíferos (Schteingart y Salazar, 2005). Mientras la ciudad central pierde población, sobre todo a partir de los años sesentas y setentas, el crecimiento de la periferia se acelera debido a la participación esencial de los municipios conurbados del Estado de México. La expansión de la mancha urbana se acompaña, así mismo, de cambios en los usos de suelo, refiérela que repercute en particular en la disminución de los espacios verdes.

Lo que se analiza en el caso de la Sierra de Guadalupe es parte de un caso general. En las tres grandes ciudades del país con sus zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara y Monterrey la presencia de bosques proporcionaba variados servicios ambientales. Pero, el cambio de uso de suelo acicateado por el crecimiento demográfico ha conllevado a la constante y acelerada deforestación de zonas ecológicas y de reserva. En el Distrito Federal en donde la tasa de ocupación urbana crece a un ritmo de 300 ha por año, a una tasa promedio de 6.1%, los suelos de conservación se han ido perdiendo por los asentamientos irregulares que no son aptos para urbanizarse y constituyen riesgos para sus habitantes. De los 36 poblados rurales ubicados en suelo de conservación con 709 asentamientos humanos registrados que albergan 59, 302 familias, 528 son irregulares, es decir el 74% del total registrados no cumplen con las condiciones necesarias para ser habitables y mucho menos con las normas. Esta situación ha derivado en que al año se calcula una tasa de deforestación de 240 ha y finalmente, la pérdida de bosques es de alrededor de 1,157 hectáreas anuales (Legorreta, 2007). Como resultado se han generado una serie de costos económicos, ambientales y sociales que en esta tesis buscamos destacar.

En las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey el problema tal vez sea menor, debido a la menor concentración poblacional, pero no deja de ser un problema grave. La densidad de áreas verdes por habitantes para la zona metropolitana de Guadalajara es de 2,475.53 personas por km², que significa en promedio 2.47 m² de áreas verdes por persona. Una consecuencia de ello ha sido el aumento de los escurrimientos hasta un 400% por año (Alanís, 2005) y por tanto mayor riesgo de inundaciones. En particular, para la zona metropolitana de Monterrey al año

2000 se estimaba en promedio 3.91m² de áreas verdes por persona con una población de 3,236, 604 habitantes (Alanís, 2005). Actualmente las áreas verdes por persona puede estimarse en base al crecimiento poblacional dando como resultado aproximado, 1.57 m². Es decir, del año 2000 a 2011 se dio un crecimiento negativo de -59.85 m² de áreas verdes por persona, con una tasa de crecimiento de la población para ésta zona metropolitana de 21.44 personas por metro cuadrado. Debemos recordar que los estándares internacionales consideran 9 m² de áreas verdes por habitante, lo cual demuestra lo insustentable que resultan éstas zonas metropolitanas.

2.2.1. Crecimiento urbano y de población de la ZNVM

La demanda de mano de obra para las actividades económicas recientemente establecidas en la Ciudad de México atrajo trabajadores inmigrantes por ello, entre 1940 y 1950 el 70% y 80% del crecimiento en delegaciones como Gustavo A. Madero se debió a la inmigración. A partir de 1940 empezaron a instalarse grandes fábricas en terrenos de la delegación Gustavo A. Madero, en la zona de Vallejo, Bondojito y Aragón. Al ritmo del desarrollo industrial se formaron numerosas colonias de carácter popular (Plan Delegacional de Desarrollo Urbano de Gustavo A. Madero, 2006-2012).

En torno al antiguo poblado de la Villa de Guadalupe se desarrollaron colonias de carácter medio y residencial como son: Lindavista, Zacatenco, Guadalupe Insurgentes y Guadalupe Tepeyac. Para 1950, los incentivos fiscales que se otorgaron en el Estado de México alentaron la expansión de las zonas industriales en torno a las líneas ferroviarias en especial al norte y noreste lo que constituyó el crecimiento de Ecatepec y Tlalnepantla (Ezcurra, 2006). En los años 50's Tlalnepantla y Naucalpan, comenzaron a recibir al sector industrial y con ello una creciente población migrante demandante de empleo y vivienda, que construyó la base del crecimiento urbano. Posteriormente, en 1960 Ecatepec se incorpora como centro industrial y urbano (Lina, 2003).

En la década de los sesenta se construye la Unidad Habitacional San Juan de Aragón en Gustavo A. Madero, a partir de la cual se originan las colonias que conforman la zona oriente de la delegación, la mayor parte de las cuales surgen como asentamientos irregulares. En las últimas décadas la expansión del área urbana en esta misma delegación alcanzó la Sierra de Guadalupe, en la zona de Cuauhtepac, en donde actualmente se detectan los principales problemas de asentamientos irregulares y deficiencias en la dotación de servicios básicos (Plan Delegacional de Desarrollo Urbano de Gustavo A. Madero).

Vale la pena hacer notar que el 50% del territorio de la mencionada delegación actualmente se encuentra constituido por estratos que tienen ingresos familiares bajos e inconstantes. Estas colonias se encuentran localizadas en las faldas de la Sierra de Guadalupe, en las zonas noreste y suroeste de la delegación, pero las más representativas de estos estratos son: Los barrios de Cuauhtepac, Vallejo, Santa Isabel Tola, San Felipe, Gertrudis Sánchez, Campestre Aragón, Casas Alemán, Martín Carrera, Estanzuela, etc. (Plan Delegacional de Desarrollo Urbano de Gustavo A. Madero).

En el caso de Ecatepec, el fenómeno que propició su desarrollo fue el migratorio derivado de la concentración de las actividades económicas en el centro del país. La fuerte demanda de suelo y la cercanía con el Distrito Federal motivaron el desplazamiento de empresas y familias hacia este municipio, generando un crecimiento anárquico entre la oferta y la demanda de los servicios municipales y el equipamiento urbano (Hernández, 2001).

Este crecimiento poblacional de la Zona Norte del Valle de México (ZNVM) en 1960 reflejó el 4% en relación con el crecimiento de la ZMVM, de acuerdo con información del INEGI (2009); posteriormente con la incorporación de municipios como Tultitlan y Coacalco, entre 1970 y 1980, representó el 21 y 25% de la población de la ZMVM. A partir de 1990 el crecimiento poblacional tiende a estabilizarse en 23%, así hasta 2005.

Según datos de Conapo (2009), en 2020 la población de la zona norte representará el 18% en relación con el total de la ZMVM. Esto último debido tal vez a la migración hacia otro territorio, lo cual, a pesar de su relativo descenso, constituirá una concentración significativa de la población en poco espacio. Las mayores tasas de crecimiento poblacional se muestran entre 1970-1980, en Ecatepec, Tlalnepantla, Coacalco, y Tultitlan. Coacalco, en la década de los ochentas multiplica su población por más de seis. Este fenómeno de crecimiento se debe a un factor externo al mismo municipio, se trata de la multiplicación de unidades habitacionales (Lina, 2003).

Aunque las tasas de crecimiento a partir de 1970 comienzan a decrecer, para Gustavo A. Madero y negativas a partir de 1980, de acuerdo con información del XII Censo de Población y Vivienda 2000, después de Iztapalapa, esta es la segunda delegación más poblada del D.F. El crecimiento acelerado condujo a la proliferación de asentamientos ilegales, por lo general mal urbanizados, en la Delegación Gustavo A. Madero así como en Ecatepec, donde la prohibición de realizar nuevos fraccionamientos provocó un aumento en la ocupación ilegal (Ezcurra, 2006).

Los impactos de la presión demográfica se reflejan principalmente en el crecimiento de los asentamientos humanos, la demanda de servicios públicos y, por tanto, en la pérdida de recursos naturales. Para el caso de Ecatepec, se tienen cuantificados al año 2000 un total de 554 asentamientos humanos, de los cuales más de 200 son irregulares (Hernández, 2001).

El poblamiento gradual pero sistemático de la Sierra de Guadalupe hacia Ecatepec se propicia mediante de la venta ilegal de terrenos, práctica que también afectó a Guadalupe Victoria y Ciudad Cuauhtémoc, entre otras. Ejerció además una presión adicional sobre los recursos como el agua, la flora y la fauna dando lugar incluso al abatimiento de tierras destinadas a las actividades agropecuarias para convertirlas en espacios de usos habitacionales, comerciales y de servicios (Hernández, 2001).

El paisaje urbano de la ZNVM en términos generales ha cambiado en forma drástica con un crecimiento poblacional de de 139.87% entre 1970 y 2010, aunque el periodo de mayor auge fue el de 1970-1980, con una tasa de crecimiento del 68% en la ZNVM y una tasa media de crecimiento anual de 2.21%. Como podemos observar, esta región multiplicó en 40 años su población casi en 140%, lo que significó una gran demanda de suelo urbano a costa del área forestal en la Sierra de Guadalupe.

Ese con el crecimiento poblacional ha propiciado la expansión del territorio. Así mientras la superficie de la ZNVM representaba para 1960 el 15% del total de la ZMVM (INEGI, 2009). Para 1970 era del orden del 24%, y para 2005 tenía una extensión de 429 km², lo que significa el 28% de la ZMVM. Ecatepec concentra la mayor superficie al norte del Valle de México, pues para 2005 su extensión se calcula en 158 km²; le sigue Gustavo A. Madero, con 88 km². Aunque Tultitlan, Tlalnepantla y Coacalco han ido creciendo en territorio, Gustavo A. Madero no lo ha hecho desde 1970; sin embargo, muestra una alta concentración poblacional en poco territorio.

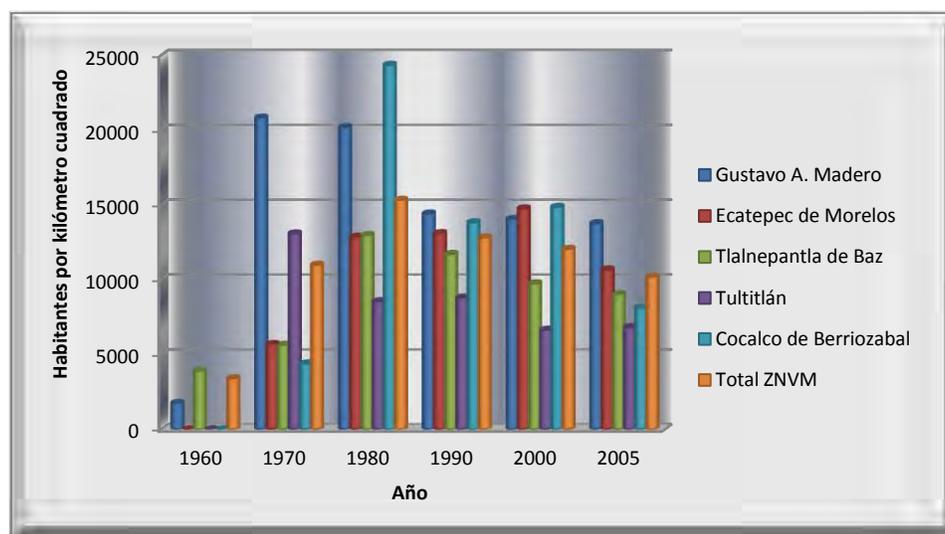
La tasa de crecimiento del territorio en conjunto de la ZNVM en 1970, era del orden de 178%. Para 1980 y 1990 representaba el 29 y 30%, respectivamente; en el año 2000 se registró una tasa de 44%. Aunque al año 2005 no se registra un crecimiento significativo del territorio, que el cual se estima en un orden del 7%, representa una gran concentración poblacional en poco espacio, es decir, al año 2000, se congrega el 23% de la población de la ZNVM en un 28% del territorio de la ZMVM.

La gráfica 2 muestra la densidad de habitantes por kilómetro cuadrado y por municipio. Podemos ver que Ecatepec muestra su más alta densidad de poblamiento hacia el año 2000. Esta misma dinámica siguen Coacalco, Tlalnepantla y Tultitlan tienden a decrecer debido a la incorporación de territorio entre 1990 y 2005. Hacia 2005 la mayor densidad de habitantes se concentra en Gustavo A. Madero, con 13, 764 hab/km²; le sigue Ecatepec, con una densidad de 10, 860 hab/km². En tercer lugar se encuentran Tlalnepantla, Tultitlan y Coacalco con 9, 024; 6, 828; 8, 121 hab/km² respectivamente, lo que en conjunto suma una densidad de 10, 810 hab/km² en la ZNVM.

En suma, la población en términos reales siempre aumenta; sin embargo, creciéndolo hace a tasas menores que en años anteriores, lo que posiblemente se explique por la migración hacia otros lugares. Sin embargo, difícilmente en el tiempo se propiciará un descenso real de la población, aunque la tendencia sea que crezca a menor velocidad.

Lo anterior podría explicarse, tal vez, por la falta de espacio para asentamientos humanos (o bien porque la pirámide poblacional se está invirtiendo), pero lo que es evidente es que el crecimiento urbano ha puesto en peligro el único recurso natural de esta zona, la Sierra de Guadalupe, lo que significará un futuro sin un espacio urbano y un peligro inminente sobre esta área natural.

Gráfica 2. Densidad de habitantes por Km² (1960-2005)



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2009).

En el mediano plazo probablemente se observe un límite al crecimiento por la falta de espacio aunque, con todo la problemática ambiental continuará. Lo que para el futuro interesa es contar con los bienes y servicios ambientales que genera este recurso para sus pobladores e incluso para la sustentabilidad de la misma ciudad.

2.2.2. Dinámica económica de la ZNVM

Para vislumbrar la importancia económica de la zona norte de la ZMVM se analiza el empleo como indicador del desarrollo económico de la región. La tabla 5 muestra el personal ocupado promedio en la zona norte y, como podemos observar, en términos absolutos las tasas de crecimiento anual se muestran positivas, lo que indica la dinámica de la zona. Si bien esa zona disminuye su participación relativa, ello obedece a la incorporación de otros municipios al territorio.

Tabla 5. Personal ocupado remunerado promedio de la zona norte de la ZMVM

Entidad Federativa/Municipio	Personal ocupado promedio remunerado				
	1989	1994	1999	2004	TMCA
Zona metropolitana del Valle de México	2,091,434	2,731,741	9,340,304	3,478,173	18.5
Zona norte de la ZMVM	336,010	442,626	1,126,140	524,549	16
Distrito Federal	1,402,153	1,755,135	6,680,213	2,102,037	14.4
Gustavo A. Madero	115,080	150,929	524,204	154,383	10.3
Estado de México	689,281	976,606	2,660,091	1,376,136	25.9
Coacalco de Berriozábal	4,970	10,675	72,729	20,860	61.3
Ecatepec de Morelos	85,545	114,121	218,649	156,983	22.4
Tlalnepantla de Baz	121,002	145,550	266,296	149,418	7.3
Tultitlan	9,413	21,351	44,262	42,905	65.8
ZNVM	336,010	442,626	1,126,140	524,549	16
ZMVM	3,493,587	4,486,876	16,020,517	5,580,210	16.9
ZN/ZM (%)	9.62	16.00	12.00	15.00	16
Gustavo A. Madero (%)	8.00	9.00	8.00	7.34	-2.8
Municipios Estado de México (%)	32.00	30.00	23.00	27.00	-5.5

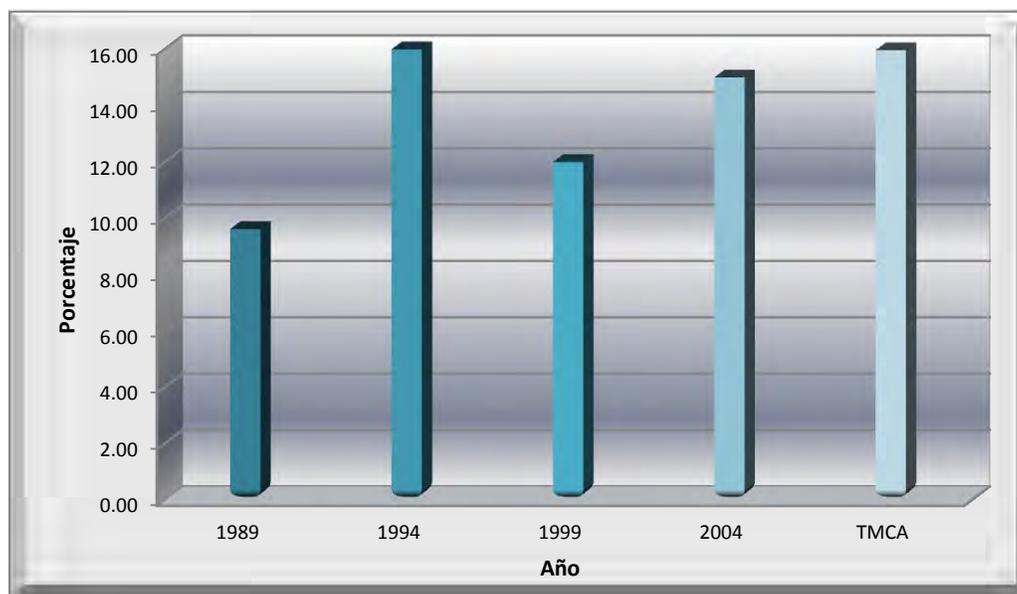
Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2009), Sistema de Cuentas Municipales

1/ Tasa media de crecimiento anual

Son intensas las relaciones económicas y sociales que derivan de la ubicación de Ecatepec, ya que constituye el tránsito de personas y de mercancías a otras entidades, como el distrito federal, Hidalgo y Veracruz. Dispone de una importante infraestructura de comunicaciones y una zona industrial en crecimiento, lo que ha posibilitado el aumento de las transacciones

económicas y la interacción social en el ámbito regional, que tiene efectos colaterales en la degradación del suelo, el aire y el agua (Hernández, 2001).

Gráfica 3. Personal ocupado remunerado en la zona norte de la ZMVM



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI, sistema de cuentas municipales

La importancia económica de la zona norte se muestra en la gráfica 3. Como se observa en conjunto los municipios de Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla de Báez, Tultitlan y Gustavo A. Madero representan un 13.15% de los empleos totales de la ZMVM. Si consideramos que esta última incluye 59 municipios del Estado de México, 16 delegaciones políticas, del distrito federal y un municipio del estado de Hidalgo, lo que en total suman 76 entidades y delegaciones políticas sólo cinco de éstas concentran el 13.15% de los empleos. Lo anterior muestra la importancia económica de la región.

2.3. Medio ambiente de la Sierra de Guadalupe

Los aspectos medioambientales que caracteriza a la Sierra de Guadalupe son de gran relevancia al ser el único recurso natural al norte de la ZMVM. El clima de la región según la clasificación climática de Köppen, es templado subhúmedo con lluvias en verano; la precipitación media anual alcanza los 627 mm. Es importante mencionar que la cercanía a la Ciudad de México, está provocando algunas alteraciones como son: la elevación de las temperaturas medias, por los altos niveles de contaminación (*Gaceta Oficial del D.F.*, 2003).

Los suelos presentes son: Litosol (0.20%), Fluvisol étrico (1.23%), Regosol eutrico (11.94%), y Feozem háplico (86.63%). La temperatura media anual oscila entre los 12 y 16°C., mientras que las temperaturas máximas promedio anuales fluctúan entre los 20 y 26°C., presentado mayor incidencia entre los meses de abril o mayo. Los vientos dominantes provienen del NW y NE, entre septiembre y diciembre y; febrero a marzo con una velocidad máxima de 11 km/hr. (Proyecto de Conservación Ecológica de la ZMVM, 2001).

En época de lluvias, al encontrarse las masas de aire caliente y húmedo del valle con las corrientes frías del norte, se forman nubes sobre la Sierra de Guadalupe, que al condensarse, causan precipitaciones en la Cuenca de México. La Sierra de Guadalupe, juega por este hecho un papel importante en la meteorología de la Ciudad de México (Cedillo, Rivas y Rodríguez, 2007).

Las características propias de las lluvias en cuanto a su volumen precipitado, oscilan entre los 600 y 700 mm anuales. En cuanto a la distribución espacial es ligeramente inferior en la vertiente oriental de la Sierra (600 mm), mientras que en la porción poniente la isoyeta registra un valor de 700 mm. Actualmente la vegetación de la Sierra de Guadalupe está caracterizada principalmente por una comunidad arbórea basada en plantaciones, con eucalipto *Eucalyptus sp*; casuarina, *Casuarina equisetifolia*; cedro blanco *Cupressus lindleyi*; ciprés panteonero *Cupressus sempervirens* y diversas especies de pinos, entre las que se encuentran el *Pinus cembroides*, *P. montezumae*, *P. patula* y *P. radiata* (*Gaceta Oficial del Estado de México*, 2003).

Para la Sierra de Guadalupe existen solo dos registros de anfibios (Maldonado-Koerdell, 1998; Hills y Frost, 1985) y un reptil (Duellman y Zweifel, 1974) por lo que no hay estudios que se hayan enfocado a la determinación de su riqueza de especies y menos a los fenómenos de deterioro (Méndez *et al.*, 1992). De acuerdo con la Gaceta Oficial del D.F (2003), la flora la representan 319 especies de plantas, que se agrupan en 67 familias.

La familia mejor representada es *Compositae*, con 72 especies; la sigue *Leguminosae* con 24; y, *Gramineae* con 21 especies. De acuerdo a la NOM-059- SEMARNAT-2001, el cedro blanco (*Cupressus lusitanica*) se encuentra bajo la Categoría de Sujeta a Protección Especial. La Sierra de Guadalupe registra 135 especies de vertebrados, distribuidas en 8 de anfibios, 20 de reptiles, 80 de aves y 27 de mamíferos. De estos registros, 18 especies están listadas bajo alguna categoría de protección, de acuerdo con la NOM señalada; 11 están Sujetas a Protección Especial, 6 Amenazadas y una en Peligro de Extinción, 8 de ellas reportadas como endémicas.

Adicionalmente al valor biológico de la Sierra de Guadalupe, ésta representa un paisaje natural imprescindible que contrasta con uno altamente urbano e industrial, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la población por el paisaje que genera y su probable potencial de captura de CO². Entre los paisajes más importantes destacan: La Virgen, La Cabaña, Las Venitas, San Andrés de la Cañada, La Presa y Puerto Virgen.

Como señala Novelo (2010) uno de los principales problemas que vulneran al planeta es la deforestación, la cual crea las condiciones propicias para las grandes sequías en algunas zonas, e inundaciones, en otras. “Desaparecer grandes extensiones forestales provoca que las raíces no absorban humedad y que no haya filtración de agua, lo que deriva en que esas zonas sean más susceptibles a inundaciones” (Boletín UNAM-DGCS-248, 2010). Este fenómeno ocurre en las localidades cercanas a la Sierra de Guadalupe, por la deforestación que con el tiempo se ha realizado; por ello, en el siguiente punto revisaremos las distintas etapas de transformación negativa de su entorno natural, al tiempo que se analizarán las causas que la propiciaron.

2.4. Estado del arte en torno al análisis de la deforestación en la Sierra de Guadalupe

Son pocos los trabajos que analizan la zona conocida como Sierra de Guadalupe, ubicada al norte del valle de México. En su mayoría son estudios de suelos, de las afectaciones las en laderas de la misma Sierra por los procesos de urbanización y también sobre los riesgos por remoción en masa. En general, estas investigaciones sobre la Sierra de Guadalupe se limitan a la

geología y a la geomorfología de los procesos destructivos en la misma por el crecimiento urbano.

Entre los estudios que investigan a la Sierra, encontramos el denominado “Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la Ciudad de México) y su relación con peligros naturales” de Lugo y Salinas (1996), el cual indaga sobre los procesos geológicos que dieron origen a la Sierra desde tiempos prehistóricos. El objetivo principal de este estudio es analizar el relieve con enfoque morfogénico y morfotectónico, aplicado a los peligros naturales que amenazan a algunos asentamientos humanos debido al excesivo crecimiento de la población.

Siguiendo con la misma investigación, ésta demuestra que entre los años sesenta y setenta el crecimiento irregular y desordenado de los asentamientos humanos contribuyó a la deforestación de la Sierra de Guadalupe y al mismo tiempo, se verifica que en efecto es una de las causas de la misma. Entre las consecuencias se destaca el incremento de las inundaciones y los deslaves, Así dicho estudio muestra que hay una relación entre la deforestación de la Sierra de Guadalupe y el crecimiento irregular de los asentamientos humanos y sus efectos negativos sobre ellos.

Más tarde Vela y otros (1999) realizan el estudio llamado “Propiedades edáficas y calidad de sitio de áreas reforestadas en la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal”. En este al igual que el anterior se analiza la calidad de los suelos de la Sierra en su proporción en el Distrito Federal (debemos recordar que la otra parte de ella se encuentra en el Estado de México). Sin embargo, la mayoría de los estudios investigan en la zona del distrito federal, mientras que la correspondiente al Estado de México se ha investigado poco.. Siguiendo con el mismo estudio, sólo se analiza la edafología de la Sierra y la calidad de los suelos, así como la biodiversidad de la misma.

Otro estudio, como el denominado “Geología y procesos de remoción en masa asociados a un domo volcánico tipo coulé: cerro El Tenayo, Tlalnepantla, Estado de México” de Valerio, García, López y Galván (2007), investiga sobre la geología de la Sierra de Guadalupe, los procesos que llevan a la remoción en masa de la elevación conocida como el Tenayo por efectos de la urbanización y sus peligros derivados de este problema. Los autores concluyen que la remoción en masa se realiza a efecto de urbanizar; encontrando de nueva cuenta una estrecha relación entre la deforestación y la urbanización en dicha área natural. Hallando también la incidencia de serios peligros derivados de la urbanización sobre la Sierra.

En la investigación llamada “Impacto del crecimiento urbano en la generación de procesos de remoción en masa de la Sierra de Guadalupe, Estado de México” llevada a cabo por López, Palomo, Galván y Valerio (2007), se realiza mediante un modelamiento en SIG el mapa de peligros geológicos en la Sierra de Guadalupe, con el objetivo de conocer espacialmente la distribución de los mismos.

Este estudio confirma que debido al intenso crecimiento urbano desarrollado a partir de la década de 1960 en la Sierra de Guadalupe, se tiene como resultado que gran parte de las viviendas fueron construidas en zonas de laderas potencialmente inestables que representan serios peligros geológicos por deslizamiento y caída de bloques de roca. Es importante mencionar que los dos últimos estudios citados analizan la proporción de la Sierra de Guadalupe correspondiente al Estado de México, pero nuevamente son estudios geológicos de la misma.

El estudio denominado “Área Natural Protegida Sujeta a conservación Ecológica Sierra de Guadalupe” de Cedillo, Rivas y Rodríguez (2007), muestra que la deforestación y la erosión del suelo han sido las causas del gran deterioro que presenta la Sierra en general, presentando vegetación inducida y perturbada. Así mismo, los autores señalan que los riesgos geológicos se agregan a esta complejidad, propiciando los derrumbes y deslaves hacia las zonas urbanizadas, aunado a las inundaciones que se producen por dicha deforestación. Al igual que las fuentes antes citadas, ésta investigación muestra que la principal causa de la deforestación de la Sierra es debida al crecimiento explosivo de la urbanización irregular sobre la misma. Además de ser también un estudio de riesgos del área estudiada.

Finalmente, encontramos el “Estudio de la ladera occidental del Cerro del Chiquihuite, Ciudad de México, mediante SIG y GPS” de Martínez, Cabral, Correa y otros (2009). Una vez más en éste estudio se analiza la geología de la Sierra de forma topográfica para investigar sobre los peligros de la ocupación irregular por los asentamientos humanos de la elevación llamada Cerro del Chiquihuite, perteneciente a la pequeña cordillera de la Sierra de Guadalupe. Dicho estudio basa su análisis en el desarrollo de una red geodésica conformada por 12 sitios y una estación de referencia, monitoreada entre 2000 y 2006. Sus resultados provienen de una red de estaciones GPS conformada en el Cerro del Chiquihuite.

Los autores demuestran que el crecimiento anárquico de los asentamientos humanos condiciona la ocupación de zonas de gran riesgo, con efectos negativos tanto para la misma elevación como para las poblaciones asentadas en las zonas colindantes. Los autores demuestran con estudios topográficos que en épocas de lluvias las fuertes precipitaciones originan eventos de gran impacto, como deslaves, caída de rocas e inundaciones de grandes dimensiones por las fuertes escorrentías. Demuestran también que a pesar de ser una zona no apta para urbanizar debido a las fuertes pendientes, ello no ha impedido que la elevación casi esté cubierta en su totalidad. Sin embargo, ésta misma dinámica condiciona los grandes riesgos latentes en los que se encuentran los pobladores.

Si bien existen otros estudios como los de Ordoñez (1895), Lozano y Barraza (1965), Mooser (1956a, 1956b, 1961, 1975), Cserna y otros (1988), Vázquez y Jaimes (1989), por mencionar algunos, se consideran estudios que analizan la geología de toda la Cuenca de México. Las referencias encontradas sobre investigación de la zona conocida como Sierra de Guadalupe exclusivamente son pocas y son las ya citadas.

Es importante hacer mención que estos últimos son estudios relacionados con la geomorfología, geología y edafología de la misma Sierra de Guadalupe. En todas estas investigaciones, se encontró que hay una relación directa entre el crecimiento urbano irregular y la deforestación de la Sierra. Al mismo tiempo, se demuestra que hay serios riesgos como producto de esta deforestación, entre los que destacan las inundaciones, los deslaves y la pérdida de biodiversidad.

A diferencia de las investigaciones señaladas, la presente tesis si bien basa su análisis en el hecho de que la causa de la deforestación en Sierra de Guadalupe a través del tiempo se debe al enorme crecimiento irregular de los asentamiento humanos, y que al mismo tiempo ésta pérdida del área forestal natural de la Sierra condiciona la existencia de diversos efectos negativos, como son las inundaciones, los deslaves y la pérdida de agua para la recarga de acuíferos pero también es una barrera contra la contaminación ambiental, mostraremos en el capítulo 4, mediante la

metodología del índice de sesgo propuesto por Asuad (2001), que efectivamente hay un cambio de usos de suelo.

Es decir, del periodo analizado, de 1970-2009, el índice de sesgo aplicado al caso de la Sierra de Guadalupe, demuestra que en ese periodo ésta ha sido deforestada. Pero más aún, aplicando de nuevo éste mismo índice de sesgo, mostramos con datos del INEGI (2010) que dicho cambio de uso, de suelo traducido en deforestación, es propiciado por el cambio de uso de suelo de forestal a urbano, lo que indica, que el suelo urbano en el periodo seleccionado ha desplazado al suelo natural forestal de la Sierra de Guadalupe.

En segundo lugar, esta investigación, a diferencia de todos los estudios realizados para analizar el caso de la Sierra de Guadalupe, demuestra que no solamente existen diversos peligros debido a los procesos de urbanización y cambio de uso de suelo. Mostraremos que los efectos producto de dicha deforestación conllevan costos no sólo ambientales, sino también económicos sociales.

En tercer lugar, con base en la metodología de la ASF (2010), revelamos, mediante de la evaluación de desempeño de las políticas ambientales y urbanas, que éstas no han cumplido con sus objetivos de política de conservación y protección de los recursos naturales. Todo ello se demuestra con la deforestación de la ANP y parque estatal Sierra de Guadalupe.

Finalmente, la presente tesis muestra relevancia toda vez que realizaremos el cálculo de los costos que tiene ésta deforestación, como el caso del costo que tienen las inundaciones para la sociedad en general, así como para los gobiernos locales. Pero más aún, muestra gran importancia al revelar que al proponer un escenario de reforestación y de conservación de dicha el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen por su deforestación.

Esto último lo demostramos mediante la utilización de la Metodológica de Preparación y Presentación de Estudios de Proyectos de Inversión Pública (2006), propuesto por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) y BANOBRAS. Por último se expone un caso en el que la sustentabilidad urbana ambiental es necesaria para la estabilidad de toda ciudad, entendida esta como la preservación y recuperación de los recursos naturales de la misma;. Si bien en toda ciudad existe cierto grado de degradación, ésta no deberá sobrepasar los umbrales que impidan su estabilidad.

También es importante mostrar un caso en el que los procesos de urbanización afectan negativamente sobre los recursos ambientales, pero no solamente a estos últimos, sino también que la degradación ambiental genera externalidades negativas con costos ambientales y económicos para los pobladores de las ciudades, resulta importante. Por ello, de lo que se trata es de internalizar dichas externalidades mediante nuevos esquemas que contribuyan a la búsqueda de una sustentabilidad urbana (como el caso que proponemos con la reforestación y preservación de la Sierra de Guadalupe), sin perturbar los procesos dinámicos de crecimiento de las ciudades pero también evitando el detrimento de los recursos naturales imprescindibles para la sustentabilidad de toda Ciudad.

2.5. La deforestación en la Sierra de Guadalupe y diferencias con la situación de los años setentas

El crecimiento de la mancha urbana conlleva cambios en el uso de suelo, en cuanto a disminución de espacios verdes se refiere. Como hemos visto la rápida urbanización en el área de estudio, junto con el cambio de uso de suelo para la expansión de asentamientos humanos, han puesto en constante peligro los bienes y servicios ambientales que provee la Sierra de Guadalupe.

La regularización de la tierra en muchas ocasiones para construcciones de uso habitacional, o la regularización de asentamientos ilegales, ponen de manifiesto que las normas que se crearon para su conservación no fueron aplicadas. Por ello, es necesario analizar la transformación ambiental que ha llevado la Sierra de Guadalupe a través del tiempo hasta el estado actual en el que se encuentra.

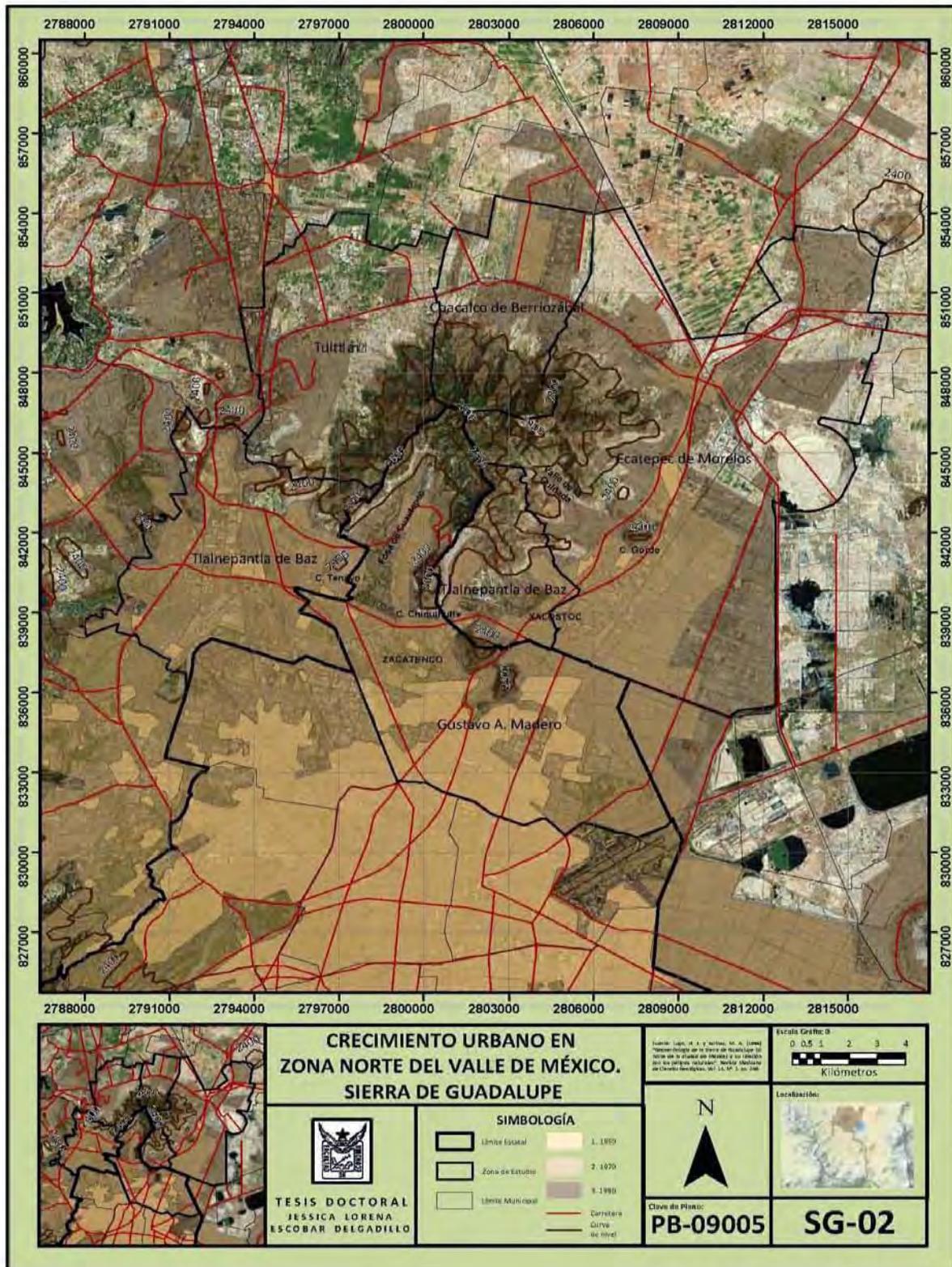
2.5.1. Etapas históricas de la deforestación

Históricamente, desde la época prehispánica, el hombre ha influido en el cambio ambiental de la Sierra de Guadalupe. A la caída de Tenochtitlan en 1521, con la incursión de los españoles en el Valle de México, comenzó la desecación del Lago de Texcoco, para evitar a las continuas inundaciones. Los españoles con técnicas e instrumentos prehispánicos realizaron obras que tuvieron como resultado el drenado hacia el norte, tanto de aguas negras como pluvial y de los manantiales del lugar con la desecación de esa parte del Lago de Texcoco, lo que favoreció con ello los asentamientos y el crecimiento de la población. Lo que hace pensar, que este hecho favoreció en sus inicios, la deforestación de la Sierra de Guadalupe (Instituto de investigaciones jurídicas, 2009).

Se reconocen dos etapas de fundamental importancia que llevaron a la deforestación de esta área natural. Los arqueólogos consideran que la deforestación se remonta a la época prehispánica intensificándose hacia el siglo II A.C. Esta deforestación trajo consigo la erosión del suelo, la formación de barrancas y el incremento general de la erosión pluvial. Esta es considerada como la primera etapa de transformación del relieve por la actividad humana (Lugo y Salinas, 1996), como se muestra en el mapa 2. Una segunda etapa tiene lugar a partir de 1970, llevando a la transformación gradual del entorno natural de la Sierra de Guadalupe, lo cual repercute en el estado ambiental hasta nuestros días y con efectos negativos para las poblaciones cercanas al área de estudio.

Hace más de 25 años la Sierra de Guadalupe se encontraba separada de la Ciudad de México por amplios llanos. Poblaciones pequeñas como Ecatepec, Ixtahuatpec, Zacatenco, Cuautepec, Tenayuca, Coacalco y otras fundadas en la época prehispánica eran reconocidas como la periferia de lo que fue la ribera lacustre (Lugo y Salinas, 1996). Actualmente, la Sierra de Guadalupe se pierde en la inmensa mancha urbana que rodea y asciende las laderas montañosas.

Mapa 2: Crecimiento urbano en la Zona Norte del Valle de México: Sierra de Guadalupe



Fuente: elaboración propia basado en información de Lugo, H. J. y Salinas, M. A. (1996) "Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la ciudad de México) y su relación con los peligros naturales". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 13, núm. 2, pp. 240-251.

La segunda etapa de transformación del ambiente natural de la Sierra de Guadalupe, tiene lugar durante la década de los años setentas. Hasta la mitad del siglo XX sólo había pequeños poblados y para la siguiente década, los asentamientos irregulares avanzaron por la periferia y el piedemonte meridionales. Este crecimiento se aceleró en los años setenta y en 1990 había sido urbanizado casi todo el piedemonte y parte de las laderas de los cerros como se muestra en el mapa 2 (Lugo y Salinas, 1996). Para 1990, se consideraba que 800 ha estaban ocupadas por asentamientos humanos establecidos, sea que contaran o no con servicios básicos urbanos.

De acuerdo con Salinas y Lugo (1996), dos obras son importantes para explicar el estado actual de la Sierra; la primera es el acueducto de 10 km de longitud en la periferia meridional construido entre 1743 y 1751. Llevaba agua del río Tlalnepantla a Villa de Guadalupe y del que actualmente sólo se consideran algunos tramos. La otra es una barda de contención para el crecimiento urbano. Sin embargo, la evidencia física muestra que no ha servido en su totalidad ya que los asentamientos irregulares han sobrepasado este límite.

El mapa 2 de desarrollo urbano muestra que la segunda etapa de expansión urbana cubrió la planicie contigua de la Sierra y parte del piedemonte. Se reconoce una tercera etapa de crecimiento explosivo que produjo la ocupación por todo el piedemonte y laderas del cerro. Cabe mencionar que uno de los crecimientos más intensos surge del Distrito Federal hacia el norte avanzando por la fosa Cuauhtepac y hacia el valle de la Guiñada (Salinas y Lugo, 1996).

Estas dos depresiones urbanizadas y sus desembocaduras son peligrosas porque se trata de cuencas fluviales amplias donde la concentración de agua es mayor (Salinas y Lugo, 1996). Es importante mencionar que la fosa Cuauhtepac es una depresión con gran concentración humana (García, et al, 2006).

Lo anterior muestra que la presión del crecimiento de la mancha urbana tanto del lado de Gustavo A. Madero como de Ecatepec, Coacalco, Tultitlan y Tlalnepantla, conduce, a la deforestación del único recurso natural al norte del valle de México y con ello, a una serie de externalidades que afectan el bienestar de la población de esta área; por tanto, analizaremos las principales causas que han llevado a la deforestación.

2.5.2. Causas de la deforestación y degradación de la Sierra de Guadalupe

Las etapas de transformación de la Sierra de Guadalupe antes descritas demuestran que la alteración de su entorno natural fue propiciada por el intenso crecimiento urbano. Por ello, indagaremos las causas que han llevado a esa modificación y que en la actualidad ponen en peligro la estabilidad de este recurso natural.

- (1) En primera instancia, los asentamientos regulares e irregulares hacen que la sierra pierda cada año cerca de 20 a 30 hectáreas debido al gran auge de los fraccionamientos y la expansión sin control de la zona metropolitana. Este hecho, del avance de la mancha de asfalto a costa de las zonas arboladas de reserva, se acentúa cada vez más en el municipio de Ecatepec de Morelos (*La Jornada*, 2005).

Es de importancia indicar que estudios como los de Schteingart y Salazar (2005) ponen de manifiesto que el crecimiento de los asentamientos humanos se caracteriza,

básicamente, porque el acceso al suelo se produce de manera ilegal debido a la venta, también, ilegal por parte de los propios propietarios ejidales o comunales. Este mismo comportamiento se hace presente en el área de estudio, ya que son muchas las referencias de venta ilegal para asentamientos regulares e irregulares por parte de los mismos dueños de las tierras (Grupo Ambientalista Sierra de Guadalupe, A.C., 2005).

Con el propósito de contener el crecimiento de los asentamientos humanos se construyó en 1999 una barda de contención muy costosa. Esta construcción es una demostración del crecimiento continuo de las invasiones de terreno al no respetarse la barda en algunos suburbios de la ciudad.

- (2) En segundo lugar, otro factor que incide en la desaparición de la masa forestal son los incendios, que anualmente destruyen 100 hectáreas. Sin embargo, en los últimos años estos casi se han triplicado (Corena, 2007), pues en su inmensa mayoría se trata de incendios “provocados” (para la expansión urbana o agrícola) que se propagan debido a la orientación del viento o bien al tránsito continuo de habitantes del Estado de México al Distrito Federal o viceversa.
- (3) Un tercer factor que incide en la degradación del ambiente natural de la Sierra de Guadalupe son los desechos derivados de los municipios de Tultitlan, Coacalco y Tlalnepantla los cuales han utilizado a la Sierra como depósito. Por ejemplo, desde 1990 se encontraban vigentes los tiraderos de Tultitlan y Coacalco (este último fue clausurado en 2003), localizados en tierras ejidales dentro del parque. Es de importancia señalar que este hecho pone de manifiesto que los propietarios de las tierras otorgan las mismas para su degradación.
- (4) Otro factor que contribuye a la deforestación ha sido la influencia del hombre como modificador del relieve terrestre que da como resultado cortes en las laderas, hechos con el propósito de urbanizar y extraer material. Lo anterior genera inestabilidad en los taludes. La acción antrópica crea vibraciones, sobrecarga al terreno y filtraciones en fracturas, lo que tiende a inestabilizar los macizos rocosos que conforman la Sierra de Guadalupe (García, López y Galván, 2008).
- (5) Finalmente, aunque de forma indirecta, la siembra de bosques de eucalipto que se realizó como parte de las primeras acciones de reforestación, perturbó el ambiente natural de esta zona, lo que conllevó a su degradación, debido a los múltiples inconvenientes de este árbol (Salinas y Lugo, 1996).^{10/}

En suma, con base en el análisis anterior, podemos señalar que la principal causa que ha propiciado la deforestación de la Sierra de Guadalupe son los diversos procesos que conlleva la expansión urbana y junto con ello, una serie de efectos resultantes de dicho crecimiento y que inciden en su degradación misma. A continuación analizaremos las consecuencias de esta deforestación, las cuales tienen recursiones sociales, económicas y ambientales.

^{10/} El impacto de su presencia fue inmediato ya que crece muy rápido. Una de sus consecuencias es la baja sobrevivencia. Al igual que en Sierra Santa Catarina, no se consideró los impactos que provoca esta especie en el desplazamiento de los estratos herbáceos y arbustivos nativos, en la erosión del suelo, en la pérdida de las características naturales y su influencia para la fauna silvestre (*Gaceta Oficial de la Federación*, 2005). Además trae problemas de plagas y acidificación de los suelos.

2.5.3. Consecuencias de la deforestación

Derivado de la deforestación y degradación de la Sierra de Guadalupe, así como de las causas que la propician, se desprenden varios efectos que repercuten tanto en el bienestar de la población aledaña a dicha área natural, como en la pérdida de los bienes y servicios ambientales que provee:

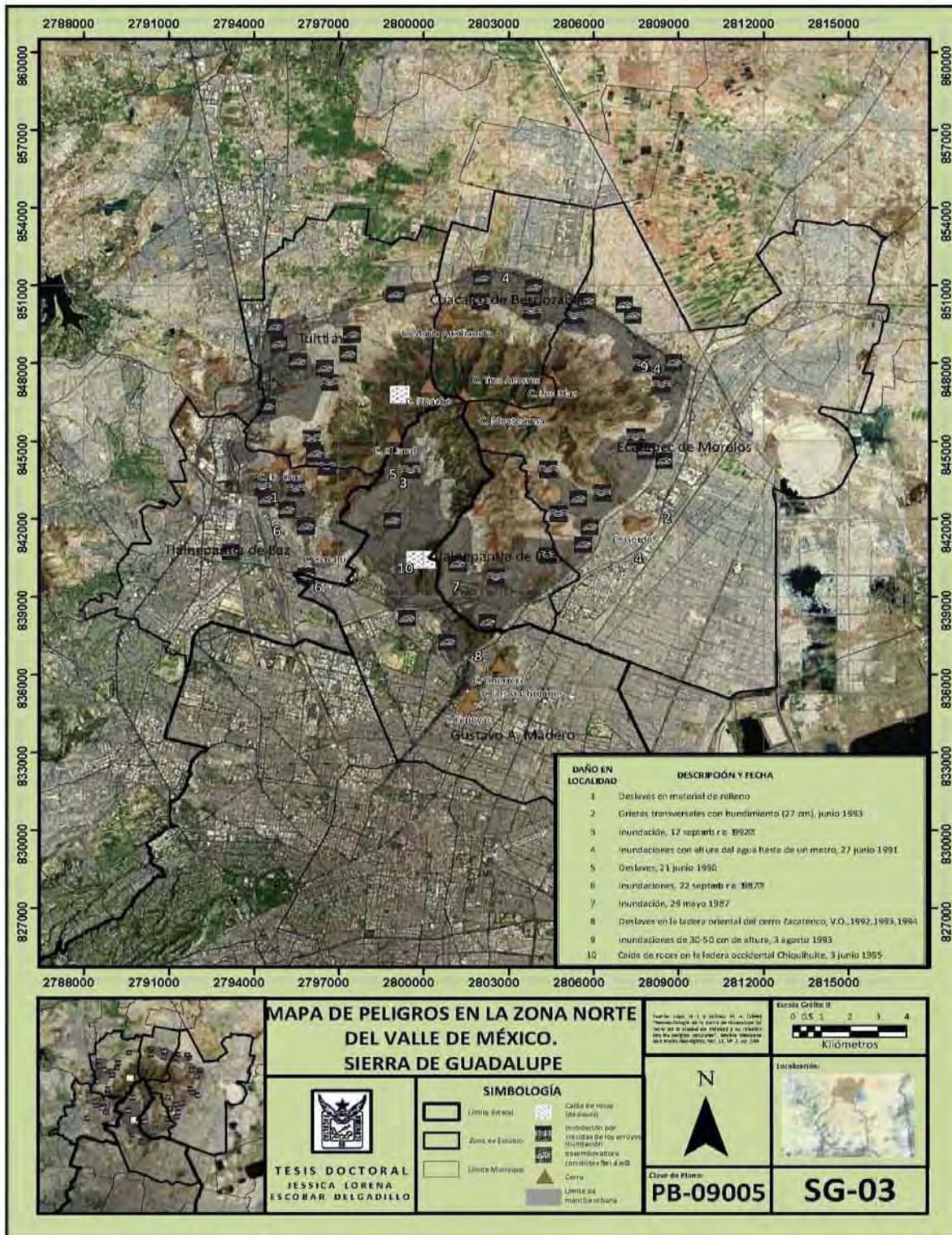
- (1) En primer lugar, si bien las inundaciones y la caída de rocas que sucedían antes del explosivo crecimiento urbano al norte del valle de México, procesos naturales que no representaban un riesgo para la población, hoy en día tanto las inundaciones como los deslaves afectan con frecuencia a casas habitación (Salinas y Lugo, 1996)

Este hecho se manifiesta en la actualidad debido al crecimiento de los asentamientos instalados en zonas peligrosas, como en lechos y desembocaduras de arroyos, laderas inestables de barrancas y pie y borde de escarpes activos; además la urbanización incrementa las posibilidades de inundación al evitar el desagüe natural y reducir la infiltración y canalizar los escurrimientos (Salinas y Lugo, 1996).

En el caso de las inundaciones, Salinas y Lugo (1996) las clasifican en cuatro tipos:

- a.- Las que se presentan en los cauces de arroyos durante lluvias fuertes o prolongadas, peligro muy obvio ya que muchas veces se ignora, porque la mayor parte del año los arroyos permanecen secos y son hechas construcciones en ellos, con obras rudimentarias de protección.
- b.- Las que están presentes en los márgenes de los cauces fluviales, en las llanuras de inundaciones o laderas inferiores de barrancos. Las crecidas anuales son homogéneas, pero deben ser consideradas las extraordinarias que ocurren una vez en 10, 20 o 30 años, mismas que afectan una superficie más amplia o invasión por el agua, problemas que presentan en el pie de monte, donde los barrancos ensanchan su lecho, como lo muestra el mapa 3 de peligros en la ZNVM.
- c.- Por desembocadura de corrientes fluviales, un proceso peligroso ya que se trata de la zona donde puede formarse una corriente de lodo, lo que con mayor probabilidad ocurre en los cauces de orden mayor, como la fosa de Cuauhtepic y los arroyos La Guiñada y Los Chuiqueros.
- d.- Finalmente, están las inundaciones que ocurren en la planicie lacustre urbanizada, donde el agua al estancarse alcanza incluso más de 50 cm. Las cuales penetran a las casas. Habría que incluir que en fechas últimas de acuerdo con datos periodísticos señalan inundaciones de más de 50 cm.

Mapa 3: Mapa de peligros en Zona Norte del Valle de México: Sierra de Guadalupe



Fuente: elaboración propia basdo en información de Lugo, H. J. y Salinas, M. A. (1996) "Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la ciudad de México) y su relación con los peligros naturales", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 13, núm 2, pp. 240-251.

Los problemas de deslaves e inundaciones en la Sierra de Guadalupe, como muestra el mapa 3 de riesgos, han causado daños con mayor frecuencia desde hace más de 20 años y es muy difícil que se reduzcan en un corto plazo, debido a que los asentamientos humanos siguen avanzando sobre las superficies despobladas de la Sierra, a pesar de los intentos de las autoridades del Distrito Federal y el Estado de México por contenerlos, como la barda de contención.

La evidencia histórica indica que año con año se generan inundaciones en diversos puntos cercanos al área deforestada. De acuerdo con datos del *Atlas de inundaciones del Estado de México* (2009), el municipio con mayor afectación a causa de inundaciones, es Ecatepec registrando un promedio anual de 8, 449 habitantes afectados hacia el Estado de México.

Tabla 6. Población afectada por inundaciones y deslaves de tierra (2002-2007)

Año	Coacalco ^{1/}	Ecatepec	Tlalnepantla	Tultitlan	Total
2002	0	11,175	5,630	0	16,805
2003	8,320	4,190	71	2,562	15,143
2004	4,500	3,530	30	310	8,370
2005	1,525	12,530	250	4,280	18,585
2006	670	12,602	1,161	7,995	22,428
2007	0	6,665	4,588	3,106	14,359
Promedio anual	3,754	8,449	1,955	3,651	15,948

Fuente: elaboración propia con datos del Atlas de inundaciones del Estado de México 2009.

^{1/} En el caso de Coacalco no se cuenta con el número de población afectada en 2002, 2007 y 2008. El mismo caso es el de Tultitlan en 2002 y 2008. Por tal razón se estima hacia 2007.

Después de Ecatepec se encuentra el caso de Coacalco, que registra un promedio anual de 3, 754 habitantes afectados como consecuencia de las inundaciones. En promedio, en estos cuatro municipios del Estado de México se registran anualmente 15, 948 habitantes que padecieron inundaciones.

Cabe señalar que el último evento de inundación de octubre en 2009, que fue de grandes proporciones y afectó a innumerables viviendas, se agravó por la ruptura de 11 de las 12 presas de gavión. Es de relevancia comentar que la construcción de las presas de gavión en la Sierra de Guadalupe con una inversión de más de un millón 226 mil pesos,^{11/} si bien representan una medida para evitar escurrimientos, demostraron ser insuficientes dado ese último acontecimiento meteorológico.

Para el caso de los pozos de absorción éstos serán eficaces siempre y cuando haya masa arbórea suficiente para evitar la evapotranspiración. Como señala Rivas (2009), la eficiencia de estos pozos se logra con una reforestación intensa de especies nativas de la región.

^{11/} Esta inversión es un aproximado para una excavación de 59 metros, de acuerdo a la inversión realizada en Sierra Santa Catarina (agua.com.mx, 2009).

- (2) En segundo lugar, los deslizamientos son otro efecto derivado de la deforestación, propiciado por los cortes en las laderas realizados con el propósito de urbanizar. Como resultado de esto Ecatepec es el área con mayor índice producción de peligros por deslizamiento con 282 ha; le siguen los municipios de Tlalnepantla y Tultitlan, con 196.7 y 189.4 has respectivamente y, por último, el municipio de Coacalco con 95.6 hectáreas de generación de peligros geológicos por remoción en masa (García, López y Galván, 2008).

De acuerdo con García, López y Galván, (2008) se tienen identificados aproximadamente 192 zonas de peligro con diferente mecanismo de falla. Hacia el Distrito Federal en la delegación Gustavo A. Madero, referente a deslaves y desplazamientos de rocas, existen 8 puntos que se consideran riesgosos, de los cuales dos se localizan en la colonia Ahuehuetes y dos en Chalma de Guadalupe y uno en Barrio las Rosas del Tepeyac. Respecto a derrumbes, existen 18 casos de riesgo. En cuanto a inundaciones se refiere, existen 15 puntos de riesgo, de éstos, la colonia Zona Escolar es la que más riesgo presenta, relacionando a esta colonia también con mayores riesgos de inundaciones.

- (3) Un tercer efecto derivado de la deforestación es la pérdida de recarga de acuíferos. Si consideramos que la precipitación anual en la Sierra de Guadalupe es de 700 mm lo que equivale a 7,000 metros cúbicos por hectárea, y que, en promedio hay una absorción del 30% al subsuelo, entonces el 70% se pierde por escurrimientos, lo que genera menor recarga de acuíferos y mayores inundaciones.

Si asumimos una infiltración del 30% y que se pierden por escurrimientos 4,900 m³ por hectárea anuales de acuerdo con datos de Rivas y Rodríguez, (2009) en esta área; anualmente se pierden por escurrimientos en el Distrito Federal alrededor de 3, 103,562 m³ y hacia el Estado de México 26, 003, 075 m³, que en conjunto representa una pérdida de agua de 29,106, 637 m³ por escurrimientos, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Escurrimientos anuales por hectárea D. F. y Estado de México

Municipio	Superficie	Pérdida escurrimientos por ha (metros cúbicos)	Escurrimientos
TOTAL	5,940		29,106,637
Estado de México	5307	4900	26,003,075
Distrito Federal	633	4900	3,103,562

Fuente: elaboración propia con datos de Rivas Sepúlveda, M. Rodríguez Casasola, F. (2009). *Foro metropolitano. El reto: 1° el agua*. Obtenido el día 9 de octubre de 2009 de, www.asambleadf.gob.mx

Dichos escurrimientos provenientes de la Sierra de Guadalupe, por un lado propician inundaciones en las zonas aledañas y al mismo tiempo se consideran como una pérdida de infiltración del agua al subsuelo, lo que deriva en una menor recarga de los acuíferos.

- (4) Además, a consecuencia de la perturbación del área natural de la Sierra de Guadalupe por utilizar esta última como depósito de basura de los municipios adyacentes, pone en peligro las corrientes superficiales, lo que aunado a la precipitación fluvial, genera que los lixiviados contaminen las aguas en el Valle de Coautitlan (Plan de desarrollo municipal de Coacalco, 2006-2009).

Por ejemplo, con la clausura del relleno sanitario de Coacalco que funcionó durante 30 años, se propuso la construcción de un relleno sanitario en el municipio, concretamente en la colonia Calpulli del Valle, con una extensión de seis a siete hectáreas, el cual se ubicaría a 500 metros de dicha zona habitacional y a unos cien metros del pozo que la abastece de agua. Este “relleno sanitario” representa un grave problema ambiental, tomando en consideración que sería un foco de contaminación de los mantos freáticos (*La Jornada*, 2005). Además, se perdería una zona de captación de agua al ocupar un espacio importante que ahora funciona como tal, y estaría en riesgo la salud de quienes habitan diez colonias cercanas (*La Jornada*, 2005). Por tal motivo, los pobladores rechazaron que esta concesión se asignara a una empresa privada debido a los daños ambientales y a la salud que dicha construcción traería.

Estudios realizados por Greenpeace (2008) sobre los impactos en la salud (además de los ambientales) de los rellenos sanitarios, muestran la relación entre estos últimos y el cáncer de piel, originado por un relleno que se quiere hacer aparecer como de “alta tecnología”. Con obras como la descrita, se pasa por alto que la Sierra es generadora de oxígeno, de humedad, y que permite la producción del agua que demandan los habitantes de numerosas colonias de Ecatepec, Coacalco, Tlalnepantla, Tultitlan y Gustavo A. Madero. Igualmente la mala ubicación de los basureros y la quema de desechos contribuyen a la contaminación y erosión del área.

- (5) En quinto lugar, la deforestación de la Sierra de Guadalupe da como resultado la pérdida de una barrera natural a la contaminación del aire, ya que ésta funciona como tal, al absorber ciertas partículas contaminantes provenientes de la actividad industrial que al sumarse a la contaminación causada por los automotores que circulan sobre las vialidades de éste y otros municipios, se incrementa de manera rápida.

Si bien este hecho es difícil de calcular, estudios como los de Ezcurra (2006), Fenn, Bauer y Tejeda (2002) demuestran que la contaminación atmosférica afecta negativamente la conservación de las áreas verdes de la Ciudad de México. Dichos estudios señalan la relación existente entre el ozono (junto con otros contaminantes) y la perturbación de los ecosistemas que rodean la Cuenca de México.

De acuerdo con Ezcurra (2006), investigaciones realizadas para el caso del Ajusco, encontraron daños significativos sobre árboles nativos y en las tasas de crecimientos de estos, causados por la contaminación del aire. Descubrieron que el ozono producido sobre la ciudad y llevado por los vientos dominantes a la Sierra del Ajusco, al suroeste de la cuenca, reduce de manera significativa la clorofila y el crecimiento de cierta variedad de pino predominante en las montañas altas del Ajusco. Además, dichos estudios demostraron diferentes efectos en otras variedades de árboles.

El viento es un factor que favorece la dispersión de los contaminantes, sin embargo, algunas veces provoca que la contaminación se observe en donde no se genera, principalmente en la zona

suroeste del Distrito Federal, en la que el cerro del Ajusco impide su adecuada dispersión. Podríamos pensar que una disminución del área forestal de la Sierra de Guadalupe, junto con los vientos y contaminación provenientes de áreas adyacentes a esta última, podría derivar en un incremento en los niveles de contaminación dirigidos hacia el sur y suroeste afectando a otras áreas de igual importancia ecológica. De acuerdo con De la Isla (2009) la predominancia de los vientos del norte y noreste hacia el sur y suroeste sobre la Ciudad de México favorece el transporte de contaminantes hacia áreas arboladas como el Parque Recreativo y Cultural Desierto de los Leones y el monte Ajusco y Xochimilco.

- (6) Producto de la deforestación en combinación con el incremento de la mancha de asfalto, se forma el fenómeno conocido como isla de calor. De acuerdo con información de Ezcurra (2006) y Jáuregui (1990) este fenómeno se presenta en la Ciudad de México por la falta de superficie verde y suelo húmedo y gran prevalencia de pavimento seco, que hace que en áreas con falta de vegetación la temperatura sea más variable. Lo cual, sumado al hecho de que la mayor parte de la precipitación de la Ciudad de México es de origen convectivo, origina una mayor intensidad de la lluvia (Ezcurra, 2006).

Todo lo anterior nos indicaría que en el futuro dicho fenómeno se podría encontrar en espacios con gran densidad de pavimento seco, como en la ZNVM, y con una disminución constante del área forestal de la Sierra de Guadalupe, lo que incrementaría la intensidad de la lluvia.

Se derivan diversos efectos de este fenómeno. Una mayor intensidad de los aguaceros conlleva a mayores escurrimientos y, por ende, a una agudización de las inundaciones. Un incremento en la temperatura, conduce a una más rápida evapotranspiración, lo que propicia mayores incendios forestales.

- (7) Una última consecuencia de la deforestación es la pérdida de biodiversidad. Si bien es cierto que la conservación del 10% de la biomasa original de bosque podría en teoría mantener la mitad de la biodiversidad original (Banco Mundial, 2009), entonces, la pérdida o conservación del 10% de la biomasa forestal de la Sierra de Guadalupe traería como resultado la disminución o supervivencia de aproximadamente 159.5 especies de plantas y 67.5 especies de vertebrados, es decir, la mitad de biodiversidad que existe. Por ejemplo, según investigaciones de Fenn, Bauer, Hernández y Tejeda (2002), en la década de los cincuenta era frecuente observar tortugas, en la Laguna Santa Isabel, pero hoy en día no existen.

Los efectos descritos derivados de la deforestación de la Sierra de Guadalupe son producto del uso y manejo indebido de los recursos naturales. Este hecho se propicia en gran medida por la fuerte presión que ejerce la mancha urbana sobre el recurso. Por ello, es de interés analizar los costos económicos que conllevan algunas de las consecuencias derivadas de la pérdida de este recurso natural. Ello se analiza a continuación.

2.6. Costos asociados a la deforestación y proyecciones a 30 años

Hemos analizado las causas que conllevan a la deforestación del área de estudio, al tiempo de examinar las diversas consecuencias que se derivan de este hecho. El crecimiento de la mancha urbana evidenciado por el surgimiento desordenado de asentamientos humanos sobre las laderas, e incluso dentro del área forestal de reserva, ponen de manifiesto la degradación acelerada y gran pérdida de porciones importantes de la cubierta forestal de la Sierra de Guadalupe.

Por tal razón es de interés indagar la tendencia a futuro de continuar con la misma dinámica; por ello se plantea un escenario sin proyecto, con el fin de cuantificar los costos presentes asociados a esta deforestación, proyectando al mismo tiempo tendencias a futuro en un horizonte de 30 años.

Antes de analizar los costos consideramos importante proyectar la tendencia de la deforestación. Debido a que no contamos con información histórica suficiente de la deforestación en la zona de estudio, se asume que anualmente se pierden 25 ha del área forestal al año en promedio a causa de los asentamiento humanos y, desaparecen analmente 100 ha por incendios forestales (*La Jornada*, 2005). Con esta información proyectaremos la tendencia de la deforestación multiplicando esta desaparición por 30 años.

2.6.1. Tendencia de la deforestación a 30 años con la dinámica actual

En el supuesto de que continuará la tendencia de deforestación de la Sierra de Guadalupe por el cambio de uso de suelo forestal a urbano, realizaremos dos pruebas para proyectar la tendencia que tendrá este cambio si sigue la dinámica de deforestación actual.

Estas pruebas consisten en proyectar la tendencia de deforestación a mediano plazo, en un horizonte de tiempo de 30 años. La primera prueba la realizaremos con tasas medias de crecimiento anual, como se aprecia en la tabla 8, mientras que la segunda se hará con una regresión lineal, como se muestra en la misma tabla. Todo ello con el fin de conocer el comportamiento en el largo plazo de la deforestación en la Sierra de Guadalupe.

Como se observa de la tabla 8, durante el periodo 1970-2009, al utilizar el método de tasa media de crecimiento o media geométrica, se obtiene una tasa media anual de -1.25, la cual, al proyectarse a 30 años, nos indica que para el año 2040 la _Sierra de Guadalupe tendría una superficie promedio de 2,529.0 ha, que representaría una pérdida de 1,202.3 ha, equivalente al 32.2% de las 3,731.3 hectáreas existentes en 2009. Respecto del segundo método para proyectar la evolución de la superficie forestal de la Sierra de Guadalupe, se utilizó una regresión lineal simple con el método de serie de tiempo, como se describe en la siguiente ecuación:

$$Y_{estimada} = B_0 + B_1(Y_{-1}) + B_2(Y_{-2}) + B_3(Y_{-3})$$

Tabla 8. Proyección de deforestación de la Sierra de Guadalupe a 30 años

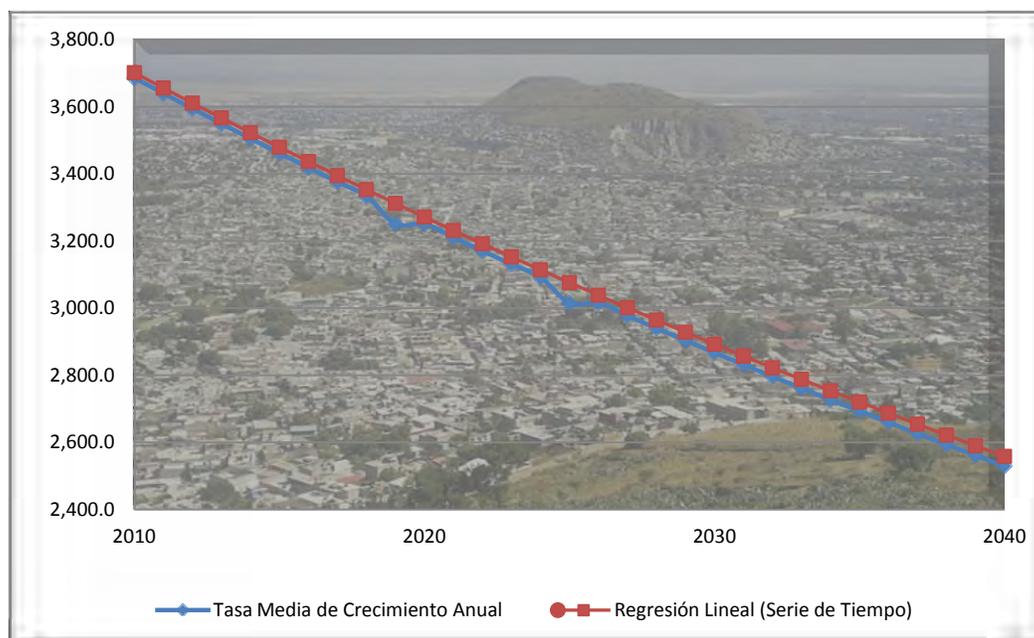
Superficie Forestal Sierra de Guadalupe (TMCA)				Superficie Forestal Sierra de Guadalupe (Regresión simple)			
Año	TMCA	Año	TMCA	Año	Regresión	Año	Regresión
1970	6,086.5	2011	3,638.86	1970	6,081.4	2011	3,655.4
1971	6,037.9	2012	3,593.49	1971	6,033.3	2012	3,610.6
1972	5,989.8	2013	3,548.68	1972	5,985.7	2013	3,566.3
1973	5,942.1	2014	3,504.44	1973	5,938.6	2014	3,522.5
1974	5,894.9	2015	3,460.74	1974	5,891.9	2015	3,479.3
1975	5,848.2	2016	3,417.60	1975	5,845.7	2016	3,436.6
1976	5,802.0	2017	3,374.99	1976	5,799.9	2017	3,394.5
1977	5,756.2	2018	3,332.91	1977	5,754.6	2018	3,352.9
1978	5,710.8	2019	3,250.32	1978	5,709.7	2019	3,311.8
1979	5,665.9	2020	3,250.32	1979	5,665.3	2020	3,271.2
1980	5,621.4	2021	3,209.79	1980	5,621.3	2021	3,231.1
1981	5,577.4	2022	3,169.77	1981	5,577.7	2022	3,191.6
1982	5,533.7	2023	3,130.25	1982	5,534.5	2023	3,152.5
1983	5,490.5	2024	3,091.22	1983	5,491.7	2024	3,113.9
1984	5,447.7	2025	3,014.62	1984	5,449.4	2025	3,075.8
1985	5,405.4	2026	3,014.62	1985	5,407.4	2026	3,038.1
1986	5,363.4	2027	2,977.03	1986	5,365.9	2027	3,000.9
1987	5,321.8	2028	2,939.92	1987	5,324.8	2028	2,964.2
1988	5,280.6	2029	2,903.26	1988	5,285.3	2029	2,928.0
1989	5,239.8	2030	2,867.06	1989	5,339.8	2030	2,892.2
1990	5,199.4	2031	2,831.32	1990	5,174.2	2031	2,856.8
1991	5,039.9	2032	2,796.02	1991	5,018.4	2032	2,821.9
1992	4,889.9	2033	2,761.16	1992	4,871.8	2033	2,787.5
1993	4,748.6	2034	2,726.73	1993	4,733.7	2034	2,753.4
1994	4,615.5	2035	2,692.73	1994	4,603.6	2035	2,719.8
1995	4,489.9	2036	2,659.16	1995	4,480.8	2036	2,686.6
1996	4,371.3	2037	2,626.01	1996	4,364.8	2037	2,653.8
1997	4,259.3	2038	2,593.26	1997	4,255.2	2038	2,621.4
1998	4,153.2	2039	2,560.93	1998	4,151.4	2039	2,589.5
1999	4,052.9	2040	2,529.00	1999	4,053.2	2040	2,557.9
2000	3,957.7			2000	3,959.7		
2001	3,867.4			2001	3,848.3		
2002	3,781.7			2002	3,792.2		
2003	3,729.0			2003	3,740.4		
2004	3,681.2			2004	3,646.0		
2005	3,638.1			2005	3,664.5		
2006	3,659.7			2006	3,688.8		
2007	3,685.1			2007	3,721.2		
2008	3,711.6			2008	3,793.5		
2009	3,731.3			2009	3,746.9		
2010	3,684.8			2010	3,700.9		

Fuente: elaboración propia con base en la información la Semarnat (2003). Captura de CO₂ para un bosque de coníferas

De la ecuación anterior se obtuvieron los resultados observados en la tabla 8. Con la regresión proyectamos la superficie de la Sierra de Guadalupe para 30 años a partir de la última observación registrada (2009). Apreciamos una disminución de la superficie forestal para 2040 de 31.7% (1,189 ha) con relación a lo registrado en 2009. Los dos métodos empleados fueron consistentes en la disminución de superficie forestal de la Sierra de Guadalupe, reflejando el serio riesgo de la pérdida de este recurso forestal y de los servicios ambientales que provee.

A continuación se presenta la grafica comparativa 4, de la disminución de la superficie forestal de la Sierra de Guadalupe con el método de tasa media de crecimiento anual (TMCA) y el método de regresión lineal simple basado en series de tiempo. Como se observa en la grafica 4 las estimaciones realizadas por los métodos de TMCA y series de tiempo son consistentes.

Gráfica 4. Estimación de pérdida de superficie forestal. (TMCA y Serie de tiempo)



Fuente: elaboración propia con información de la tabla 8.

Además del tema fundamental de la deforestación de la Sierra de Guadalupe motivada por la falta de espacio urbano, es de interés mencionar que en el caso de Gustavo A. Madero existen 22 asentamientos irregulares en el área de Suelo de Conservación que propician su degradación. Estos asentamientos han surgido en los límites del polígono del decreto de zona de preservación del Parque Nacional, los mismos que se han estado regularizando poco a poco; sin embargo, la mayoría de ellos carecen de los principales servicios urbanos, como agua, drenaje y electricidad, lo cual genera costos para los gobiernos locales para dotación de servicios básicos (Programa Delegacional Gustavo A. Madero, 2000).

La zona denominada "La Lengüeta" es el asentamiento irregular más grande que existe en la delegación, pues está compuesto por los asentamientos Parque Metropolitano, Forestal, Forestal I y Ampliación Forestal, que en conjunto tiene una superficie de 24 ha; y existen 900 familias de las cuales se reubicaron 200, teniendo una antigüedad de 7 años. En actualmente existen 1, 417

familias asentadas irregularmente al menos en Gustavo A. Madero en cercanías o sobre la Sierra de Guadalupe (Programa Delegacional Gustavo A. Madero, 2000).

De continuar con la tendencia actual de deforestación en 30 años como bien hemos visto, desaparecería el 58% de la superficie forestal de la Sierra de Guadalupe, con el sabido incremento en las necesidades de inversión para los gobiernos locales a causa de la expansión urbana y de la agudización de la problemática generada por la pérdida de servicios ambientales que proporciona el recurso, tales como retención de agua y recarga de acuíferos, formación de suelos, generación de oxígeno, entre otros. Esta deforestación se traducirá en mayores riesgos para las zonas aledañas, pues si bien a la fecha se tienen 192 zonas en peligro, en el futuro se contabilizará un mayor número.

2.6.2. Costos por inversión en infraestructura para asentamientos humanos

A continuación presentaremos el costo económico que esta deforestación entraña para los gobiernos locales. En primera instancia, si bien ese problema encuentra su relación con el crecimiento de los asentamientos humanos regulares e irregulares, con el tiempo éstos últimos, también significarán un costo para los gobiernos locales, ya que como consecuencia de ese crecimiento obligará a invertir en infraestructura (tal como se ejemplificó anteriormente). Por tal razón, estimaremos estos costos con base en de las inversiones en infraestructura para dichos asentamientos.

Tabla 9. Inversiones en infraestructura para asentamientos humanos a 2007

(Millones de pesos)

Municipio/ Delegación	Aplicación					Total
	Agua potable	Alcantarillado	Saneamiento	Mejoramiento de eficiencia	Otros	
Distrito Federal	386.5	401.3	51.5	398.5		1,237.90
México	1,578.00	529.3	26.3	51	2.5	2,187.00

Fuente: Comisión Nacional del Agua, www.conagua.gob.mx

La tabla 9 muestra la inversión que el gobierno realiza en infraestructura básica como consecuencia de la aparición de asentamientos humanos. Esto implica un costo (anual) para los gobiernos locales debido a que los mismos demandan servicios básicos, necesidad que se agrava por la deforestación para expandir la mancha urbana.

Como podemos ver, la dotación de infraestructura básica de servicios como agua potable, alcantarillado, saneamiento, entre otros, representan costos de 1,237.90 millones de pesos para el Distrito Federal y 2,187 millones de pesos para el Estado de México, dada la aparición de asentamientos humanos, en su mayoría son irregulares. Sin embargo, éstos se podrían evitar si se considerara la preservación de la Sierra de Guadalupe y, por tanto, convertirla en una barrera al crecimiento urbano. se deben considerar los otros costos producto de la deforestación de la Sierra, como los que provocan las inundaciones, las cuales se traducen en pérdidas económicas, tanto para la población aledaña como para los gobiernos locales. A continuación calcularemos dichos costos.

2.6.3. Costos para la población y gobiernos locales por inundaciones

Derivado de la deforestación del área de estudio se genera una serie de externalidades. Una de ellas son las inundaciones, las cuales se presentan año con año. La deforestación, la insuficiencia de infraestructura hidráulica, los asentamientos humanos irregulares y la precipitación extraordinaria, hacen que en Ecatepec, Tultitlan, y Gustavo A. Madero se generen inundaciones de grandes dimensiones causadas por la bajada de aguas broncas de la Sierra de Guadalupe que arrastran sólidos y bloquean la red de drenaje (*Atlas de inundaciones de Ecatepec*, 2007). Cabe mencionar, que dichas afectaciones se agravan debido a la presencia de asentamientos en zonas de alto riesgo, lo que pone en peligro a la población instalada en cercanías o sobre el área natural.

Por tal motivo, analizaremos la población y la superficie que se ven afectadas debido a las inundaciones. De acuerdo con información del *Atlas Municipal de Inundaciones* (2007) y el Programa de Desarrollo Delegacional de Gustavo A. Madero (2009-2012), en la tabla 10, se observa que de la población total de la zona norte del valle de México, el 0.69%, es decir, 30,129 habitantes sufre afectaciones como consecuencia de las inundaciones; en un territorio total de 916.7 ha.

El mayor número de personas afectadas por este hecho se concentra en Gustavo A. Madero. Respecto al territorio total de la ZNVM, el 2.10% produce el problema de las inundaciones, siendo el 3.50% del territorio total de Ecatepec el más vulnerable, lo que se explica porque es el municipio que concentra mayor territorio y aunque la población afectada es relativamente pequeña, los costos económicos y ambientales son altos.

Tabla 10. Habitantes y superficie afectada por municipio en la Sierra de Guadalupe, 2007

Municipio	Habitantes		Habitantes afectados / totales	Superficie hectáreas		Superficie afectada / Total municipal
	Total	Afectados		Total	Afectada	
TOTAL	4,376,490	30,129	0.69%	42,900	916.7	2.10%
Coacalco	301,577	670	0.22%	3,500	43.5	1.24%
Ecatepec	1,713,834	6,665	0.39%	16,000	565.4	3.50%
Tlalnepantla de Baz	678,446	4,588	0.68%	7,700	88.9	1.20%
Tultitlan	492,886	3,106	0.63%	6,900	156.2	2.30%
Gustavo A. Madero	1,189,747	15100	1.27%	8,800	62.7	0.71%

Fuente: elaboración propia con información del Gobierno del Estado de México, *Atlas municipal de inundaciones del Estado de México* (2007). Programa de desarrollo delegacional de Gustavo A. Madero. INEGI (2009), Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Sistema Municipal de Base de Datos.

Para el análisis de los costos resultado de las inundaciones es importante indicar que asumimos para este análisis lo siguiente:

1. En diversos puntos donde la problemática de las inundaciones se hace presente se crean obras con el fin de evitarlas y resarcirlas (con mayor incidencia de creación de obras en Ecatepec); para nuestro análisis sólo se contabilizan las que se relacionan directamente con los escurrimientos provenientes de la Sierra de Guadalupe.
2. Tanto la población como los gobiernos locales se ven afectados económicamente ya sea por inversiones para prevención de inundaciones o para resarcir éstas. Por ello, analizaremos dichos costos para estos dos sectores.
3. La información de los costos derivados en la creación de infraestructura para prevenir o subsanar inundaciones se obtiene de los Atlas de Inundaciones de cada municipio para el año 2007; no obstante, sólo se dispone de datos para los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlan. Por ello, para los demás gobiernos locales estimaremos un costo promedio en función de las inversiones en infraestructura de esos tres municipios. Este costo se estima al dividir los costos totales de los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlan entre el número de habitantes que se ve afectado en cada uno de los cinco municipios.
4. El número de hogares que se ven afectados para cada municipio, se calcula considerando que cada hogar se integra por cuatro habitantes en promedio.
5. Los costos se dividen en variables y fijos. Para el cálculo de los primeros se consideran todas las obras realizadas con el fin de atender y prevenir inundaciones. Estos costos los estimamos además en función de la vida útil de dichos proyectos de infraestructura, los cuales son: la construcción de colectores de captación pluvial y la construcción de una planta de bombeo para aguas negras cuya vida útil es de 50 y 20 años, de acuerdo con datos de CONAGUA (2009). En promedio estimamos una vida útil de 35 años. Por tanto, se considera una sola inversión en 30 años.
6. Los costos fijos se asumen como inversiones que realizará el gobierno para el mantenimiento de las obras consideradas, cabe señalar que aquéllas se realizan anualmente. Entre otras tareas, se realiza limpieza con equipos de presión-succión en las redes de alcantarillado y en los mismos colectores y subcolectores contabilizados en nuestro análisis. Dichas inversiones se proyectan anualizadas en un horizonte de tiempo de 30 años.
7. Estimaremos otros costos: los privados y los públicos. Los primeros se calculan en relación con las afectaciones que tiene la población por pérdidas materiales y, los segundos, en función de los apoyos económicos que los gobiernos locales brindan a las poblaciones afectadas por dichos eventos.
8. Para obtener el costo social, se considera una pérdida de 14, 216 pesos en bienes materiales por hogar afectado estableciendo que cada uno tiene una pérdida de tres bienes materiales. De este monto, el 65% lo asume el gobierno local como costo público y el 35% corre a cargo de la población afectada (costo privado). Vale la pena decir que dichas estimaciones son potenciales.

El costo público se obtiene a partir del último acontecimiento de inundaciones ocurrido en octubre de 2009, donde los gobiernos locales evaluaron apoyos de entre 5, 7, 10 y 15 mil pesos a la población afectada en los municipios de Ecatepec, Coacalco y Tultitlan. Por ello, consideramos como promedio 9,250 pesos como apoyos que destinan los gobiernos locales a cada hogar.

9. El costo social es igual a la suma del costo público y el costo privado
10. Para la proyección de los costos futuros consideramos un escenario (sin proyecto) en el que la problemática de deforestación no cambia y, por tanto, el problema de las inundaciones prevalece. Asumimos que los costos privados y públicos son anuales, al igual que los costos fijos, y que el costo variable se realiza una sola vez en 30 años.
11. Las proyecciones de los costos futuros se calculan en un horizonte de tiempo de 30 años, debido a que el óptimo de captura de carbono se obtiene al año treinta; por ello, si consideramos un proyecto de reforestación de la Sierra de Guadalupe, en adelante ya no habrá más secuestro de carbono. En el caso de las inundaciones, la masa forestal contribuirá a retener los escurrimientos, lo cual probablemente se dé al año 10 después de la reforestación.

A partir de estos supuestos, se estiman los costos totales en la ZNVM. Como muestra la tabla 11 anualmente las inundaciones representan un costo total público que asciende a 156, 765, 553 de pesos, siendo Ecatepec el municipio con mayor inversión para atender el problema.

Los costos variables totales se deben a la construcción de siete colectores y subcolectores de captación pluvial, una planta de bombeo para aguas negras, y la elaboración de proyectos para tales obras, todos ellos realizados con el fin de atender o prevenir los escurrimientos provenientes de la Sierra de Guadalupe; en cambio, los costos totales fijos se deben a la inversión para el mantenimiento de dichas obras.

Tabla 11. Costo promedio de inversión por habitante para atender inundaciones y escurrimientos provenientes de la Sierra de Guadalupe, 2007

Municipio	Costos			Habitantes	Costo promedio por habitante ^{3/}
	Variable ^{1/}	Fijo ^{2/}	Total		
TOTAL	154,728,393	2,037,160	156,765,553	30,129	7,850.61
Coacalco	n.d	n.d	n.d	670	n.d
Ecatepec	154,626,226	1,715,000	156,341,226	6,665	23,457.05
Tlalnepantla de Baz	102,167	300,000	402,167	4,588	87.66
Tultitlan	n.d	22,160	22,160	3,106	7.13
Gustavo A. Madero	n.d	n.d	n.d	15,100	n.d

Fuente: elaboración propia con información del Gobierno del Estado de México, *Atlas de inundaciones municipal del Estado de México*, 2007.

^{1/} Los costos variables se estiman en función de la vida útil de los proyectos de infraestructura para atender y prevenir inundaciones. Por tanto, se considera una sola inversión en 30 años.

^{2/} Los costos fijos se asumen como inversiones a realizar por el gobierno en mantenimiento de infraestructura para atender inundaciones provenientes de la Sierra de Guadalupe; éstos son anuales.

^{3/} Corresponde al promedio de los costos por habitante en los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla de Baz y Tultitlan.

En necesario hacer notar que debido a que no se tiene dispone de información de los costos derivados en obras relacionadas con la prevención de los escurrimientos de la Sierra de Guadalupe que se generan para los gobiernos de Coacalco y Gustavo A. Madero, estimamos un costo promedio de 7,850.61 pesos por habitante, para gobiernos locales, como lo muestra la tabla 11 con una afectación de 7, 532 hogares en promedio en la zona norte del valle de México.

Tabla 12. Costo estimado de inversión para mitigar inundaciones y escurrimientos provenientes de la Sierra de Guadalupe, 2007

Municipio	Habitantes afectados	Hogares promedio ^{1/}	Costos para mitigar el problema ^{2/}
Total	30,129	7,532	236,531,119
Coacalco	670	168	5,259,911 ^{3/}
Ecatepec	6,665	1,666	52,324,336
Tlalnepantla de Baz	4,588	1,147	36,018,612
Tultitlan	3,106	777	24,384,004
Gustavo A. Madero	15,100	3,775	118,544,256 ^{3/}

Fuente: elaboración propia con información del Gobierno del Estado de México, Atlas de inundaciones municipal del Estado de México, 2007.

^{1/} El número de hogares se calcula con un promedio de cuatro habitantes por familia.

^{2/} Pesos en valor nominal de 2007.

^{3/} Costo estimado con base en el promedio de costo por habitante en los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlan, correspondiente a 7,850.61 pesos de 2007.

Con la información obtenida en la tabla 11, en la 12 se presentan el costo de mitigar inundaciones para los gobiernos locales. Éste se obtiene al multiplicar el costo promedio (para los cuatro municipios y la delegación) por el número de habitantes afectados en las cinco entidades políticas. Aproximadamente, en la ZNVM se ven afectados en promedio 30, 129 habitantes, lo cual representa un costo para mitigar las inundaciones de 236, 531, 119 para gobiernos locales.

Debido a que no contamos con datos históricos que nos permitan realizar estimaciones más precisas para obtener el costo social, se asume una pérdida de 14, 216 pesos en bienes materiales por hogar afectado, considerando que cada uno tiene una pérdida de tres bienes materiales. De este monto, el 65% lo asume el gobierno local como costo público y el 35% lo absorbe la población afectada (costo privado). El costo público, se obtiene a partir de la estimación de un costo promedio de 9,250 pesos como apoyos que destinan los gobiernos locales a cada hogar. Como vemos en la tabla 13, los gobiernos de Gustavo A. Madero y Ecatepec destinan mayor gasto en este rubro.

Tabla 13. Costos sociales potenciales derivados de las pérdidas materiales en los hogares afectados por inundaciones en la Sierra de Guadalupe, 2007

Municipio	Hogares	Costos por inundación		
		Privado ^{1/}	Público ^{2/}	Social ^{3/}
TOTAL	7,532	37,408,878	69,680,250	107,089,128
Coacalco	168	834,288	1,554,000	2,388,288
Ecatepec	1,666	8,273,356	15,410,500	23,683,856
Tlalnepantla de Baz	1,147	5,696,002	10,609,750	16,305,752
Tultitlan	777	3,858,582	7,187,250	11,045,832
Gustavo A. Madero	3,775	18,746,650	34,918,750	53,665,400

Fuente: elaboración propia con información de la tablas 10 y 11.

^{1/} El costo público potencial se estima en función de una pérdida de \$14, 216 pesos por pérdidas materiales, de las cuales se asume que un hogar en promedio pierde a causa de inundaciones en un año tres bienes materiales (refrigerador, sala, colchón: precios mínimos en el mercado). De los cuales el gobierno asume \$9,250, es decir, el 65% (costo público), y la población (costo privado), \$4, 966 (35%).

^{2/} De acuerdo con información registrada por el último acontecimiento de inundación de grandes dimensiones que afectó los municipios de Ecatepec, Coacalco y Tultitlan, el gobierno del Estado de México estimó apoyos económicos para la población afectada de estos municipios de entre 5, 7, 10 y 15 mil pesos. Con esta información se calcula el costo privado promedio de \$9,250, por hogar.

^{3/} Costo social estimado = Costo privado + Costo público.

La tabla 13 muestra el costo social derivado de las pérdidas materiales por hogar como consecuencia de las inundaciones. Tanto la población como el gobierno de Gustavo A. Madero se ven especialmente afectados debido a de las inundaciones, con un costo social de 53, 665,400 de pesos, debido a que en tal delegación se concentra el mayor número de habitantes afectados.

En consecuencia, en la Zona Norte las inundaciones representan un costo para la población de 37, 408,878 pesos, de acuerdo con datos al año 2007, y para los cinco gobiernos locales representan un costo público de 69, 680,250 pesos, lo que en total suma un costo social de 107, 089,128 pesos. Hay que destacar que este cálculo es conservador en relación con las inversiones que el gobierno del Estado de México estimó en apoyos generales de 50 millones de pesos, para el caso del último evento de inundación registrado en octubre de 2009.

Estos apoyos se consideraron sólo para tres municipios que se vieron afectados. En cambio los costos aquí estimados son para cinco entidades afectadas. De seguir con la misma dinámica de deforestación, en el futuro tendremos un costo total de \$3, 428, 517, 033 de pesos al año 2036, lo que implica una pérdida económica significativa tanto para la población afectada como para los gobiernos locales.

Tabla 14. Estimación de costos de inversión para mitigar inundaciones y costos sociales derivados de este problema en la Sierra de Guadalupe a 30 años, 2007-2036

Costos de inversión para mitigar efectos de las inundaciones		Costos sociales derivados de las inundaciones		Costos totales al año 2007	Proyección a 30 años de los costos totales
Fijos	Variables	Privados	Públicos		
\$ 154,728,393	\$ 2,037,160	\$ 37,408,878	\$ 69,680,250	\$ 263,854,681	\$ 3,428,517,033

Fuente: elaboración propia con información de las tabla 11 y 12.

1/ La proyección de los costos totales a 30 años se establece a partir de la suma de los costos variables, costos totales privados y costos totales públicos, más los costos fijos en un solo año.

Resumiendo, la actual dinámica de deforestación de la Sierra de Guadalupe es resultado directo del crecimiento urbano. Al mismo tiempo esta deforestación genera costos económicos (presentes y futuros) para la población y los gobiernos locales como consecuencia de las externalidades derivadas de la misma, como el caso de las inundaciones. De acuerdo con proyecciones al año 2036, estos costos ascenderán a 3, 428, 517,033 de pesos como muestra la tabla 14.

En definitiva, no podemos pensar que haya una forma de revertir esta tendencia que no pase por la reforestación y preservación de la Sierra de Guadalupe y, por tanto, por una cuantificación de los costos y beneficios que genera esa pérdida forestal y su preservación. Todo ello se explica porque las medidas políticas o administrativas han mostrado su ineficacia de forma sostenida, al no tener resultados sobre esta problemática, lo cual queda evidenciado al no respetarse las leyes que han enmarcado su protección a través del tiempo, en el entendido de que los asentamientos humanos han trastocado el entorno natural de la Sierra. Más aún, mostrar el costo económico real de la deforestación revelará el valor que tiene esta área natural por los beneficios ambientales y económicos que provee para la sociedad.

Es necesario resaltar que la reforestación y conservación de la Sierra de Guadalupe por los servicios ambientales que otorga a la ZNVM es una prioridad, al igual que otras áreas de gran valor ecológico, ya que los bosques sirven de sumideros de carbono, retención de agua pluvial que evita inundaciones, y permiten la recarga de acuíferos, la generación de oxígeno, y dan protección contra la contaminación, entre otras cosas.

Por tal razón, el capítulo III examina los planes y programas de desarrollo urbano en los tres niveles de gobierno nacional, estatal y municipal con el fin de analizar si estos han cumplido sus objetivos de protección y conservación como el caso de la ANP y Parque Estatal Sierra de Guadalupe, al mismo tiempo de evaluar si las acciones para su protección se han llevado a cabo y si son suficientes.

CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA POLÍTICA PÚBLICA EN MATERIA DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE

De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, la protección de los recursos naturales es prioridad toda vez que dentro del plan se asume como un asunto de Estado, al ser México el cuarto país con mayor riqueza biológica del mundo. Sin embargo, es también uno de los países donde los ecosistemas se ven gravemente amenazados. Por ello, la sustentabilidad ambiental se convirtió en el eje 4 del Plan Nacional de Desarrollo.

A pesar de que el desarrollo sustentable se convierte en el eje 4 de dicho y que la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente considera la estricta protección y manejo sustentable de los recursos, como el caso de las ANP's, y que al mismo tiempo sus decretos de creación tienen por objetivo su conservación, además tanto las leyes como los planes de desarrollo urbano en cierta medida consideran la preservación de los recursos para el equilibrio de los centros de población; sin embargo para ese crecimiento urbano no se ha considerado a esas leyes como la base para la sustentabilidad urbana, hecho que se demuestra con el cumplimiento de las leyes, los objetivos y las estrategias de los planes y programas que estipulan su preservación.

En este contexto, el presente capítulo intenta evaluar el desempeño de las medidas de política pública en materia de protección y conservación de los recursos naturales, como las Áreas Naturales Protegidas y los Parques Estatales. Nos proponemos analizar si existe congruencia entre las leyes que enmarcan su protección, la política de desarrollo urbano que se cristaliza en la planeación y el proceso de distribución sustentable de la población, y los planes y programas de desarrollo de los tres órdenes de gobierno. En otras palabras: si son respetadas las leyes y decretos de creación de las Áreas Naturales Protegidas y Parques Estatales, en particular la Sierra de Guadalupe.

En segundo lugar, se revisan los objetivos de los planes y programas de desarrollo de los tres órdenes de gobierno y las acciones correspondientes a fin de verificar si se cumplen estos objetivos. En suma, trataremos de dar respuesta al siguiente cuestionamiento: ¿los planes y programas de desarrollo urbano han considerado a las áreas naturales protegidas, y si, cuando lo han hecho, han sido respetadas y consideradas por los gobiernos locales o por los procesos antropogénicos de cambio de suelo?

Este capítulo consta de cinco incisos. Comenzamos a manera de antecedente, con la metodología de la Auditoría Superior de la Federación que se utilizará para evaluar el desempeño de la política pública, para después analizar las leyes que regulan los planes y programas en materia ambiental y de desarrollo urbano, ya que son el instrumento fundamental para establecer los objetivos de la política.

Posteriormente en el tercer inciso evaluaremos la eficacia de los planes y programas Nacionales, del Estado de México y del Distrito Federal en materia ambiental, con el fin de averiguar si se cumple con los objetivos de protección, conservación y uso sustentable de las ANP's y Parques Estatales, y si existen límites al desarrollo urbano se evalúa en el cuarto inciso. El análisis del cumplimiento de los objetivos de los planes de desarrollo municipales y delegacionales que contienen a la Sierra de Guadalupe corresponde al quinto inciso.

Este capítulo tiene como fin demostrar que los planes y programas de desarrollo no han cumplido con sus objetivos de política de conservación y protección de los recursos naturales, lo anterior se demuestra con la deforestación de la ANP y parque estatal Sierra de Guadalupe, propiciada principalmente por los procesos antropogénicos como cambio de uso de suelo, evidenciando al mismo tiempo que los planes y programas de desarrollo urbano no contemplan como prioridad su protección.

3.1 Metodología de análisis

La metodología de la Auditoría Superior de la Federación tiene como fin evaluar las políticas, programas y/o proyectos institucionales. Esta metodología se centra alrededor de tres conceptos: la acción eficaz, eficiente y congruente de dichas políticas (ASF-Marco Operativo, 2007).

- ✚ Por eficacia se entiende el logro de objetivos alcanzados y comprende dos etapas: si se han logrado los objetivos de política y si los acontecimientos deseados efectivamente han ocurrido, en el entendido de que pueden atribuirse a la política.
- ✚ La eficiencia mide y califica el recorrido entre medio y fines; en otras palabras, es la proporción entre la utilización de insumos, recursos y costos.
- ✚ La congruencia exige que entre las leyes y los objetivos de los planes y programas de los tres órdenes de gobierno, nacional estatal y municipal, estén alineados y no haya contradicciones.

Este trabajo deja de lado el segundo concepto y se centra en los conceptos de la acción eficaz y congruente. Esta evaluación tiene dos niveles, estatal y municipal. Para la realización del análisis estatal revisaremos la congruencia entre las leyes, los planes y programas en materia ambiental y de desarrollo urbano con las acciones en dicha materia, con el fin de averiguar si se cumplen con los objetivos de protección, conservación y uso sustentable de las ANP's y Parques Estatales para el caso del Estado de México y del Distrito Federal. El análisis municipal se realizará con base en los mismos conceptos.

Debido a que algunos de los programas analizados, como el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal., no cuentan con un informe de cumplimiento de los objetivos, consideramos hacer algunos supuestos:

- a) Se asume que los programas que no cuenten con un informe de cumplimiento de objetivos, es porque las acciones son mínimas o bien no se llevan a cabo, es decir, no se está cumpliendo con los objetivos y estrategias de la política.
- b) Los planes o programas que se encuentren en rezago entre los periodos de gobierno se asume que no hay congruencia entre éstos y el plan nacional; por tanto, no se cumplen con los objetivos de la política en materia urbana y ambiental.
- c) Para el análisis del cumplimiento de la protección y conservación de la Sierra de Guadalupe, se analizan los casos de Ecatepec, Tlalnepantla y Gustavo A. Madero, ya que son los que concentran la mayor porción del área natural.

3.2 Congruencia entre las leyes ambientales y las leyes de desarrollo urbano

El análisis de congruencia de las leyes exige que éstas deberán estar jerárquicamente subordinadas en los siguientes niveles: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, las leyes generales (como la LGEEPA y la Ley General de Asentamientos Humanos), las leyes secundarias o locales (por ejemplo, la Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México y la correspondiente al Distrito –Federal, así como la Ley de Planeación del Estado de México y la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito -Federal.), y los decretos de creación del Parque Estatal y ANP Sierra de Guadalupe, en el entendido de que entre estas no haya contradicciones sobre la protección de los recursos naturales. El mapa 2 ilustra los niveles y ramas de aplicación del marco jurídico en los ámbitos federal y local.

Mapa 2: Jerarquía jurídica de la gestión ambiental



Fuente: elaboración propia con información de la LGEEPA (1998)

En materia ambiental en escala nacional, la LGEEPA (1998) establece que es prioridad establecer un equilibrio entre los asentamientos humanos y los recursos naturales, es decir, los primeros no deberán existir en detrimento del capital natural. De igual manera, las leyes que enmarcan la protección del entorno natural del Estado de México y del Distrito Federal, reflejan

los mismos preceptos de la LGEEPA en relación con la protección y conservación de las áreas naturales en sus diferentes categorías, sin detrimento por el cambio de uso de suelo. Para ello se especifica la protección y restauración de esas áreas, así como el control del crecimiento del territorio por asentamientos humanos.

Aunque hay congruencia entre las leyes referentes al medio ambiente, el problema es que no hay sanciones. El cuadro 1 muestra que eventualmente en el nivel de las leyes para la protección y conservación de los recursos naturales, omiten sancionar la ocupación y venta ilegal, así como a quien propicie incendios para fines del crecimiento urbano. Lo anterior se aprecia tanto en la LGEEPA, como en las leyes estatales y del Distrito -Federal.

En esta última entidad es de interés mencionar que a pesar de que existe una ley en materia ambiental se carece de una ley que proteja y sancione la venta, la ocupación o cualquier actividad con fines de expansión de la frontera agrícola o para el crecimiento de asentamientos sobre Suelo de Conservación (última columna del cuadro 1). Será importante establecer una ley de protección en este caso que estipule sanciones a quien venda, invada o degrade áreas ecológicas.

Cuadro 1. Congruencia de las leyes ambientales y de desarrollo urbano nacional del Estado de México y del Distrito Federal.

Vertiente	Objetivo de las leyes nacionales		Objetivo de las leyes Estatales y del DF.		Análisis/Propuesta
	Nacional	Estado de México	Distrito Federal		
Medio ambiente	<p>Texto de las leyes</p>	<p><u>Constitución Política de México: Artículo 4o.- Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. Artículo 122o.- Legislar en materia de planeación del desarrollo; el desarrollo urbano, particularmente en uso del suelo; preservación del medio ambiente y protección ecológica: (...)</u></p> <p><u>LGEEPA (1998): ARTÍCULO 1o.- La presente Ley (...) se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional tiene por objetivo: propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para: I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud bienestar; IV.- La preservación y protección (...) de las áreas naturales protegidas: (...). Art. 7 y 8: Corresponde a los Estados (...); Municipios (...). Art. 44. De las ANP</u></p>	<p><u>Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México (1997): (...)</u> II. <u>Regular el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso la restauración de los elementos naturales,</u> de manera que sea compatible la obtención de beneficios económicos con la preservación de los ecosistemas.</p>	<p><u>Ley Ambiental del DF (2000): Regular el establecimiento de las áreas naturales protegidas de competencia del Distrito Federal,</u> así como manejar y vigilar aquellas cuya administración se asuma por convenio con la Federación, estados o municipios: (...).</p>	<p>Para el caso de Suelo de Conservación del D.F., éste no cuenta con una ley exclusiva a la protección del área de conservación ecológica, que regule y sancione la ocupación de los asentamientos humanos.</p> <p>Por lo que <u>será importante establecer una ley de protección para el caso del suelo de conservación, que estipule sanciones</u> a través de la expropiación a quien venda, invada o degrade dicha área natural.</p> <p>En el caso del Estado de México, aunque cuenta con una ley de Parques Estatales, y que en la misma establece la expropiación de los terrenos que hayan quedado dentro del Parque (una vez establecido éste mediante su decreto), no existen sanciones a la venta o a la invasión ilegal en territorio ecológico. En este caso <u>deberán incluirse en la ley de parques estatales dichas sanciones.</u></p>
		<p><u>Ley forestal de desarrollo sustentable (2003):</u> La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, (...) tiene por objeto <u>regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus</u></p>	<p><u>Ley de Parques Estatales y Municipales (1976): (...)</u> Es propósito del Ejecutivo del Estado, <u>proteger, preservar e incrementar la Flora y Fauna Silvestre, así como las áreas boscosas que nos lleven a restaurar el deteriorado equilibrio ecológico, para mejorar el ambiente en que se desenvuelve la vida humana (...)</u></p>	<p><u>Ley para la retribución por la protección de los servicios ambientales del suelo de conservación del D.F. (2006): impulsar programas e instrumentos de política ambiental destinados a los productores y habitantes rurales de los núcleos agrarios, (...), del Suelo de</u></p>	

		<u>recursos., (...) con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable. (...).</u>	<u>Artículo II.- (...) la Dependencia del Ejecutivo que se designe (...), tomarán las medidas tendientes a efecto de convenir. (...) con los propietarios de terrenos que hubieren quedado comprendido dentro de los límites del mismo, su adquisición mediante convenios (...) o a través de la expropiación por causa de utilidad pública.</u>	<u>Conservación, que los retribuyan por la protección, conservación o ampliación de los servicios ambientales (...).</u>	
	Comentarios <u>1/</u>	<u>Es de interés señalar que hay un vacío en esta ley debido a que no cuenta con sanciones que deberán efectuarse a quienes vendan terrenos con fines de expansión urbana.</u>	<u>Hay un vacío en las leyes ambientales del Estado de México, debido a que no cuenta con sanciones que deberán efectuarse a quienes vendan terrenos con fines de expansión urbana.</u>	<u>En las leyes ambientales para el D.F. existe un vacío: estas no cuentan con sanciones explícitas, como la expropiación de terrenos, que sean vendidos con fines de expansión urbana. Además falta una ley para el caso exclusivo para el suelo de Conservación</u>	
Desarrollo urbano	Texto de las leyes	<p>Ley general de asentamientos humanos (1993): En el capítulo tercero, trata: "De la planeación del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población. <u>Los planes o programas de desarrollo urbano deberán considerar los criterios generales de regulación ecológica de los asentamientos humanos establecidos en los artículos 23 a 27 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en las normas oficiales mexicanas en materia ecológica.</u></p> <p>ARTICULO 30.- La fundación de centros de población deberá realizarse (...) respetando primordialmente las áreas naturales protegidas, (...). Art. 33</p>	<p>Ley de Planeación del Estado de México y Municipios (2001): tiene por objeto, establecer las normas: I. Del Sistema de Planeación Democrática para el Desarrollo del Estado de México y Municipios; (...).</p>	<p>Ley de desarrollo urbano del Distrito Federal (2006): Artículo 2. La planeación del desarrollo urbano y el ordenamiento territorial del Distrito Federal, tienen por objeto mejorar el nivel y calidad de vida de la población urbana y rural, a través de: VI: <u>Evitar los asentamientos humanos en las áreas de mayor vulnerabilidad, en las áreas riesgosas y en las áreas de conservación.</u></p> <p>Artículo 3. Para cumplir con propósitos ecológicos y ambientales fundamentales para la salud de los habitantes del Distrito Federal, <u>se destinan a la conservación del medio natural y la vida de la flora y la fauna silvestres, los suelos (...). Dichos suelos se ubican en los siguientes lugares: Sierra de Guadalupe: (...)</u></p>	<p>En el caso de desarrollo urbano, y de acuerdo con la ley general de asentamientos humanos (1993) se establece que el ordenamiento territorial deberá considerar la conservación y mejorar el medio ambiente de los centros de población, además que los programas de desarrollo urbano deberán realizarse con base a los criterios que enmarca la LGEEPA, sin embargo, no hay sanciones a la ocupación urbana sobre áreas naturales.</p> <p>Aunque las leyes tanto de planeación del Estado de México como de desarrollo urbano del D.F., deben considerar lo establecido en la Ley General de Asentamientos humanos, <u>no existen sanciones para limitar el crecimiento urbano sobre los recursos naturales.</u></p>
	Comentarios <u>1/</u>	<u>Hay un vacío en esta ley debido a que no cuenta con sanciones que deberán efectuarse a quienes vendan terrenos con fines de expansión urbana.</u>	<u>En las leyes ambientales del Estado de México, hay un vacío jurídico debido a que no cuenta con sanciones que deberán efectuarse a quienes vendan terrenos con fines de expansión urbana.</u>	<u>En las leyes ambientales para el D.F. existe un vacío: estas no cuentan con sanciones explícitas, como la expropiación de terrenos, que sean vendidos con fines de expansión urbana. Además falta una ley para el caso exclusivo para el suelo de Conservación</u>	

Fuente: elaboración propia con información de la LGEEPA (1998), Ley forestal de desarrollo sustentable (2003), Ley general de asentamientos humanos (1993), Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México (1997), Ley de Parques Estatales y Municipales (1976), Ley de Planeación del Estado de México y Municipios (2001), Ley Ambiental del DF (2000), Ley para la retribución por la protección de los servicios ambientales del suelo de conservación del DF (2006) y Ley de desarrollo urbano del Distrito Federal (2006)

1/ Buscamos que las leyes ambientales y de desarrollo urbano impongan límites al crecimiento urbano, en el entendido de que deberá existir un límite a la ocupación de áreas naturales por asentamientos humanos. Además, las leyes deberán sancionar esta ocupación para poder ser eficaces y congruentes en lo establecido en la Constitución (artículos 4° y 122°)

Aunque el Estado de México cuenta con una Ley de Parques Estatal y Municipales (1976), la cual establece en su artículo 11 y 14 la “expropiación por utilidad pública de terrenos que hayan quedado dentro del Parque” a partir del decreto para su creación, no hay evidencia de que se limite con sanciones al crecimiento de los asentamientos humanos sobre los recursos naturales. Será primordial establecer en esta y en todas las leyes relativas al medio ambiente sanciones a la venta y/o ocupación del suelo de áreas ecológicas.

En el caso de desarrollo urbano y de acuerdo con la Ley General de Asentamientos Humanos (1993), aunque hay congruencia con la ley ambiental al establecer en su Artículo 30 que “La fundación de centros de población deberá realizarse en tierras susceptibles para el aprovechamiento urbano, (...) respetando primordialmente las áreas naturales protegidas (...)”, además de que los programas de desarrollo urbano deberán realizarse con base en los criterios que enmarca la LGEEPA, no hay sanciones a la ocupación en áreas naturales. Nuevamente, aunque las leyes tanto de Planeación del Estado de México como de desarrollo urbano del Distrito Federal, deben considerar lo establecido en la Ley General de Asentamientos Humanos, no se establecen sanciones para limitar el crecimiento sobre los recursos naturales.

En el caso de la Ley de Planeación del Estado de México y Municipios (2001), hay un vacío: no se estipula un límite al crecimiento urbano ni se prevé sanción alguna a la ocupación sobre áreas naturales en cualquiera de sus categorías de protección o que aún no cuenten con ellas. Esto explica que el crecimiento del territorio no obedezca a una planeación ordenada ni ambientalmente sustentable. Es decir, no se consideran al mismo tiempo las reservas naturales para los futuros centros de población y se ponen en peligro los escasos y deteriorados recursos que aún se encuentran en dicho territorio.

Un ejemplo de esto último es la política urbana del Estado de Hidalgo, que propone la incorporación de 29 municipios a la ZMVM (Gobierno del Estado de México, 2010), los cuales concentran el 50% de la población total del estado, en una superficie aproximada del 25% del territorio de la entidad, crecimiento horizontal que se hará a costa de la incorporación de territorios, lo que aumentará las necesidades de transporte y disminuirá la cubierta vegetal aún existente.

en el ámbito municipal, aunque los decretos de creación del ANP (1993) y Parque Estatal Sierra de Guadalupe (1976) son congruentes con la LGEEPA, ya que establecen específicamente la conservación y preservación de esta área natural, por los beneficios ambientales que presta al norte de la ZMVM, sin embargo, como podemos observar del cuadro 2, sólo el decreto de creación como Parque Estatal establece la expropiación o adquisición de los predios que hayan quedado situados dentro de los linderos del Parque (Decreto del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, 1976). No obstante, en los dos decretos de creación de la Sierra no se establecen sanciones a la ocupación ilegal sobre la misma.

En el mismo cuadro 2 se aprecia que las leyes en materia ambiental tanto del Estado de México como el Distrito Federal consideran el equilibrio entre el crecimiento urbano y los recursos naturales. Sin embargo, sólo en el caso del Estado de México existe una Ley de Parques Estatales y Municipales (1976). Al no haber dicha ley en el Distrito Federal exclusiva para el Suelo de Conservación no hay sanciones para los que atentan contra el ANP. Sería necesario que la capital del país contara con dicha ley para que haya congruencia en la normatividad ambiental a nivel regional; que impongan límites al crecimiento urbano, con sanciones a la ocupación. La Ley de Parques Estatales deberá incluir los mismos preceptos.

Cuadro 2. Congruencia entre los decretos del ANP y Parque Estatal Sierra de Guadalupe y las leyes que regulan su conservación

Vertiente	Objetivo de las leyes Estatales y del DF.		Objetivo de los decretos para la conservación de la Sierra de Guadalupe		Análisis/Propuesta	
	Estado de México	Distrito Federal	Decretos del ANP Sierra de Guadalupe	Decreto Parque Estatal Sierra de Guadalupe		
Medio ambiente	Texto de las leyes	<p>Ley de Parques Estatales y municipales (1976): (...) Es propósito del Ejecutivo del Estado, proteger, <u>preservar e incrementar la Flora y Fauna Silvestre, así como las áreas boscosas que nos lleven a restaurar el deteriorado equilibrio ecológico, para mejorar el ambiente en que se desenvuelve la vida humana.</u></p>	<p>Ley Ambiental del DF (2006): Regular el establecimiento de las áreas naturales protegidas de competencia del Distrito Federal, así como manejar y vigilar aquellas cuya administración se asuma por convenio con la Federación, estados o municipios: (...).</p>	<p>Decreto (1993). Proteger y conservar los recursos naturales del Área Natural Protegida, Zona Sujeta a Conservación Ecológica "Sierra de Guadalupe", a través de acciones orientadas a un manejo planificado e integral del área, así como regular las actividades que se desarrollen en ella.</p>	<p>Decreto (1976). Proteger y conservar los recursos naturales: Se crea el Parque Estatal que se denominará "Sierra de Guadalupe", ubicado en el municipio de Tlalnepantla, Ecatepec de Morelos, Coacalco y Tultitlan, Estado de México.</p> <p>Artículo Octavo.- <u>El Gobierno del Estado, mediante convenios o procedimientos expropiatorios, adquirirá los predios situados dentro de los linderos del Parque para que presten, a plenitud, el servicio público a que están destinados.</u></p>	<p><u>Solo el decreto de creación como Parque Estatal establece la expropiación o adquisición de los predios situados dentro de los linderos del Parque.</u> no obstante, para no se establecen sanciones por la ocupación o venta ilegal.</p> <p>Sin una ley para el Suelo de conservación que contribuya a la protección de su área natural y que imponga límites al crecimiento urbano, difícilmente su conservación se hará respetar.</p>
	Comentarios	<p><u>En ésta ley no hay sanciones al crecimiento urbano sobre los recursos naturales, por tanto hay un vacío en la misma.</u></p>	<p>En nivel inferior referente a esta ley, <u>hay un vacío ya que no existe una ley para el de Suelo de Conservación, misma que deberá regular y proteger el crecimiento de los asentamientos humanos sobre el área ecológica.</u></p> <p><u>Faltan leyes nuevas que sancionen y marquen límites claros a la ocupación ilegal sobre Suelo de Conservación</u></p>	<p><u>Existe un vacío en el decreto ya que no hay sanciones al crecimiento urbano sobre Suelo de Conservación.</u></p>	<p>Aunque considera la expropiación de los predios que hayan quedado dentro del parque una vez decretado éste, <u>no hay sanciones a la ocupación ilegal. Será necesario incluir sanciones, en estos términos.</u></p>	
Desarrollo urbano	Texto de las leyes	<p>Ley de Planeación del Estado de México y Municipios (2001): ARTÍCULO 1.- (...) tiene por objeto, establecer las normas: I. Del Sistema de Planeación Democrática para el Desarrollo del Estado de México y Municipios: (...)</p>	<p>Ley de desarrollo urbano del Distrito Federal (2006): Para cumplir con propósitos ecológicos y ambientales fundamentales para la salud de los habitantes del Distrito Federal, <u>se destinan a la conservación del medio natural y la vida de la flora y la fauna silvestres, los suelos (...). Dichos suelos se ubican en los siguientes lugares: Sierra de Guadalupe: (...)</u></p>	<p>Decreto de delimitación de las áreas de actuación del programa general de desarrollo urbano del Distrito Federal (2005). (...) <u>se delimitaron las AA por límites físicos o elementos de la estructura urbana (...)</u> excluyendo (...) declaratorias de límites de <u>Áreas Naturales Protegidas (ANP), como el de la región denominada Sierra de Guadalupe</u> en la Delegación Gustavo A. Madero (...).</p>		<p>Las leyes de planeación y desarrollo urbano tanto para el caso del Estado de México como para el D.F., muestran escasa congruencia con lo establecido en las leyes ambientales, ya que en el Estado de México, la ley correspondiente no hace mención sobre los límites al crecimiento urbano o bien la prioridad de preservar áreas naturales en sus diferentes categorías para la sustentabilidad del futuro crecimiento del territorio.</p>

Comentarios ^{1/}	Esta ley si bien se enfoca a la planeación, hay un vacío ya que debería contemplar el ordenamiento del territorio así como la preservación de zonas con vocación ecológica para el equilibrio de los futuros centros de población, <u>sancionado la ocupación ilegal lo que propicia el crecimiento desordenado del territorio.</u>	<u>Hay un vacío en ésta ley, ya que no existen sanciones a la ocupación ilegal sobre áreas naturales.</u>	A pesar de la existencia del decreto de delimitación del las áreas de actuación del programa general de desarrollo urbano del Distrito Federal, no hay una regulación ni un límite al crecimiento de los asentamiento irregulares sobre el área natural de la Sierra de Guadalupe. <u>Será imprescindible incluir en las leyes correspondientes sanciones a esta ocupación.</u>	No hay una ley de desarrollo urbano para el Estado de México, en todo caso, encontramos <u>la ley de planeación del Estado de México, no obstante, esta ley no responde a los fines analizados de limitación del crecimiento del territorio sobre los recursos naturales.</u>	

Fuente: elaboración propia con información de la Ley de Parques Estatales y municipales (1976), Ley de Planeación del Estado de México y Municipios (2001), Ley Ambiental del DF (2006), Ley de desarrollo urbano del Distrito Federal (2006), Decreto (1993), Decreto de delimitación de las áreas de actuación del programa general de desarrollo urbano del Distrito Federal (2005) y Decreto (1976).

^{1/} Buscamos que las leyes ambientales y de desarrollo urbano impongan límites al crecimiento urbano, en el entendido de que deberá existir un límite a la ocupación de áreas naturales por asentamientos humanos. Además, las leyes deberán sancionar esta ocupación para poder ser eficaces y congruentes en lo establecido en la Constitución (Artículos 4° y 122°)

En referencia a las leyes de planeación y desarrollo urbano, tanto en el caso del Estado de México como el Distrito Federal., no encontramos congruencia con lo establecido en las leyes ambientales. La Ley de Planeación del Estado de México y Municipios (2001) no hace mención sobre los límites al crecimiento urbano o bien sobre la prioridad de preservar e incluir áreas naturales en sus diferentes categorías para la sustentabilidad del futuro crecimiento del territorio. Más aún, existe una ley de planeación pero no una de desarrollo urbano.

En el caso del Distrito Federal aunque la Ley de Desarrollo Urbano (2006) considera el suelo de conservación y establece que no deberá permitirse el crecimiento de los asentamientos sobre dicha área natural, no impone sanciones a la ocupación ilegal o bien a la venta de terrenos ubicados en suelo de conservación para el crecimiento urbano, como es el caso de la Sierra de Guadalupe. Ejemplos de ello son los de Cuauhtepac y la Zona conocida como la Lengüeta, asentamientos que invadieron parte del área natural del ANP Sierra de Guadalupe y en la actualidad la segunda se encuentra dentro de la misma (*Gaceta Oficial del D.F.*, 2000).

En suma, aunque hay congruencia entre las leyes ambientales de los tres órdenes de gobierno, al señalar que deberá existir un equilibrio ecológico entre los centros de población y los recursos naturales, así como la protección de los mismos ante el crecimiento urbano, hay un vacío en todas las leyes al no establecer límites y sanciones a la ocupación o venta ilegal de terrenos en áreas ecológicas, lo que conlleva la ocupación irregular sobre áreas naturales llevando a éstas a su deforestación. Este es el caso de la degradación de la Sierra de Guadalupe.

Más aún, no encontramos congruencia en el Distrito Federal para el suelo de conservación. Al no contar con una ley exclusiva para esta entidad que sancione y sea congruente con la reglamentación ambiental a nivel regional, ha permitido a través del tiempo la ocupación de zonas de conservación ecológica. Un caso concreto es el de la Lengüeta en Sierra de Guadalupe. En consecuencia, se generan externalidades negativas como las inundaciones, con sus elevados costos económicos.

En conclusión, falta mucho por hacer para lograr el control del crecimiento urbano. Pero más importante es la inexistencia de sanciones al crecimiento de los asentamientos humanos sobre

áreas ecológicas. Por este motivo será importante establecer sanciones a la venta y/o ocupación ilegal de terrenos en áreas ecológicas. Una vez realizado este análisis, corresponde al siguiente punto evaluar, mediante el criterio de eficacia el cumplimiento de los objetivos de los planes y programas del Estado de México y del D.F. en materia de protección al medio ambiente y regulación de los asentamiento humanos.

3.3 Eficacia de los planes y programas nacionales del Estado de México y Distrito Federal. en materia ambiental

De acuerdo con el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2001-2006), una de las metas para el logro de la sustentabilidad es construir una nueva gestión ambiental mediante el freno y resarcimiento de la pérdida de capital natural. Para ello se proyecta: “valorar los recursos naturales y servicios ambientales, a través del incremento de ocho a 90 de las Áreas Naturales Protegidas con nivel administrativo suficiente para su operación, el mantenimiento y mejoramiento de las poblaciones de especies prioritarias en el 90% de las ANP, así como captar 100 millones de pesos anuales por concepto de pago de derechos en las ANP y la realización de actividades de restauración en el 60% de la superficie de las ANP, mediante acciones de reforestación, control de erosión, etcétera” (Programa Semarnat, 2001-2006).

Demostraremos que los objetivos nacionales no se cumplen. En primer lugar en tres años el objetivo de valorar los recursos naturales de 8 a 90 ANP, no se lleva a cabo. De acuerdo con los tres primeros informes de labores de la Semarnat (2007-2012), por medio de CONAFOR se integran 321 008.17 ha al pago de servicios ambientales, es decir, el 1.4% del total de ANP, sin establecer cuál es el total de éstas que se incorporarán a esta valoración. En relación con el pago de derechos, no se hace referencia a la captura monetaria por este concepto; se determina entonces que sólo se logró incorporar superficie.

En lo referente a la realización de actividades de restauración al 60% de la superficie de ANP, en tres años solamente se reforestó 5% del total respecto a lo esperado (Primer Informe de Labores del Gobierno Federal, 2007) y 0.8% de la superficie total forestal nacional lo que significa que las acciones son insuficientes y no se cumplen los objetivos de la política. Es de interés señalar que del programa pro árbol se hace mención sólo a su fortalecimiento por medio de financiamiento, sin establecer los resultados de este mismo.

En cuanto al Programa Nacional de ANP (207-2012), como nos muestra el cuadro 3, se establecen las siguientes metas: a 2007 se proyecta la restauración de 30,000 ha de ecosistemas; en 2008, 33,000, y, en 2009, 38,000 ha. Otro objetivo es el pago por servicios ambientales de las zonas núcleo y de protección estricta a: 10 ANP en 2007, a 34 en 2008 y 38 en 2009. Por último, se espera a partir de 2007 la integración de 500 mil ha mediante decreto de ANP federales por año.

De acuerdo con los tres primeros informes de Gobierno Federal (2007, 2008, 2009), no hay resultados para los dos primeros objetivos, relacionados con la restauración y el pago por servicio ambientales. Para el cumplimiento del incremento de superficie de ANP, éste se logra en su totalidad como muestra el cuadro tres (columna de resultados). En 3 años se cumple el 97% del objetivo anual. Sin embargo, las acciones encaminadas a la protección, valoración y mantenimiento de las mismas no se llevan a cabo.

Las metas establecidas en el Plan Estatal del Estado de México (2005-2011) para el cumplimiento del objetivo de “sustentabilidad ambiental para el desarrollo con conciencia ambiental y protección a la biodiversidad”, mediante el “fortalecimiento del control y vigilancia de las áreas naturales protegidas y las de alto valor ambiental, el establecimiento de penas más estrictas para quien atente contra estos recursos. (...), la promoción de pago de servicios ambientales en zonas estratégicas y acciones de reforestación”, no se cumplen. En tres años no se ha efectuado ninguna de las tres primeras acciones, sólo se contabilizan algunas acciones de reforestación, pero éstas son mínimas.

Al cierre del primer año de gestión de acuerdo con el primer Informe de Gobierno del Estado de México (2006), de las 84 ANP, se reforestó sólo el .05% del total de ANP como muestra el cuadro 3, (sin especificar las proyecciones de la supervivencia esperada) a pesar de que éstas representan el 39.3% del territorio estatal, lo cual indica que las acciones son altamente ineficaces. El objetivo de promover el pago por servicios ambientales no se logra, debido a las nulas acciones.

Cuadro 3. Análisis de los objetivos de los planes y programas ambientales

Vertiente	Planes/programas Nacionales	Plan Estatal	Programas del D.F.
Medio ambiente	Objetivos		
	<p>Programa sectorial de medio ambiente y recursos naturales: Vinculación con el PND: Del Eje 4. Sustentabilidad ambiental. <u>Objetivo 3: frenar el deterioro de las selvas y bosques en México.</u> Objetivo 9: identificar y aprovechar la vocación y el potencial productivo del territorio nacional mediante el ordenamiento ecológico y con acciones armónicas con el medio ambiente que garanticen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.</p> <p>Programa Nacional de ANP (2007-2012): “<u>Conservar el patrimonio natural de México mediante las Áreas Protegidas</u> (...), fomentando una cultura de la conservación y el desarrollo sustentable de las comunidades asentadas en su entorno”</p>	<p>Plan de desarrollo del Estado de México (2005-2011): Vertiente 2: Desarrollo Sustentable I. Sustentabilidad Ambiental para el Desarrollo y la Vida. I. <u>Sustentabilidad Ambiental para el Desarrollo y la Vida.</u> 2. <u>Programas de conservación, prevención, preservación, protección, remediación y restauración de las áreas naturales protegidas y zonas forestales.</u></p> <p>Objetivo 1: Sustentabilidad ambiental para el desarrollo con conciencia ambiental y protección a la biodiversidad.</p>	<p>Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales D.F. (2007-2012): 3. Suelo de Conservación</p> <p>3.2.1Objetivo general: <u>Proteger el Suelo de Conservación como espacio clave del equilibrio ecológico en la Ciudad, mediante la conservación de sus ecosistemas que lo conforman,</u> así como preservar la flora y la fauna silvestres para garantizar la permanencia de los servicios ambientales.</p> <p>3.2.2 Objetivos específicos: <u>Evitar la pérdida de Suelo de Conservación y recuperar superficie ocupada por asentamientos humanos irregulares, ubicados en zonas de alto valor ambiental.</u></p>
	Resultados		
	<p>Programa sectorial de medio ambiente y recursos naturales ¹. En 2007 resultaron beneficiadas con recursos 0.2% del total forestal nacional para incorporar al pago de servicios ambientales. <u>Durante el periodo 2001-2006 se reforestó tan sólo el 0.8% (Primer informe de labores, 2007-2012)</u></p> <p>En 2008, se esperaba incrementar a 176 ANP, es decir, el 5% del total de superficie. En cuanto a las <u>metas proyectadas de reforestación, estas no se cumplen ya que solo se reforestó el 5% del total, entonto se esperaba cumplir con el 60%.</u> Lo anterior de acuerdo con datos de 2007, para los siguientes dos informes no se especifica las acciones realizadas en reforestación por tanto, establecemos que dichas acciones no se llevaron a cabo.</p>	<p>Plan de desarrollo del Estado de México (2005-2011) ²: Al cierre del primer año de gestión gubernamental 2005-20011, <u>se llevó a cabo la plantación de 619 mil 750 árboles.</u> Lo anterior significa que se reforestó 516.4 ha., es decir, solo el .05% del total de ANP.</p> <p>Los programas para reforestación de ANP se estiman en solo .05% al año 2006. A 2007, se hace mención de la <u>construcción de una barrera arbolada para el caso de Ecatepec en de 5km, es decir, de poco menos del 3% del territorio de este municipio.</u></p> <p>Para 2008, <u>se reforestó 0.7% en áreas degradadas del Estado de México con fines de recuperación de microcuencas y el mismo porcentaje por concepto de mantenimiento.</u> Para el caso de las caso de las 5 ANP's de la</p>	<p>Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales D.F. (2007-2012) ³: 2007: De las 12 ANP en el Distrito Federal, el 58% cuentan con Programa de Manejo, en este año se menciona que la publicaron de los Programas de Manejo de las ANP “Cerro de la Estrella” y del ANP “La Armella”, bajo la categoría de Zona de Conservación Ecológica.</p> <p>Lo anterior es una acción mínima en suelo de conservación ya que representa el 1% respecto al total, y representa el 4% respeto al ANP Sierra de Guadalupe a la cual pertenece. 2008: No hay acciones, no se cumplen los objetivos del programa 2009: se proyecta incrementar la superficie protegida en 15% respecto al total de la superficie correspondiente a suelo de conservación, cabe mencionar que son proyecciones de lo esperado, no se considera como una acción.</p>

	<p>Programa Nacional de ANP ^{1/}: <u>No hay acciones correspondientes al pago de servicios ambientales y restauración.</u> Sobre la superficie decretada, tenemos lo siguiente:</p>	<p><u>ZMVM, que incluyen a Sierra de Guadalupe, en 2007 se reforestó 0.4%, en 2008, 0.2% y en 2009 el 2% del total de las 5 ANP's pertenecientes a la ZMVM y correspondientes al Estado de México.</u> Sin incluir indicadores de supervivencia de la reforestación, ni acciones de seguimiento para la conservación.</p>	
--	---	---	--

Fuente: elaboración propia con información del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2007-2012), Programa Nacional de ANP (2007-2012), Plan de desarrollo del Estado de México (2005-2011), Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales del D.F. (2007-2012).

^{1/} Los resultados para la evaluación del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales, revisamos los tres primeros informes de gobierno de SEMARNAT de 2007-2009. Los datos se evalúan en relación al total de recursos de ANP forestales. Así como al total de recursos forestales.

La evaluación del Programa Nacional de ANP, debido a que éste programa no cuenta con informes de resultados, éstos los establecemos a través de los informes de gobierno federal.

^{2/} La evaluación del cumplimiento de la protección de los recursos naturales, para el Estado de México, se revisa el plan de desarrollo, debido a que el Estado no cuenta con un plan ambiental, y sus objetivos en éste orden se encuentran dentro del plan de desarrollo. Para dicha evaluación se revisan los informes de gobierno de 2006-2009. Para el análisis de la estimación en reforestación de éste Estado, se considera la extensión total de recursos naturales del Estado.

^{3/} No se revisa el Programa General de Ordenamiento Ecológico del D.F. debido a que éste no cuenta con objetivos estratégicos, metas, ni plazos de ejecución. Por tanto, no puede comprobarse el cumplimiento del programa. Además, no existe obligatoriedad de entrega de informes de labores, ni responsable de la ejecución.

Adicionalmente se nos indica en el Segundo Informe de Gobierno del Estado de México (2007), la elaboración de programas de manejo para diversas ANP, sin mencionar acciones orientadas a su conservación como reforestación o mantenimiento y se menciona una barrera arbolada para el caso de Ecatepec de 0.02% del territorio total del Estado y poco menos del 3% de este municipio, acción que si bien contribuye a la sustentabilidad urbana, no es suficiente. Recordemos que a pesar de contar este municipio con el 34% de la extensión total del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, no hay acciones enfocadas a su mantenimiento y recuperación. En éste caso, los acontecimientos deseados no han ocurrido.

Del Tercer Informe de Gobierno (2008), sabemos que se reforesta 0.7% en áreas degradadas del Estado de México con fines de recuperación de microcuencas, y el mismo porcentaje, por concepto de mantenimiento, sin especificar las áreas atendidas. De las 5 ANP de la ZMVM correspondientes al Estado de México y que incluyen a Sierra de Guadalupe, en tres años se reforestó sólo el 2.8% respecto al total (Cuarto Informe de Gobierno, 2009) respecto al total. En conclusión, en el Estado de México el plan estatal muestra poca eficacia ya que en total las acciones de reforestación en tres años se estiman en un orden del 3.57% respecto al total de recursos, mismas que son insuficientes.

Siguiendo en el mismo nivel de análisis ahora para el caso del Distrito Federal, en lo correspondiente al Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales del D.F. (2007-2012), y en relación a los objetivos de “Ejecutar acciones para la recuperación y restauración de ecosistemas, evitar la pérdida de Suelo de Conservación y recuperar superficie ocupada por asentamientos humanos irregulares, ubicados en zonas de alto valor ambiental”, los objetivos no se cumplen y el programa es ineficaz. En tres años no hay acciones destinadas al primer objetivo. En el caso del segundo sólo se efectúa el listado y cartografía de los asentamientos humanos irregulares establecidos en Suelo de Conservación en 2007 (Primer informe de Gobierno del D.F., 2007), sin acciones.

En el mismo año se publican los Programas de Manejo de las ANP “Cerro de la Estrella” y del ANP “La Armella”, bajo la categoría de Zona de Conservación Ecológica (Primer informe de Gobierno del D.F., 2007). De acuerdo con la declaratoria del ANP la “Armella” ésta se realiza con el fin de complementar la protección de la Sierra de Guadalupe (Primer informe de Gobierno del D.F., 2007). Esta es una acción no representativa en Suelo de Conservación toda vez que ésta constituye 0.22% respecto al total y significa 3.26% respecto al total de la Sierra de Guadalupe. Además solo se amplía el polígono de la Sierra, pero no es una acción encaminada al cumplimiento de restauración y mantenimiento de los recursos, lo que significa que los objetivos no se cumplen en su totalidad, por tanto, las acciones se consideran escasas.

Al siguiente año esta entidad solamente pone en operación el Programa de Prevención y Combate de Incendios forestales para proteger y conservar los recursos naturales del suelo de conservación (Segundo Informe de Gobierno del D.F., 2008), sin mencionar acciones. Por tanto, los objetivos de preservación y protección por incendios, no se cumplen.

Adicionalmente, del tercer informe de Gobierno del D.F. (2009), conocemos que uno de los objetivos establecidos en el Plan Verde de la Ciudad de México es incrementar y retribuir la superficie protegida a 13 mil 522 hectáreas, es decir, se proyecta un incremento 15% respecto al total. Éstas sólo son proyecciones, pero no se considera como una acción. En tres años no hay acciones que puedan relacionarse con el cumplimiento de éste último objetivo y con la retribución de la superficie protegida. Hay poca eficacia debido a que no se alcanzan los objetivos de la política.

Como hemos visto, las acciones relacionadas al cumplimiento de los objetivos de los distintos programas en materia ambiental, demuestran ser mínimas, o bien estar alejadas al cumplimiento de la política ambiental, en todos los casos no hay eficacia. Ello explica el deterioro y constante degradación de los recursos naturales. En síntesis, a nivel nacional, no se logra cumplir con los objetivos de la política pública, en el entendido que los acontecimientos deseados no ocurrieron, y no pueden atribuirse ésta.

La misma dinámica continúa en niveles inferiores. No se logra el cumplimiento de los objetivos de política del Estado de México y Distrito Federal en materia de sustentabilidad ambiental y protección del suelo de conservación. Es decir, los acontecimientos deseados no sucedieron y no pueden atribuirse a ésta. Finalmente, no hay eficacia entre lo establecido en las leyes ambientales y las acciones para el cumplimiento de los objetivos que establece la política. Más aún, ésta última no se ha establecido de forma clara ya que las leyes presentan vacíos. A continuación revisaremos los planes y programas en materia de desarrollo urbano y las acciones dirigidas al cumplimiento de los objetivos para un desarrollo urbano con sustentabilidad.

3.4 Eficacia de los planes y programas nacionales, Estado de México y Distrito Federal en materia de desarrollo urbano

Demostraremos que el Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio (2007-2012), el cual se encuentra alineado al PND (2007-2012), no cumple con sus objetivos. De acuerdo con los tres primeros informes de labores de la Sedesol (2007, 2008, 2009) este programa sólo se limita a emitir dictámenes para efectos de incorporación de suelo al desarrollo urbano, correspondientes a una superficie total en tres años de 0.02% del territorio nacional, como lo muestra la tabla 4 (columna de resultados), es decir, una superficie mínima. Cabe resaltar que no

se menciona que en dicha incorporación se respetó territorio de área natural o bien que este mismo sea considerado para su incorporación como forma de sustentabilidad urbana.

Cuadro 4. Análisis de los objetivos de los planes y programas de desarrollo urbano

Vertiente	Programa Nacional	Plan Estatal	Programa del D.F.
Desarrollo urbano	Objetivos		
	<p>Programa Nacional de desarrollo urbano y ordenación del territorio (2007-2012): Maximizar la eficiencia económica del territorio garantizando su cohesión social y cultural. <u>Integrar un Sistema Urbano Nacional en sinergia con el desarrollo regional en condiciones de sustentabilidad:</u> gobernabilidad territorial, eficiencia y competitividad económica, cohesión social y cultural, y planificación y gestión urbana.</p> <p>Integrar el suelo urbano apto para desarrollo como instrumento de soporte para la expansión urbana por medio de satisfacer los requerimientos de suelo para la vivienda y el desarrollo urbano.</p>	<p>Plan estatal de desarrollo urbano del Estado de México (2006, 2008): Estructurar y ordenar el territorio para tener ciudades competitivas y regiones de desarrollo, orientando el crecimiento a las zonas más aptas para usos urbanos, de acuerdo a las condiciones naturales del territorio y a una factibilidad para dotarlas de infraestructura, equipamiento y servicios.</p> <p><u>Impulsar el desarrollo urbano ordenado para coadyuvar a la sustentabilidad ambiental y protección a la biodiversidad, así como reducir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos a situaciones de riesgo.</u></p>	<p>Programa general de desarrollo urbano del DF (2003, 2006, 2008): <u>Planeación del desarrollo urbano sustentable.</u> El objetivo general consiste en mejorar la calidad de vida de la población urbana y rural de la ciudad, en un marco deseable de integración nacional y regional equilibrado, <u>mediante la planeación del desarrollo urbano sustentable, el ordenamiento territorial, el impulso al desarrollo económico</u> y la disminución de las desigualdades sociales.</p> <p>Los objetivos particulares: • <u>Revertir las tendencias de degradación ambiental y garantizar la sustentabilidad de la ciudad a través de la conservación, restauración y manejo de los recursos naturales como agua, suelo y subsuelo; (...).</u> • <u>Evitar los asentamientos humanos en las áreas de mayor vulnerabilidad, de riesgo, y de conservación ecológica: (...)</u></p>
Resultados			
<p>Programa Nacional de desarrollo urbano y ordenación del territorio (2007-2012) ^{1/} Para el caso de desarrollo urbano, de acuerdo con los informes de labores de SEDESOL, 2007, 2008, 2009, solo se indica que para efectos de incorporación de suelo, de origen social, federal, nacional y privado, al desarrollo urbano, se han emitido dictámenes técnicos de procesos de incorporación de suelo al desarrollo urbano, por una superficie global de 6,466 hectáreas, lo que corresponde a 0.009%, 0.007% y 0.0033% respecto al territorio nacional, es decir, una superficie mínima.</p> <p>En relación al ordenamiento territorial a: 2007, en lo referente al cumplimiento de los objetivos, estos no se cumplen ya que las acciones no se pueden atribuir a la política.</p> <p>En 2008, las acciones encaminadas al cumplimiento del objetivo no indican una relación directa a su cumplimiento, por tanto establecemos que estas no se llevan a cabo debido a que no pueden atribuirse a los objetivos para el cumplimiento de la política. En 2009, la situación no cambia.</p>	<p>Plan estatal de desarrollo urbano del Estado de México (2006, 2008) ^{2/} En el primer informe de gobierno del periodo 2007-2012, no se mencionan acciones que puedan atribuirse directamente con los objetivos para impulsar el desarrollo urbano sustentable. Para el caso del segundo informe los resultados son los mismos, a 2007, solo se menciona la regularización de predios, sin especificar en donde se encuentran y que afectaciones generaron. Esta misma dinámica se muestra en los siguientes dos informes de gobierno</p>	<p>Programa general de desarrollo urbano del DF (2003, 2006, 2008) ^{3/} 2007: En lo correspondiente a los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano los cuales se encontraban en versión 1997, no hay resultados y en muchos de los casos estos se encuentran en rezago. Se establece la incongruencia entre la delegación Gustavo A. Madero y lo planes de desarrollo del D.F. así como con el PND.</p> <p>Se menciona como acción estratégica de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda la creación del Código de Desarrollo Sustentable para la ciudad de México, sin mencionar los objetivos ni las líneas de acción.</p> <p>A 2008, los Programas Delegacionales de Coyoacán, Tlalpan, Gustavo A. Madero y Cuajimalpa se encuentran en proceso de análisis ante las instancias correspondientes de la Asamblea Legislativa. De nuevo, se menciona como acción estratégica la creación del Código de Desarrollo Sustentable para la ciudad de México, sin mencionar los objetivos ni las líneas de acción.</p> <p>En 2009, los programas delegacionales de desarrollo urbano en proceso de aprobación. Se menciona como acción estratégica la creación del Código de Desarrollo Sustentable para la Ciudad de México, sin resultados. Sobre la CMAH, no hay acciones.</p>	

Fuente: elaboración propia con información del Programa Nacional de desarrollo urbano y ordenación del territorio (2007-2012), Plan de desarrollo del Estado de México (2005-2011), Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México (2006, 2008), Programa general de desarrollo urbano del DF (2003, 2006, 2008).

^{1/} Para el análisis de cumplimiento del Programa Nacional de desarrollo Urbano y Ordenación del territorio (2007-2012), el cumplimiento de los objetivos se revisan a través de los informes de la Sedesol del periodo de 2007-2009.

- 2/ Debido a que el Estado de México no cuenta con un programa de desarrollo urbano y de ordenación del territorio, los objetivos de la política se evalúan mediante lo establecido en el Programa de Desarrollo del Estado. Para establecer los resultados, éstos se evalúan con información de los Informes de labores del gobierno del Estado de México.
- 3/ Para verificar si la política de desarrollo urbano, relacionada con la conservación de los recursos naturales cumple con lo establecido en las leyes urbanas, y en evitar el crecimiento de asentamientos humanos, como establece la LGEEPA; revisamos el Programa General de Desarrollo Urbano del D.F. Para establecer los resultados de eficacia, revisamos los informes de labores del gobierno del Distrito Federal, ya que este programa no cuenta con un informe de labores.

Además, de acuerdo con los tres primeros Informes del gobierno federal (2007, 2008, 2009), las acciones correspondientes al cumplimiento de los objetivos establecidos en el PNDUOT (2007-2012), no pueden atribuirse a la política respecto a la sustentabilidad ambiental del crecimiento del territorio, toda vez que en 2008 el objetivo en materia de ordenamiento territorial intentaba responder a “promover lineamientos generales para lograr un desarrollo territorial incluyente, equilibrado y sustentable, vinculando el ordenamiento territorial con el desarrollo urbano y el ordenamiento ecológico (...)” (PNDUOT, 2007-2012). En resumen, en materia de desarrollo urbano y ordenación del territorio las acciones son insuficientes y el programa es altamente ineficaz.

A continuación, en el cuadro 4 se resumen los objetivos que establecen el Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México y el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. Si bien el primero está alineado al Plan de Desarrollo del Estado de México y al Nacional, las acciones para el cumplimiento de los objetivos del mismo no pueden atribuirse directamente a los objetivos de impulsar un desarrollo urbano sustentable, de acuerdo con los tres Informes de gobierno del Estado de México (2007, 2008, 2009).

En el primer informe de labores (2007) sólo se menciona la regularización de predios, sin especificar en dónde se encuentran y qué afectaciones generaron los asentamientos o bien qué degradación ambiental se evitó. Parece que las políticas de desarrollo urbano se limitan tan sólo a regularizar los predios asentados irregularmente no hay acciones tendientes a evitar dicha proliferación, lo cual tiene en efectos negativos en el medio ambiente.

En tres años no se ha proporcionado información sobre el control de los asentamientos humanos irregulares y la disminución de los daños sobre los recursos naturales derivados de la ocupación de los primeros. Verificamos que el cumplimiento del desarrollo urbano sustentable conforme al criterio de eficacia no se lleva a cabo. Ello se debe a que las acciones son nulas.

En el caso del Programa General de Desarrollo Urbano del D.F. para 2003 es importante mencionar que éste no se encuentra alineado al actual, el de 2007-2012, y no es congruente con el Plan Nacional. Verificaremos la falta de eficacia por esta incongruencia y por las nulas acciones para el cumplimiento de una “planeación del desarrollo urbano sustentable” (Programa General de Desarrollo Urbano del D.F., 2003).

Por ejemplo, en lo correspondiente a la actualización de los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano, los cuales se encuentran en la versión para 1997, en tres años no habido resultados, ya que actualmente se encuentran en proceso de revisión en la Asamblea Legislativa (Tercer Informe de Gobierno del D.F., 2009). Por ello establecemos que no hay congruencia entre los programas delegacionales, el actual Plan de Desarrollo del D.F. y en menor medida con el PND.

Adicionalmente, en tres años se ha mencionado como acción estratégica de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda la creación del Código de Desarrollo Sustentable para la Ciudad de México, sin mencionar los objetivos ni las líneas de acción (informes de Gobierno, 2007, 2008,

2009). En tres años no se han establecido acciones ni resultados para este caso. Concluimos que no hay acciones que lleven al cumplimiento de los objetivos de desarrollo urbano sustentable.

Todo lo anterior explica la existencia y la incapacidad para controlar los asentamientos humanos sobre territorio de reserva ecológica, a pesar de que la Ley Ambiental del D.F. establece, en su artículo 28, que “el ordenamiento ecológico es un instrumento de política ambiental que tiene por objeto definir y regular los usos del suelo, en el suelo de conservación; los criterios ambientales aplicables a los usos y destinos del suelo de los Programas de Desarrollo Urbano en los asentamientos humanos en suelo de conservación, de los recursos naturales y de las actividades productivas, para hacer compatible la conservación de la biodiversidad con el desarrollo regional. (...)”.

Es importante resaltar que, si bien los planes y programas de desarrollo del Estado de México y del Distrito Federal están alineados al PND, esta congruencia se rompe en niveles inferiores, como en el caso de la delegación Gustavo A. Madero. El programa delegacional muestra un gran rezago ya que se publicó en 1997. Por tanto, no es congruente con el Programa General de Desarrollo (2007-2012) y con el Programa de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (2003), y no responde al cumplimiento del objetivo de “vigilar el cumplimiento del decreto que establece a la Sierra de Guadalupe como Parque Nacional y Zona de Conservación Ecológica”, mediante “la preservación de las áreas naturales, rescatar las áreas deterioradas y ocupadas con usos inadecuados, así como disminuir la contaminación y la vulnerabilidad de la ciudad” (Programa Delegacional de Gustavo A. Madero, 1997).

En síntesis, las acciones encaminadas al cumplimiento de la política de desarrollo urbano con sustentabilidad son escasas y no son eficaces. Las acciones en los tres niveles de gobierno están del todo alejadas del cumplimiento de un desarrollo urbano en equilibrio con el medio ambiente. Los resultados apuntan a la ineficacia, en el entendido de que las acciones encaminadas al cumplimiento de los objetivos de los programas puedan atribuirse a la política.

En suma, no hay congruencia entre las acciones de los planes y programas de desarrollo urbano con lo establecido en las leyes ambientales. Establecemos que los programas analizados para el cumplimiento del objetivo de un desarrollo urbano sustentable son altamente ineficaces y poco congruentes con las leyes ambientales en materia de crecimiento urbano y conservación de los recursos naturales.

3.5 Eficacia de los Planes y Programas Municipales que enmarcan la protección de la Sierra de Guadalupe

En congruencia con el Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011, el Plan Municipal de Desarrollo de Ecatepec 2006-2009 plantea en el pilar 1 B el “desarrollo urbano sustentable”. Para tal fin, se propone como objetivo “promover la creación de reservas territoriales para el desarrollo urbano que responda a las estrategias de ordenamiento territorial del municipio, así como *preservar las áreas naturales protegidas* propiciando el mejoramiento de la calidad de vida de los ecatepecenses”. Para su cumplimiento, se establecen como acciones la “preservación de áreas naturales protegidas, *abatir la incorporación irregular del suelo*”, así como también la realización de “*acciones de forestación y protección de la Sierra de Guadalupe y realización de obras y acciones que permitan su recuperación*” (Plan Municipal de Desarrollo de Ecatepec, 2006-2009).

Más adelante demostraremos que los objetivos de política de conservación de la Sierra de Guadalupe, de este municipio no se cumplen. En el caso de los asentamientos irregulares, aunque en 2007 se detectó que la ocupación del predio “Las Palomas” en la colonia La Joya (Primer Informe de Gobierno de Ecatepec, 2007), se había realizado de esa manera, la esta única acción en tres años no la consideramos suficiente. Además, si tomamos en cuenta que en Ecatepec hay 220 asentamientos irregulares y 250 en zonas lindantes con la Sierra de Guadalupe (*La Jornada*, 2004) (al menos en el área correspondiente al Parque Estatal), tal acción no es representativa.

En relación con el mantenimiento de las áreas verdes y la reforestación, en el Primer Informe de Gobierno (2007) se nos informa que se le dio mantenimiento a 0.927 km² de áreas verdes, es decir, aproximadamente 2% respecto al total; sin embargo, no se especifica en qué lugar o mediante qué acción. Esto demuestra que no hay acciones eficaces para el objetivo de preservar los recursos. Al año siguiente lo más relevante es la reforestación de 5,559 árboles para el caso del área urbana (Segundo informe de Gobierno de Ecatepec, 2008), es decir, 3.3 ha reforestadas, equivalentes a 0.08% del total de áreas verdes. En suma, en tres años las acciones tendientes a reforestar corresponden al 2.08%. Sin embargo, no hay indicaciones que éstas consideraron a la Sierra de Guadalupe.

Las acciones encaminadas a la recuperación de la Sierra de Guadalupe son insuficientes, ya que se limitan al restablecimiento del centro infectivo de la misma área natural (Segundo informe de Gobierno de Ecatepec, 2008). Sin embargo, ésta no es una acción vinculada a los objetivos de “Cuidar y proteger la reserva territorial de la Sierra de Guadalupe para fomentar la protección de los recursos naturales y el medio ambiente” y al objetivo de un “desarrollo urbano sustentable” (Plan Municipal de Ecatepec, 2006-2009). Por tanto, los objetivos no se cumplen y hay nula eficacia.

Tabla de Resultados I. Resultados del análisis de los planes y programas estatales, municipales y delegacionales

Vertiente	Planes/programas Estado de México y D.F.	Planes/programas: Estatales/ delegacionales		
		Ecatepec	Tlalnepantla	Gustavo A. Madero
		Objetivos		
Medio ambiente y Desarrollo urbano	<p>Plan de desarrollo del Estado de México: Objetivo 1: <u>Sustentabilidad ambiental para el desarrollo con conciencia ambiental</u> y protección a la biodiversidad.</p> <p>Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales D.F.: 3. Suelo de Conservación</p> <p>3.2.1 Objetivo general: <u>Proteger el Suelo de Conservación como espacio clave del equilibrio ecológico en la Ciudad, mediante la conservación</u> (...) para garantizar la permanencia de los servicios ambientales.</p> <p>3.2.2 Objetivos específicos: <u>Evitar la pérdida de Suelo de Conservación y recuperar superficie ocupada por asentamientos humanos irregulares, ubicados en zonas de alto valor ambiental.</u></p>	<p>Plan municipal de desarrollo: <u>Vigilar el cumplimiento de la norma</u> e impulsar la creación de infraestructura de servicios fundamentales para la comunidad, <u>que permitan el equilibrio ecológico y la sana convivencia social en el municipio.</u></p> <p>Pilar 1 B: Desarrollo sustentable y reto metropolitano: Promover la creación de reservas territoriales, para el desarrollo urbano (...), así como preservar las áreas naturales protegidas propiciando el mejoramiento de la calidad de vida de los ecatepecenses”.</p> <p>Para cumplir con éste objetivo se propone las siguientes acciones:</p>	<p>Plan municipal de desarrollo: <u>Objetivo General. Instrumentar acciones que coadyuven a revertir la contaminación y pérdida de la biodiversidad, a través del mantenimiento de áreas verdes, la reforestación, el control y regulación de agentes contaminantes,</u> la recolección y disposición de residuos sólidos y la difusión de la importancia del cuidado del medio ambiente, involucrando a todos los sectores de la sociedad.</p> <p>Pilar Seguridad Económica Mejorar el medio ambiente para el disfrute de las generaciones actuales y futuras. <u>Promover el desarrollo de actividades productivas y el respeto y conservación del Parque Estatal</u></p>	<p>Programa delegacional Objetivos Eje 6. Desarrollo sustentable y de largo plazo. Gestión sustentable del agua potable. Orientar las acciones de la demarcación a la recuperación del manto acuífero. Preservación del medio ambiente. Preservar las áreas de conservación ecológica a través del cuidado y libres de asentamientos irregulares. Preservar el acuífero con agua de lluvia en las zonas de conservación.</p>

	<p><u>“Preservación de áreas naturales protegidas, abatir la incorporación irregular del suelo”, “Acciones de forestación y protección de la Sierra de Guadalupe y realización de obras y acciones que permitan la recuperación”</u></p>	<p>Sierra de Guadalupe</p>	
Resultados			
<p>Plan de desarrollo del Estado de México 1/: Al cierre del primer año 2005-20011, <u>se llevó a cabo la plantación de 619 mil 750 árboles.</u> Significa que se reforestó 516.4 ha., es decir, <u>solo el .05% del total de ANP.</u></p> <p>A pesar de que las ANP's representan el 39.3% del territorio estatal, los programas para su reforestación se estiman en solo .05% al año 2006. A 2007, se hace mención de la construcción de una barrera arbolada para el caso de Ecatepec, de poco menos del 3% del territorio de este municipio.</p> <p>Para 2008, se reforesta <u>0.7% en áreas degradadas del Estado de México con fines de recuperación de microcuencas y el mismo porcentaje por concepto de mantenimiento.</u> Para el caso de las caso de las 5 ANP's de la ZMVM, que incluyen a Sierra de Guadalupe, <u>en 2007 se reforestó 0.4%, en 2008, 0.2% y en 2009 el 2% del total de las 5 ANP's pertenecientes a la ZMVM y correspondientes al Estado de México,</u></p> <p>Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales D.F.: 2007: De las 12 ANP en el Distrito Federal, el 58% cuentan con Programa de Manejo, <u>en este año se menciona que la publicaron de los Programas de Manejo de las ANP “Cerro de la Estrella” y del ANP “La Armella”, bajo la categoría de Zona de Conservación Ecológica.</u></p> <p>Lo anterior es una acción mínima en suelo de conservación ya que representa el <u>1% respecto al total, y representa el 4% respecto al ANP Sierra de Guadalupe a la cual pertenece.</u> 2008: No hay acciones, no se cumplen los objetivos del programa 2009.</p>	<p>Ecatepec 2/: En relación al mantenimiento de áreas verdes y reforestación solo se menciona que se le dio mantenimiento a 0.927 km de <u>áreas verdes sin especificar el lugar o la acción de mantenimiento.</u> Es decir, <u>2% de áreas verdes.</u></p> <p>Debido a que no contamos con datos exactos del total de áreas verdes existentes en Ecatepec, asumimos que si el 72% del territorio es de carácter urbano y el resto está activado por el parque estatal Sierra de Guadalupe, el depósito de Evaporación Solar del Caracol y las áreas en diferendo de límites (considerando que ésta última área que era un sistema regulador de los niveles de los mantos freáticos a más de que fue concebido para evitar tolvaneras y provocar humedad en el medio ambiente, hoy es un pequeño desierto de 811 hectáreas) (Plan Municipal de desarrollo de Ecatepec, 2006-2009), la entidad cuenta con una superficie aproximada de 43.97 km. <u>Por tanto, la superficie total reforestada en este periodo corresponde al 2%.</u></p> <p>Lo más relevante a 2008 es la reforestación de 5,559 árboles para el caso del área urbana, sin tomar en cuenta el área ecológica de nuestro estudio, es decir, 3.3 hectáreas reforestadas. <u>En total se reforesta en el periodo de gestión analizado 2.08% del total de áreas verdes.</u></p>	<p>Tlalnepantla 3/: En materia a la Protección al Ambiente, <u>se realiza el mantenimiento a parques, jardines, áreas verdes y recreativas, en un 38%, acción que se refiere al mantenimiento de áreas verdes urbanas y no necesariamente al parque Estatal Sierra de Guadalupe.</u> Para el caso de los objetivos de: “Promover el desarrollo de actividades productivas y el respeto y conservación del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, así como <u>“aplicar reforestación continua a las zonas deforestadas de la Sierra de Guadalupe” (PDM, 2006-2009), no se alcanzan, debido a la inexistencia de acciones que se vinculen a ello.</u></p> <p>En materia de desarrollo urbano las acciones son escasas y no pueden atribuirse al cumplimiento de los objetivos a través de las estrategias, ya que se esperaba: “confinar los asentamientos irregulares ya establecidos sobre la Sierra de Guadalupe”, lo cual no se lleva a cabo.</p> <p>Siguiendo con el segundo informe para el mismo gobierno, se cumplen parcialmente los objetivos de realización de recorridos en la Sierra de Guadalupe, ya que solo se realizan dos recorridos en el año y no se establecen los resultados de los mismos. Adicionalmente, se colocaron letreros en las laderas de la Sierra de Guadalupe durante junio “Mes del Medio Ambiente”, con la leyenda “Recuperación del Suelo Erosionado”.</p>	<p>El caso de la delegación Gustavo A. Madero, no hay acciones tendientes al cumplimiento de los objetivos del programa de desarrollo delegacional, debido al rezago y la incongruencia que tiene el programa la misma delegación con el actual programa general de desarrollo y desarrollo urbano del D.F. Además, debemos comentar que no cuenta con un informe de labores que nos lleve a establecer el cumplimiento de los objetivos del mismo programa. En todo caso, las acciones en materia urbana y ambiental se establecerían en los informes de gobierno del D.F., sin embargo, no hay evidencia de ello.</p> <p><u>Solo se menciona el decreto de la Armella, que en Suelo de Conservación representa el 0.22% respecto al total y significa 3.26% respecto al total de la Sierra de Guadalupe.</u></p>

Fuente: elaboración propia con información del Gobierno del Estado de México, Plan de desarrollo del Estado de México (2006-2009), Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México, (2006-2009). Información proporcionada por el H. Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos y Tlalnepantla: Planes Municipales de Desarrollo. Información proporcionada por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del D.F. Programas Delegacionales del Gobierno del Distrito Federal.

1/ Para el análisis de cumplimiento de la preservación y conservación de la Sierra de Guadalupe, revisamos los informes de Gobierno Municipal de Ecatepec de 2007-2008.

2/ Para el análisis de cumplimiento de la preservación y conservación de la Sierra de Guadalupe, revisamos los informes de Gobierno Municipal de Tlalnepantla de 2007-2009.

3/ Para verificar si hay cumplimiento en el objetivo de cuidar y preservar la ANP Sierra de Guadalupe (en el D.F.), así como evitar la incorporación de asentamientos humanos sobre esta área natural, revisamos el programa de desarrollo de la delegación Gustavo A. Madero; sin embargo, las delegaciones no cuentan con informes de labores y por ello nos referimos a los informes del D.F. Cabe mencionar que dicho programa está rezagado; por tanto, podemos pensar que los objetivos establecidos en éste programa no pueden responder a las demandas actuales

Aunque el Plan Municipal de Tlalnepantla (2009-2012) es congruente con el Plan Estatal de Desarrollo (2005–2011), así como con el PND (2001-2012), las acciones encaminadas al cumplimiento del objetivo de un “*desarrollo urbano sustentable*”, no se llevan a cabo. Revelaremos que es poco eficaz la política municipal encaminada a “Mejorar el medio ambiente para el disfrute de las generaciones actuales y futuras y *promover el desarrollo de actividades productivas y el respeto y conservación del Parque Estatal Sierra de Guadalupe*” (Plan Municipal de Tlalnepantla, 2009-2012).

En la tabla 4 en materia de desarrollo urbano del municipio de Tlalnepantla se detalla lo siguiente: se trata de cumplir con los objetivos y las líneas de acción correspondiente a la actualización del programa de desarrollo urbano de Tlalnepantla. Este objetivo sólo se alcanza en un 20% a diciembre de 2007 (Primer Informe de Gobierno, 2007). Consideramos que dicha acción no es suficiente, ya que al cierre del periodo de gobierno no se llevan a cabo más acciones para el cumplimiento del mismo.

En tres años, en materia de protección al ambiente, se realiza el mantenimiento a parques, jardines, áreas verdes y recreativas, en un 38%, porcentaje significativo de acuerdo con el total de áreas forestales (columna de resultados). Sin embargo, esta acción se refiere tan sólo al mantenimiento de áreas verdes urbanas y no necesariamente a recursos naturales como el Parque Estatal Sierra de Guadalupe.

Para el caso de los objetivos de “Promover el desarrollo de actividades productivas y el respeto y conservación del Parque Estatal Sierra de Guadalupe”, así como “aplicar reforestación continua a las zonas deforestadas de la Sierra de Guadalupe” (PDM, 2006-2009), no se alcanzan, debido a la inexistencia de acciones que se vinculen a ello, en el entendido de que éstas deberán responder al “mantenimiento de áreas verdes, la reforestación, el control y regulación de agentes contaminantes (...)”, como lo establece el mismo programa (PDM, 2006-2009). En materia de desarrollo urbano las acciones son escasas y no pueden atribuirse al cumplimiento de los objetivos, ya que se esperaba: “confinar los asentamientos irregulares ya establecidos sobre la Sierra de Guadalupe”, lo cual no se realizó.

En el Segundo Informe de Gobierno (2008) se nos indica que se llevaron a cabo dos recorridos en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales en la Sierra de Guadalupe; sin embargo, no se establecen los resultados de los mismos. Se colocaron además letreros en las laderas de la Sierra de Guadalupe durante junio, “Mes del Medio Ambiente”, con la leyenda “Recuperación del Suelo Erosionado”. Acciones que en tres años no contribuyen a “evitar la extracción clandestina de flora y fauna de la Sierra de Guadalupe, (...) así como evitar el crecimiento urbano (...)” (PDM, 2006-2009). Estrategias establecidas en el programa de desarrollo del municipio. En síntesis, no existen acciones de preservación, conservación y mantenimiento de la Sierra de Guadalupe; por tanto, no se cumple con el objetivo de la política.

Hasta aquí tenemos los resultados de la evaluación del cumplimiento en la protección de la Sierra de Guadalupe para los municipios de Ecatepec y Tlalnepantla en materia ambiental y urbana en su categoría de Parque Estatal. Es importante hacer mención que en el caso de la Delegación Gustavo A. Madero, en su categoría de ANP, no hay acciones tendientes al cumplimiento de los objetivos de la política debido al rezago y la incongruencia que tiene el programa de desarrollo de la misma delegación con el actual Programa General de Desarrollo y Urbano del D.F. (2007-2012).

En todo caso, las acciones tendientes al cumplimiento de “un desarrollo sustentable y de largo plazo”, así como de “frenar la expansión de la mancha urbana, proteger nuestros recursos naturales, aprovechar la infraestructura que ya existe y la mejor para crear nuevas zonas de desarrollo, fomentar la integración metropolitana y posicionar a la demarcación en el ámbito metropolitano regional como una delegación con equidad, sustentabilidad y competitividad” (Programa Delegacional Gustavo A. Madero, 1997), no se llevan a cabo, ya que no se encontraron acciones vinculadas a ello en los informes de labores del D.F. (se menciona el decreto de la “Armella”, el cual ya analizamos).

Es pertinente mostrar un ejemplo de cómo se consolidan los asentamientos irregulares en zonas de conservación ecológica y que demuestra la ineficacia de las políticas para la planeación y ordenación del territorio. Más aún, en el tema de la estabilidad ecológica de los centros de población presentes y futuros al regularizar la posesión de la tierra obtenida de forma irregular. Éste es el caso del Programa Parcial de Desarrollo Urbano Sector Norte de la Zona 10 la “Lengüeta” del Programa Delegacional de Desarrollo Urbano (2000) para la Delegación Gustavo A. Madero, el cual examinamos a continuación.

La ocupación del territorio del polígono de aplicación del programa obedece al dinamismo poblacional de la ZMVM y al crecimiento del territorio a partir de la década de 1940 con la sabida ocupación de grandes áreas naturales. Este hecho determina la deforestación y degradación de la Sierra de Guadalupe, al menos en lo correspondiente al ANP. El crecimiento del área urbana en Cuauhtepec se manifiesta inicialmente durante la década de 1940 y 1950, años en los que se definen los límites ejidales y se dota a ésta de obras de infraestructura, como agua potable, pavimentación y calles (*Gaceta Oficial del D.F.*, 2000).

El crecimiento de Cuauhtepec, el cual se conforma en un inicio por asentamientos irregulares que con el tiempo se regularizaron, nos lleva a pensar que este hecho propició el crecimiento de los mismos sobre reservas ecológicas. Una vez dotado Cuauhtepec de servicios y, por tanto, establecida como área urbana, la proliferación de los asentamientos se generalizó. Entre 1970 y 1980 la zona de Cuauhtepec sigue expandiéndose al mismo ritmo que toda la Ciudad de México, apropiándose de áreas ejidales, en detrimento de los recursos naturales (*Gaceta Oficial del D.F.*, 2000).

En 1979 la regularización de la tenencia de la tierra a favor de la ocupación ilegal no se hace esperar y se emite el primer decreto de regularización de 419.88 ha. En 1985 se promulga el segundo decreto con la misma dinámica de regularización de 17.88 ha, y en 1990 se publica el tercer decreto a favor de las colonias Juventino Rosas, El Tepetatal, La forestal Lomas de Cuauhtepec y Malacates, con una extensión de 484.16 ha (*Gaceta Oficial del D.F.*, 2000).

La presión de los asentamientos se produce sobre el ANP y se ocupa el área denominada la Lengüeta de 35.10 ha. Como vemos, esta ocupación sobre el área ecológica es evidente y es la causa del decreto de la Sierra de Guadalupe en 1993. La dinámica de ocupación anterior obedece al mismo patrón de 1990, es decir, podemos pensar que el descrito crecimiento de la ocupación entre 1979 y 1990 se debió en gran medida a la ocupación sobre áreas naturales.

El caso del Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Sector Norte “La Lengüeta”, sirve para evidenciar que el crecimiento urbano en sus inicios, al menos para el caso que nos ocupa, se propicia sobre los recursos naturales de la Sierra de Guadalupe y, con el tiempo, sin leyes y decretos de protección antes de 1993 de ésta última, llevaron a su degradación. No obstante, los

asentamientos irregulares se van consolidando con el tiempo, propiciados por los gobiernos locales al abastecer a estos de infraestructura y equipamiento, lo que incentiva el crecimiento de los mismos.

Es importante señalar que la población que habita en la Lengüeta es la causa del costo social que asume la población a consecuencia de las inundaciones provenientes de la Sierra de Guadalupe (en su categoría de ANP), por efecto de la deforestación que dichos asentamientos irregulares propician, como muestra la tabla 15. Es decir, el beneficio es para el 28% de la población y el costo social lo asume el 72% asentado regularmente. Pero al mismo tiempo, el mismo porcentaje que se ve beneficiado y se asienta de forma irregular es afectado por los costos económicos asociados a las inundaciones y deslaves.

Tabla 15. Habitantes asentados irregularmente en el ANP Sierra de Guadalupe

Localización de asentamiento irregulares y número de habitantes				
Nº	Colonia	Nº habitantes	Régimen de tenencia	Grado de consolidación
1	Parque metropolitano	462	ANP <u>1/</u> (irregular)	Regular
2	Forestal	116	ANP <u>1/</u> (irregular)	Regular
3	Forestal II	4763	ANP <u>1/</u> (irregular)	Regula/bajo
4	Verónica Castro	1265	ANP <u>1/</u> (irregular)	Bajo
5	Ampliación Malacates	1304	irregular	Regular
6	15 de septiembre	660	ANP <u>1/</u> (irregular)	Bajo
7	dispersos dentro de suelo urbano	605	irregular	Regular
Total		9175		
Total asentados dentro del ANP		8570		
Total afectados por inundaciones <u>2/</u>		30,129		
Irregulares /afectados		28%		

Fuente: elaboración propia con información del Gobierno del Estado de México, Atlas de inundaciones municipal del Estado de México (2007). Programa de Desarrollo Delegacional de Gustavo A. Madero. INEGI (2009), Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Sistema Municipal de Base de Datos. Gaceta Oficial del Distrito Federal (2000), Decreto por el que se aprueba el programa parcial de desarrollo urbano Sector Norte de la Zona 10 La Lengüeta del programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Gustavo A. Madero

1/ Colonias que se encuentran en su totalidad dentro de la reserva ecológica, causantes de la deforestación

2/ En el capítulo II, página 33, estimamos el total de habitantes afectados por inundaciones, el cual se calcula en 30,129 habitantes

La urbanización descrita significa la ocupación irregular del suelo, lo cual originó tardíamente en 1993 el decreto para declarar ANP la Sierra de Guadalupe (para contribuir a su protección). Otro aspecto que evidencia la ineficacia de las políticas ambientales es la construcción de un muro de concreto en 1999 para impedir la proliferación de los asentamientos irregulares, pero a partir de la fecha de su construcción se ha modificado tres veces a causa de la presión de los mismos, siendo la Lengüeta factor importante de este suceso.

Debido a que no se especifica si esta dinámica de ocupación de forma irregular en sus inicios se estableció a costa de los recursos naturales en su totalidad si asumimos que dicha ocupación se

originó sobre la Sierra de Guadalupe antes de los decretos de regularización de la tierra y del decreto como ANP en 1993, tenemos el siguiente resultado: se ocupó 132% del territorio con que actualmente cuenta la Sierra de Guadalupe en su categoría de ANP.

En conclusión, si bien la LGEEPA es congruente con las leyes ambientales estatales y del D.F., al reflejar la protección y conservación de los recursos naturales, tienen sin embargo, vacíos: no hay sanciones a la ocupación sobre los recursos naturales, ya sea por cambios antropogénicos o cualquier acción negativa en detrimento del capital natural. A lo largo de esta investigación encontramos que en el caso del Suelo de Conservación del D.F. será necesario que esta entidad cuente con una ley exclusiva para su protección, además que todas las leyes deberán establecer sanciones a la ocupación de áreas naturales.

En el caso de las leyes de desarrollo urbano, si bien prevén evitar el crecimiento del territorio y de los asentamientos humanos sobre los recursos, no se especifica que su protección sea prioridad. En menor medida hay sanciones y límites al crecimiento, en cualquiera de sus formas sobre los recursos. Será necesario establecer sanciones que limiten y consideren prioritaria la preservación e incorporación de los recursos dentro del crecimiento territorial.

En escala nacional es evidente que las acciones encaminadas al cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad ambiental quedan lejos del acatamiento de la política pública. No hay eficacia. A nivel Estatal y del D.F., si bien los planes y programas de desarrollo son congruentes, los objetivos de los mismos no se cumplen. En suma, las acciones son insuficientes e ineficaces y los objetivos de la política pública no se cumplen. El Distrito Federal, no se aleja de estos mismos resultados. Consideramos que las acciones en ésta entidad, consideramos son insuficientes y poco eficaces.

En el caso de desarrollo urbano la situación parece empeorar. Las acciones para el cumplimiento de un desarrollo urbano en condiciones de sustentabilidad no se llevan a cabo. A nivel municipal y delegacional (local), la protección al ambiente y el control de los asentamientos humanos sobre la Sierra de Guadalupe no se cumple. Comprobamos entonces que los planes y programas de desarrollo no han cumplido con sus objetivos de política de conservación y protección de los recursos naturales, como queda demostrado con la deforestación de la ANP y Parque Estatal Sierra de Guadalupe, propiciada principalmente por los procesos antropogénicos como el cambio de uso de suelo, evidenciando al mismo tiempo que los planes y programas de desarrollo urbano no contemplan como prioridad su protección.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA PRESERVACIÓN Y REFORESTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES: SIERRA DE GUADALUPE A 30 AÑOS

En las últimas décadas el país ha presenciado un cambio importante en los patrones de usos de suelo, mismos que trastocaron el suelo forestal de diversas áreas naturales. Este es el caso del ANP y Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Es objetivo del presente capítulo es calcular el costo económico que para la población y gobiernos locales tiene la deforestación a mediano y largo plazos y confrontarlo con el costo que implica su recuperación con el fin de averiguar si el costo futuro de su degradación es más alto que el de su preservación. Nos proponemos comprobar que el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen por su deforestación. Lo hacemos en seis incisos.

En el primer inciso, mediante el índice de sesgo propuesto por Asuad (2001), estimaremos el índice de explotación forestal de la región analizada; la Sierra de Guadalupe, al mismo tiempo demostrar con base en este mismo índice, que el uso de suelo urbano está desplazando al suelo forestal natural de la Sierra. En el segundo inciso describimos la metodología a utilizar para estimar la rentabilidad de una propuesta de reforestación de la Sierra de Guadalupe. En el tercer inciso, estableceremos el primer escenario sin proyecto a partir de la dinámica del suelo forestal del área de estudio. Estimaremos la tendencia futura de continuar con el mismo nivel de explotación y sus posibles efectos económicos como ambientales en el futuro.

En el cuarto inciso presentamos un escenario optimizado de continuar con la misma tendencia de explotación del recurso. También revisaremos las medidas de optimización adoptadas por los gobiernos a los que pertenece el área de estudio y que contribuyan a disminuir los problemas, tanto de deforestación, como de los efectos derivados de la misma, en este caso las inundaciones. Es decir, las medidas adoptadas por los Gobiernos locales para disminuir los problemas percibidos, producto de la deforestación de la Sierra de Guadalupe.

Posteriormente, estableceremos una alternativa de solución a la problemática enfrentada a través del tiempo por la deforestación en Sierra de Guadalupe. En este inciso estableceremos un escenario para su reforestación y preservación, Con este fin calcularemos la inversión estimada en reforestación y lo contrastaremos con los beneficios de la misma, como captura de carbono, disminución de inundaciones y pago por servicios hidrológicos. Finalmente, en el último inciso efectuaremos un análisis de la rentabilidad de la reforestación en la Sierra de Guadalupe, es decir, calcularemos los indicadores VAN, y TIR, así como la relación costo-beneficio.

4.1 Metodología del índice de sesgo formulado por Asuad (2001)

En este apartado analizamos el índice de sesgo formulado por Asuad (2001), esta metodología se describe en el capítulo V, "*Técnicas y metodologías para la identificación de regiones*", del libro de *economía regional y urbana*, denominado "*Introducción a las teorías, técnicas y metodologías básicas*", publicado por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Colegio de Puebla y Asociación de Ex alumnos de la FE-UNAM en el año 2001. Cabe mencionar que una aplicación de dicho índice se encuentra en la tesis de maestría de Mendoza (2009), denominada "El área forestal desplazada por los cambios de uso de suelo para el cultivo del aguacate y los principales

beneficios y costos económicos y ambientales en la zona de producción de aguacate del Estado de Michoacán 1996-2006”.

Mendoza (2009) muestra, mediante la metodología formulada por Asuad (2001), que el cambio de uso de suelo forestal, analizados para once municipios de Michoacán, está siendo desplazado por el cambio de uso de suelo a agrícola. Demuestra que en el periodo analizado, 1996-2006, se aprecia una clara sobreexplotación del suelo forestal debido al cambio de uso de suelo agrícola en la región analizada, es este caso para el cultivo de aguacate. Retomamos la metodología propuesta por Asuad (2001), donde el índice de sesgo refleja la intensidad o especialización de usos de suelo en las regiones. Dicha metodología se define de la siguiente forma:

El índice de sesgo \longrightarrow $IS = \frac{IEus}{IPA}$

Es decir:

$IEus$: Es el coeficiente de especialización del uso de suelo forestal

IPA : Es el coeficiente de potencial agrologico forestal

Donde:

$$IEus = \frac{US_{AR}}{US_{TR}} / \frac{US_{AP}}{US_{TP}}$$

US_{AR} : Uso de suelo de la actividad seleccionada de la región

US_{TR} : Uso de suelo de la actividad total de la región

US_{AP} : Uso de suelo de la actividad seleccionada del país

US_{TP} : Uso de suelo de la actividad total del país

Así:

$$IPA = \frac{SP_{AR}}{SP_{TR}} / \frac{SP_{AP}}{SP_{TP}}$$

Donde:

SP_{AR} : Suelo potencial de la actividad seleccionada de la región

SP_{TR} : Suelo potencial de la actividad total de la región

SP_{AP} : Suelo potencial de la actividad seleccionada del país

SP_{TP} : Suelo potencial de la actividad total del país

De acuerdo con la metodología analizada, si $IS > 1$ significa que el uso de suelo de la actividad seleccionada se está utilizando por arriba de su potencial agrológico, es decir, la actividad analizada se mantiene en niveles de sobreexplotación. Pero si $IS = 1$ quiere decir que el suelo de la actividad seleccionada se está utilizando de modo adecuado al potencial agrológico. Por último, si $IS < 1$ indica que el suelo de la actividad analizada puede explotarse con mayor intensidad, significando que se aprovecha pero por debajo de su potencial.

Una vez descrita la metodología del índice de sesgo, proponemos utilizarlo para conocer si existe una sobreexplotación del suelo forestal natural para nuestro caso de estudio. En primer lugar, proponemos demostrar mediante este índice que en la Sierra de Guadalupe hay deforestación en el periodo 1970-2009. En segundo lugar, demostraremos mediante la misma metodología, pero a partir de la aplicación en un segundo caso del índice de sesgo, que esta deforestación o cambio de uso de suelo se debe principalmente a un cambio de forestal a urbano. Es decir, nos proponemos demostrar que la deforestación en la Sierra de Guadalupe, es resultado sobre todo de la urbanización.

4.1.1 Aplicación del índice de sesgo para deforestación de la Sierra de Guadalupe

Como se describió en el punto anterior, estimaremos el cambio de uso de suelo en el área conocida como Sierra de Guadalupe, a partir del índice de sesgo, propuesto por Asuad (2001), el cual refleja la intensidad o especialización de los usos de suelo en las regiones. Lo anterior se realiza con el fin de mostrar el estado que guarda el suelo forestal de la Sierra de Guadalupe en sus categorías de ANP en suelo de conservación y Parque Estatal. Para establecer el índice de sesgo de “deforestación” para el caso de la Sierra de Guadalupe definimos lo siguiente:

$$\text{Índice de sesgo de “deforestación”} \longrightarrow IS_{Df} = \frac{IEus}{IPA}$$

Donde:

$IEus$: Es el coeficiente de especialización del uso de suelo forestal de la Sierra de Guadalupe

IPA : Es el coeficiente de potencial agrologico forestal de la Sierra de Guadalupe

Para nuestro caso de estudio: $\longrightarrow IEus = \frac{US_{FM}}{US_{TM}} / \frac{US_{FE}}{US_{TE}}$

Donde:

US_{FM} : Uso de suelo forestal en los cinco municipios (Sierra de Guadalupe)

US_{TM} : Uso de suelo total de la superficie de los cinco municipios

US_{FE} : Uso de suelo forestal del Estado (uso de suelo forestal del Estado de México y D.F.)

US_{TE} : Uso de suelo total del Estado (uso de suelo total del Estado de México y D.F.)

De tal forma que: $\longrightarrow IPA = \frac{SP_{FS}}{SP_{TM}} / \frac{SP_{FE}}{SP_{TE}}$

Donde:

SP_{FS} : Superficie del suelo potencial forestal de la Sierra de Guadalupe (por ser el uso de suelo máximo a explotar y año de inicio de nuestro análisis)

SP_{TM} : Superficie del suelo potencial total de los cinco municipios

SP_{FE} : Superficie del uso de suelo potencial forestal del Estado (suelo potencial forestal del Estado de México y D.F.)

SP_{TE} : Superficie del uso de suelo total del Estado (superficie de suelo total del Estado de México y D.F.)

De acuerdo a lo anterior, decimos que:

✚ Si $IS_{Df} > 1$; el uso de suelo forestal está siendo explotado más de lo debido, es decir, existe deforestación.

✚ Si $IS_{Df} = 1$; el uso de suelo forestal se encuentra en sus niveles óptimos de explotación

✚ Si $IS_{Df} < 1$; el uso de suelo forestal no está siendo explotado o bien no hay deforestación

Para estimar el índice de sesgo el cual reflejará si el uso de suelo forestal del área de estudio está siendo explotado por encima de sus niveles óptimos naturales, es decir, si existe deforestación, establecemos lo siguiente:

1. En primer lugar es importante señalar que el suelo de la Sierra de Guadalupe es forestal, y que el suelo forestal existente en los municipios de Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla, Tultitlan y la delegación Gustavo A. Madero en el Distrito Federal corresponden a la Sierra de Guadalupe, de acuerdo con los mapas de usos de suelo de los municipios.

Como menciona la SMA del Estado de México (2010), el medio físico de para los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla, Tultitlan y Coacalco; corresponde al ANP Parque Estatal Sierra de Guadalupe, donde el uso de suelo de dicha área natural es forestal de protección y conservación ecológica y urbana.

Además, de acuerdo con el mapa de usos de suelos del INEGI a 2006, el suelo forestal de la Sierra es predominantemente pastizal. Hacia el Distrito Federal, el uso de suelo del ANP Sierra de Guadalupe, de acuerdo con el mapa de usos de suelos a 2006 (INEGI, 2010), es también pastizal. Es de interés mencionar que estudios geológicos y geomorfológicos sobre la Sierra de Guadalupe analizan ésta a partir de la información de los municipios que la contienen, tal como lo examinan López, García, Galván y Valerio (2007).

2. La tabla 16, muestra la superficie según uso de suelo de los municipios que contienen al ANP y Parque Estatal Sierra de Guadalupe para el periodo 1970-2009. El periodo seleccionado corresponde al año de creación del Parque Estatal, como año base 1976 y 2009 por ser el momento del análisis.

3. Por tanto, para estimar el total de uso de suelo forestal definimos lo siguiente:

$$SF = Pa + Bo + MaXe \dots \dots \dots 1970-1989 \text{ y};$$

$$SF = Pa + Bo \dots \dots \dots 1990- 2009$$

Donde:

SF = Suelo forestal

Pa = Pastizal

Bo = Bosque

MaXe = Matorral Xerófito

Para establecer el análisis anterior, nos basamos en los mapas de vegetación y uso de suelos de Semarnat-INE (2010), elaborados con las cartas de usos de suelos y vegetación de 1976 y 2006, correspondiente a la Sierra de Guadalupe. Así también, establecemos nuestro análisis con información de los anuarios del Estado de México y del distrito Federal de los años 1990, 2005, 2009 de INEGI (2010), información basada en las cartas de usos de suelos y vegetación series I y, II ^{12/} y 1976, de acuerdo con el decreto de creación del Parque Estatal Sierra de Guadalupe.

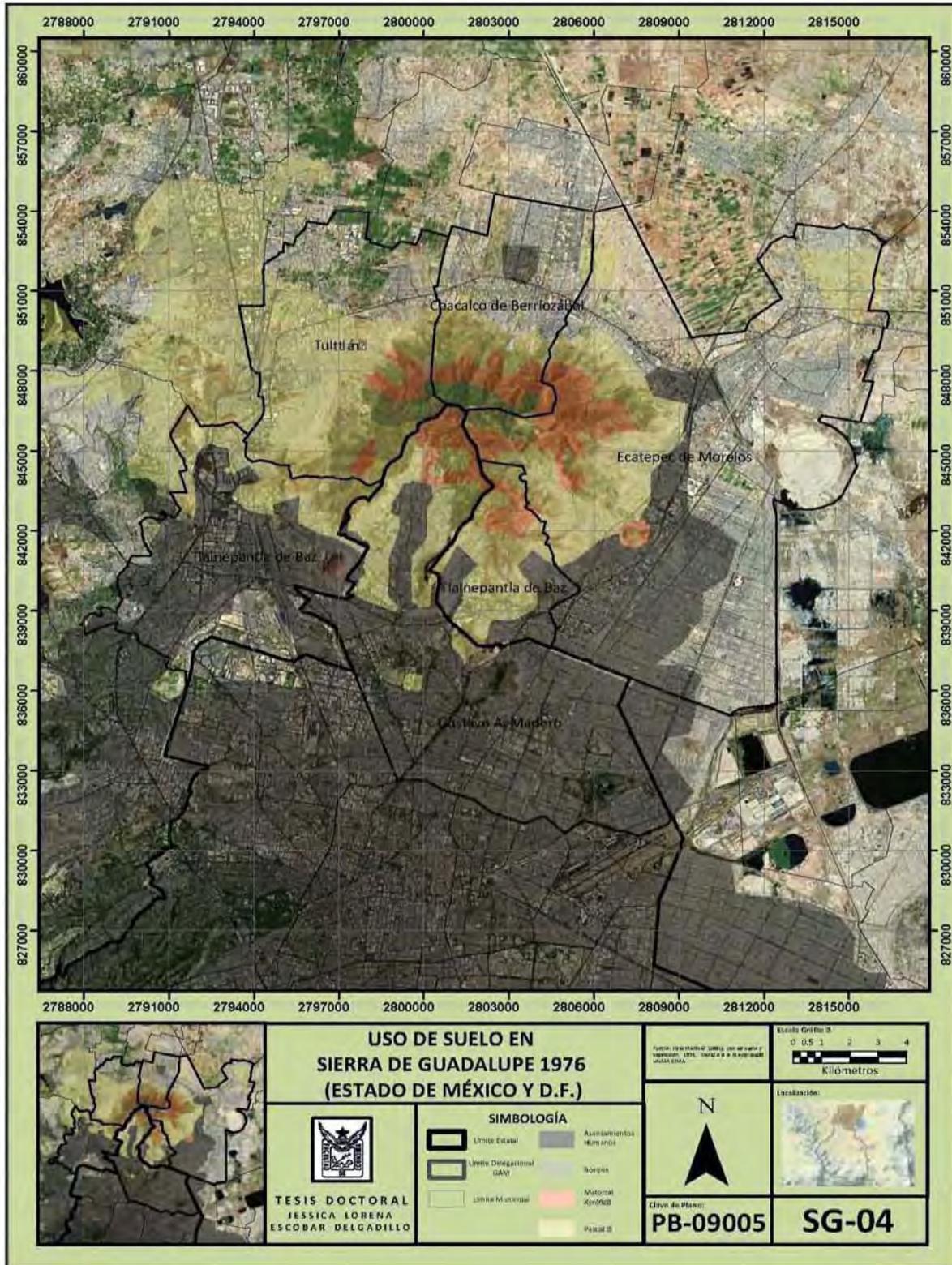
A partir de dicha información decimos que al año del decreto del Parque Estatal Sierra de Guadalupe (1976), se calculaba dos tipos de usos de suelo: forestal (compuesto por matorral, pastizal y bosque) y suelo urbano, como lo ilustra el mapa 4. Recordemos que de acuerdo con su decreto de creación, se estableció como área protegida debido a la fuerte presión que ejerció (y sigue ejerciendo) el suelo urbano.

Si bien en este periodo ya contaba la Sierra con uso de suelo predominantemente pastizal inducido, esto se debió, como lo señala CONABIO (2010), al desmonte de vegetación natural que sin duda alguna sostenía otro tipo de vegetación antes de la intervención del hombre (urbanización), cuyo auge es por lo común un bosque.

Con el tiempo, como muestran los mapas 4 y 5, el suelo forestal de la Sierra siguió degradándose por factores de urbanización, a tal punto que al año 2006, como nos indica el mapa 5, el suelo de la Sierra es forestal, con predominio de pastizal inducido. Cabe mencionar que entre las causas de creación de este Parque, entre otras, son el control y prevención de asentamientos humanos y de escurrimientos pluviales e inundaciones (Decreto, 1976).

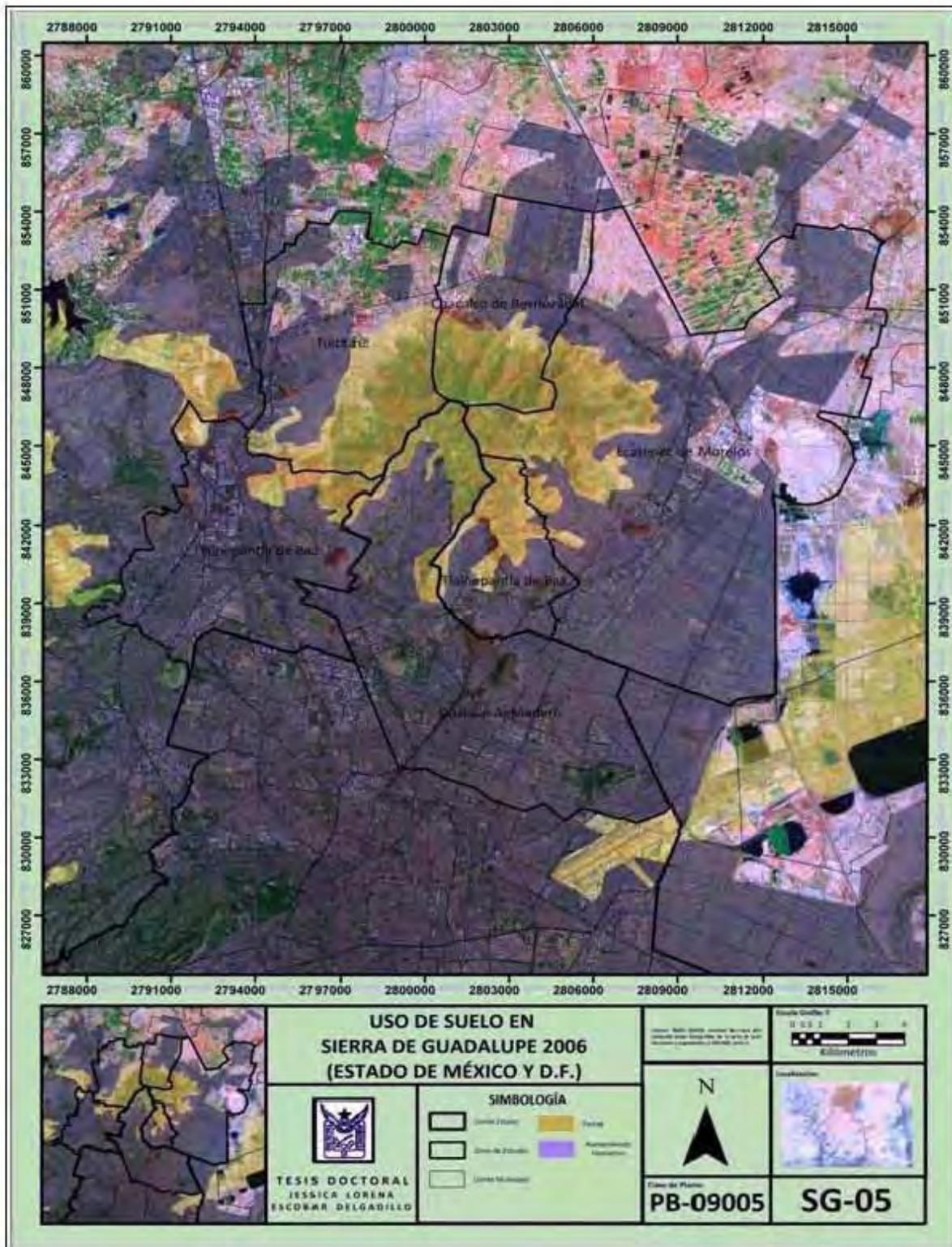
^{12/} Velázquez et al., (2002), señalan que la cartografía de uso de suelo y vegetación serie I de INEGI, escala 1:250,000, se elaboró a partir de fotografías aéreas entre los años 1968 y 1986, que incluyó más de 10,000 sitios de verificación. A principios de la década de 1990, INEGI llevó a cabo una actualización de la cartografía serie I con base en espacio mapas, impresos a escala 1:250,000, aún más detallada, con más de 600 categorías denominada serie II.

Mapa 4: Uso de suelo en Sierra de Guadalupe 1976 (Estado de México y D.F.)



Fuente: elaboración propia con base en información de IG-SEMARNAT (2001). Uso de suelo y vegetación 1976, Instituto de Geografía, UNAM; SEMARNAT

Mapa 5: Uso de suelo en Sierra de Guadalupe 2006. (Estado de México y D.F.)



Fuente: elaboración propia con base en información de INEGI (2010). Continuo Nacional de Conjunto datos Geográficos de la carta de uso de suelos y vegetación, 1:250 000, serie II.

4. Con la información de los años seleccionados, 1976, 1990, 2005 y 2009, calculamos las TMC anual para los años faltantes, donde:

$$TMC = \left[\left(\frac{\text{año final}}{\text{año inicial}} \right)^{\frac{1}{n-1}} - 1 \right] * 100$$

5. El potencial agrológico es el uso de suelo a 1970, debido a que es el año de inicio de nuestro análisis, pero también es el uso de suelo forestal máximo a explotar.
6. Los datos utilizados de superficie según uso de suelo de la Sierra de Guadalupe provienen de los anuarios estadísticos del Distrito Federal y Estado de México de INEGI de los años 1990, 2005, 2009, correspondientes a las cartas de usos de suelos y vegetación series I, II, y III, del INEGI.

Tabla 16. Superficie por uso de suelo forestal de la Sierra de Guadalupe (1970-2009)

USO DE SUELO FORESTAL SIERRA DE GUADALUPE (HA.)						
Año	Gustavo A. Madero	Coacalco	Ecatepec	Tlalnepantla	Tultitlan	Total
1970	779.7	1,281.6	1,812.76	1,135.64	1,076.78	6,086.45
1975	756.5	1,218.1	1,784.36	1,095.85	993.32	5,848.18
1980	733.4	1,157.9	1,756.40	1,057.45	916.34	5,621.46
1985	710.2	1,100.6	1,728.89	1,020.40	845.32	5,405.37
1990	687.0	1,046.1	1,701.80	984.65	779.80	5,199.35
1995	664.1	981.8	1,619.43	645.10	579.48	4,489.88
2000	642.0	921.4	1,541.05	422.65	430.62	3,957.69
2005	710.0	864.7	1,466.46	276.90	320.00	3,638.07
2009	826.8	853.5	1,455.89	278.30	316.90	3,731.36

Fuente: elaboración propia con información de INEGI (2010), anuarios estatales. SEMARNAT (2010), CONAFOR (2010), Informe de auditoría a proárbol correspondiente a 2007.

La tabla 16 muestra el total del uso de suelo forestal de la Sierra de Guadalupe para los años 1970-2009. Como se aprecia, hay una tendencia decreciente del tipo de uso de suelo analizado y si bien se muestra una recuperación de suelo forestal en Gustavo A. Madero ello obedece a la incorporación, en 2002, del territorio la “Armella” al ANP. Sin embargo, no se trata de una recuperación del área forestal, sino que sólo se incorporó suelo para su conservación.

Vale la pena decir que la Comisión Nacional de Derechos Humanos del D.F. (2010) ^{13/}, recomendó a la Secretaría de Gobierno, Secretaría de Medio Ambiente, Dirección General del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Secretaría de Protección Civil, y al Jefe Delegacional

^{13/} La CNDH (2010), mencionó que si bien los predios de la colonia que se encuentran en el ANP están catalogados con zonificación forestal de conservación lo que implica que están prohibidas las construcciones con fines habitacionales, el asentamiento irregular existe desde 1997, se consolidó en una zona con alto valor ecológico. Desde 2003 se detectó que 2 hectáreas de sus terrenos ya estaban invadidas por 4 asentamientos irregulares, causando un proceso de deterioro y un problema creciente de contaminación por desechos sólidos a causa de esa urbanización.

en Gustavo A. Madero que “se realice una evaluación del impacto ambiental causado al acuífero de la zona del ANP Sierra de Guadalupe y se especifiquen las acciones correctivas y de restauración ecológica necesarias” (CNDH, 2010). Es decir, el resarcimiento a los daños ecológico al ANP en el Distrito Federal por el crecimiento urbano.

La Comisión menciona que considerando las condiciones de la ciudad, resulta grave esta situación, ya que se ha detectado que la infiltración de agua y recarga del acuífero ubicado en el ANP Sierra de Guadalupe ha disminuido a lo largo de los años, perdiendo constantemente fracciones del territorio del ANP por la consolidación de diversos asentamientos. Aunado a que existen indicios de que siguen perdiéndose hectáreas, considerando que, de acuerdo con el Programa de Manejo del ANP al año 2003, contaba con 633.676 ha, pero según información de la Delegación GAM actualmente cuenta con 633.030 ha (CNDH, 2010).

Para establecer el cálculo del índice de sesgo de “deforestación” del área analizada, calculamos la superficie total de uso de suelo del Distrito Federal y el Estado de México, mismo que en total corresponden a US_{TE} , tal como lo muestra la tabla 18. Para establecer US_{FE} , estimamos la superficie del suelo forestal del Distrito Federal y del Estado de México para el periodo seleccionado, como lo ilustra la tabla 19.

Tabla 17. Superficie uso de suelo total municipal y delegacional (1970-2009)

SUPERFICIE USO DE SUELO MUNICIPAL (HA.)						
Año	Gustavo A. Madero	Coacalco	Ecatepec	Tlalnepantla	Tultitlan	Total
2009	8,662.6	3,571.0	18,600.0	8,370.0	7,110.0	46,313.6

Fuente: elaboración propia con información del INEGI (2010).

La tabla 17 muestra la superficie de uso de suelo total del Estado, es decir, debido a que nuestra región seleccionada incluye cuatro municipios del Estado de México y una delegación del Distrito Federal. Para conocer el uso de suelo total del estado, US_{TE} , (de acuerdo con lo establecido para calcular el índice de sesgo), sumamos el uso de suelo total de la Sierra en el Distrito Federal y el Estado de México.

Tabla 18. Superficie uso de suelo total del estado (1970-2009)

TOTAL USO DE SUELO DEL ESTADO (HA.)		
DISTRITO FEDERAL A	ESTADO DE MÉXICO B	TOTAL ESTADO A+B
148500	2235700	2384200.0

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2010).

Tabla 19. Superficie del uso de suelo forestal del Estado (1970-2009)

SUPERFICIE USO DE SUELO TOTAL FORESTAL (HA.)			
Año	DISTRITO FEDERAL	ESTADO DE MÉXICO	TOTAL ESTADO
1970	350,361.5	1,091,884.9	1,442,246.5
1975	320,777.8	999,688.7	1,320,466.5
1980	293,692.1	915,277.3	1,208,969.4
1985	268,893.4	837,993.4	1,106,886.8
1990	246,188.7	767,235.2	1,013,423.9
1995	211,247.3	720,522.8	931,770.1
2000	131,528.6	704,461.9	835,990.5
2005	107,520.2	689,794.0	797,314.2
2009	105,810.2	678,823.3	784,633.5

Fuente: elaboración propia con información del INEGI (2010), anuarios estatales. Semarnat (2010), CONAFOR (2010), Informe de auditoría a proárbol correspondiente a 2007.

Con los datos anteriores, estimaremos el índice de sesgo de cambio de uso de suelo del área de estudio; la Sierra de Guadalupe, para el periodo 1970-2009. Resulta de gran interés la aplicación de dicho índice para nuestro caso de estudio, ya que si bien en el decreto de creación del Parque Estatal y ANP Sierra de Guadalupe se señala que la superficie de esta área natural se calcula (en 1976) en poco más de 6000ha, el índice de sesgo nos muestra el cambio de usos de suelo de la Sierra. Es decir, ese indicador refleja el decrecimiento real por cambio de uso del suelo de la Sierra de Guadalupe.

De acuerdo con Asuad (2001), si el índice de sesgo es mayor que 1, significa que el nivel de explotación forestal se encuentra por encima de sus niveles de capacidad de asimilación del ecosistema (pérdida forestal para nuestro caso de estudio). Si el índice de sesgo es igual a 1, indica que se encuentra en sus niveles óptimos de uso forestal. Sin embargo, si el índice de sesgo es menor a 1, demuestra que el uso de suelo puede ser degradado con mayor intensidad.

La tabla 20.1 ilustra la construcción del índice de sesgo para la Sierra de Guadalupe (región seleccionada). Como señalamos, US_{FM} corresponde al uso de suelo total forestal de la Sierra de 1970-2009, de tal forma que US_{TM} corresponde al uso de suelo total de la región seleccionada, esto es, la superficie del uso de suelo total de los municipios del Estado de México (Ecatepec, Tlalnepantla, Tultitlan y Coacalco), más la delegación del Distrito Federal (Gustavo A. Madero). Con dicha información construimos el coeficiente de especialización del suelo forestal de la Sierra de Guadalupe.

Tabla 20.1 Índice de sesgo para la región seleccionada de la Sierra de Guadalupe
(1970-2009)

ÍNDICE DE SESGO PARA LA SIERRA DE GUADALUPE HA.							
Año	US_{FM}	US_{TM}	$\frac{US_{FM}}{US_{TM}}$	US_{FE}	US_{TE}	$\frac{US_{FE}}{US_{TE}}$	$\frac{IE_{us}}{= \frac{US_{FM}}{US_{TM}} / \frac{US_{FE}}{US_{TE}}}$
1970	6,086.45	46,313.6	0.131	1,442,246.5	2,384,200.0	0.605	0.22
1975	5,848.18	46,313.6	0.126	1,320,466.5	2,384,200.0	0.554	0.23
1980	5,621.46	46,313.6	0.121	1,208,969.4	2,384,200.0	0.507	0.24
1985	5,405.37	46,313.6	0.117	1,106,886.8	2,384,200.0	0.464	0.25
1990	5,199.35	46,313.6	0.112	1,013,423.9	2,384,200.0	0.425	0.26
1995	4,489.88	46,313.6	0.097	931,770.1	2,384,200.0	0.391	0.25
2000	3,957.69	46,313.6	0.085	835,990.5	2,384,200.0	0.351	0.24
2005	3,638.07	46,313.6	0.079	797,314.2	2,384,200.0	0.334	0.23
2009	3,731.36	46,313.6	0.081	784,633.5	2,384,200.0	0.329	0.24

Fuente: elaboración propia con información del INEGI (2010), anuarios estatales. SEMARNAT (2010), CONAFOR (2010), Informe de auditoría a proárbol correspondiente a 2007

Con la tabla 20.2 construimos el coeficiente de potencial agrológico forestal y finalmente el índice de sesgo. Como describimos, SP_{FS} corresponde al uso de suelo potencial forestal de la Sierra de 1970-2009, potencial agrológico que se establece a partir de la información del año del decreto. Dicho potencial agrológico corresponde al 1970, por ser el año de inicio de nuestro análisis, así como por ser el uso de suelo forestal máximo a explotar.

Así, SP_{TM} corresponde al uso de suelo total de la región seleccionada, es decir, de los cinco municipios. Con ésta información construimos el coeficiente de potencial agrológico forestal; finalmente dividimos IE_{us} entre IPA , y obtuvimos el índice de sesgo de uso de suelo forestal de la Sierra de Guadalupe.

Tabla 20.2 Índice de sesgo para la región seleccionada del la Sierra de Guadalupe
(1970-2009)

ÍNDICE DE SESGO PARA SIERRA DE GUADALUPE HA.							
SP_{FS}	SP_{TM}	$\frac{SP_{FS}}{SP_{TM}}$	SP_{FE}	SP_{TE}	$\frac{SP_{FE}}{SP_{TE}}$	$IPA = \frac{SP_{FS}}{SP_{TM}} / \frac{SP_{FE}}{SP_{TE}}$	$IS = IEUs/IPA$
6,086.45	46,314	0.13	1,442,246	2,384,200	0.60	0.22	1.00
6,086.45	46,314	0.13	1,442,246	2,384,200	0.60	0.22	1.05
6,086.45	46,314	0.13	1,442,246	2,384,200	0.60	0.22	1.10
6,086.45	46,314	0.13	1,442,246	2,384,200	0.60	0.22	1.16
6,086.45	46,314	0.13	1,442,246	2,384,200	0.60	0.22	1.18
6,086.45	46,314	0.13	1,442,246	2,384,200	0.60	0.22	1.22
6,086.45	46,314	0.13	1,442,246	2,384,200	0.60	0.22	1.14
6,086.45	46,314	0.13	1,442,246	2,384,200	0.60	0.22	1.12
6,086.45	46,314	0.13	1,442,246	2,384,200	0.60	0.22	1.13

Fuente: elaboración propia con información del INEGI (2010), anuarios estatales. Semarnat (2010), CONAFOR (2010), Informe de auditoría a proárbol correspondiente a 2007

Los resultados del índice para el periodo analizado muestran que para todo este hay una sobreexplotación forestal de la Sierra de Guadalupe, lo que significa que hay evidencia de un decrecimiento de la masa forestal del área de estudio y, por tanto, se encuentra deforestada en los cinco municipios que contienen a la Sierra de Guadalupe. Es importante mencionar que si bien el índice para 2005 disminuye, esto obedece a que en el periodo se incorpora a la Sierra de Guadalupe el territorio denominado la “Armella”; mismo que no significa un incremento de suelo forestal, sino que sólo se incorpora territorio para su protección.

Con el análisis anterior comprobamos que existe deforestación. Como establecen Cedillo Rivas y Rodríguez (2007), ello mismo debido a la escasa vegetación, contribuye poco a la retención del agua de lluvia, la cual provoca escurrimientos y, por tanto, inundaciones, así como problemas de erosión. Cabe mencionar que esta deforestación encuentra su relación con el crecimiento urbano y por ello el siguiente punto lo dedicaremos a establecer un índice de sesgo de “urbanización”.

4.1.2 Aplicación del índice de sesgo para urbanización en la Sierra de Guadalupe

Hay que hacer notar que hay una relación entre el crecimiento del suelo urbano y el decrecimiento del suelo forestal de nuestra área de estudio, tal como lo muestran los mapas 6 y 7 de uso de suelos y vegetación, así como los mapas de Áreas Naturales Protegidas de los anuarios estadísticos del D.F. y Estado de México, 2000, 2005, 2006. Como señalan Valerio, García, López y Galván (2007), en las últimas décadas (a partir de la década de los sesenta) se ha desarrollado una gran cantidad de asentamientos humanos, muchos de ellos irregulares, en las laderas de la Sierra de Guadalupe.

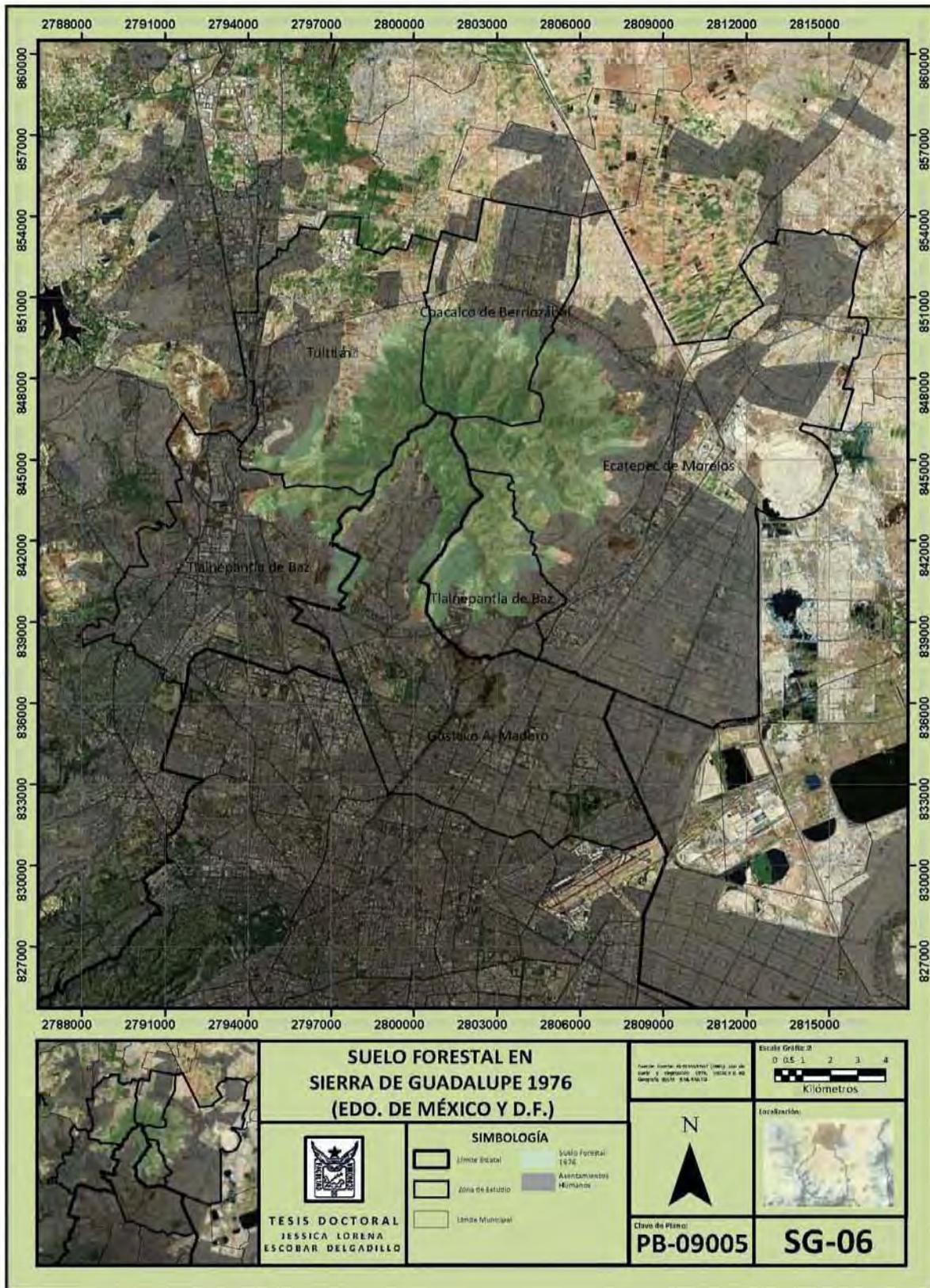
Se estima, que en los últimos 15 años más del 10% del área de la Sierra de Guadalupe se ha deteriorado en forma acelerada como resultado del crecimiento de la mancha urbana y la inexistencia de un plan de manejo de los recursos naturales remanentes. La expansión de la mancha urbana se manifiesta por el surgimiento desordenado de los asentamientos humanos en las partes limítrofes, e incluso en el interior del área, los cuales incluyen tanto asentamientos irregulares, como otros autorizados, que en conjunto propician un crecimiento súbito de las demandas de servicios urbanos difíciles de satisfacer para las autoridades; como consecuencia, se tiene una presión sobre los recursos naturales y trae problemas de salud pública (Cedillo, Rivas y Rodríguez, 2007).

Evidencia de lo anterior, es el suelo forestal “perdido” de la Sierra entre 1976 y 2006, como se ve en el mapa 6. La fuerte presencia de los habitantes aledaños en el área natural es fuente de origen de incendios forestales con daños consecuentes a la flora y fauna silvestre, la utilización inadecuada de la vegetación forestal para uso doméstico y leña combustible, la perturbación y desaparición de la cubierta forestal, que da pie a la presencia decreciente de aguas superficiales e incremento de las velocidades de escorrentía, provocando erosión y obstrucción en el drenaje urbano (Cedillo, Rivas y Rodríguez, 2007), y con ello inundaciones.

El mapa 6 muestra el uso de suelo del área de estudio, de acuerdo con los mapas basados en las cartas de usos de suelos y vegetación. Observamos que la superficie de la Sierra de Guadalupe en su categoría de ANP en el Distrito Federal.; correspondiente al año del decreto, se muestra disminuida de acuerdo con el mapa de usos de suelo de 2006, el cual nos ilustra que el área sombreada en rojo pertenece al uso de suelo urbano. Es decir, a partir de la cartografía de usos de suelo de INEGI serie II, se muestra un cambio de suelo forestal a urbano.

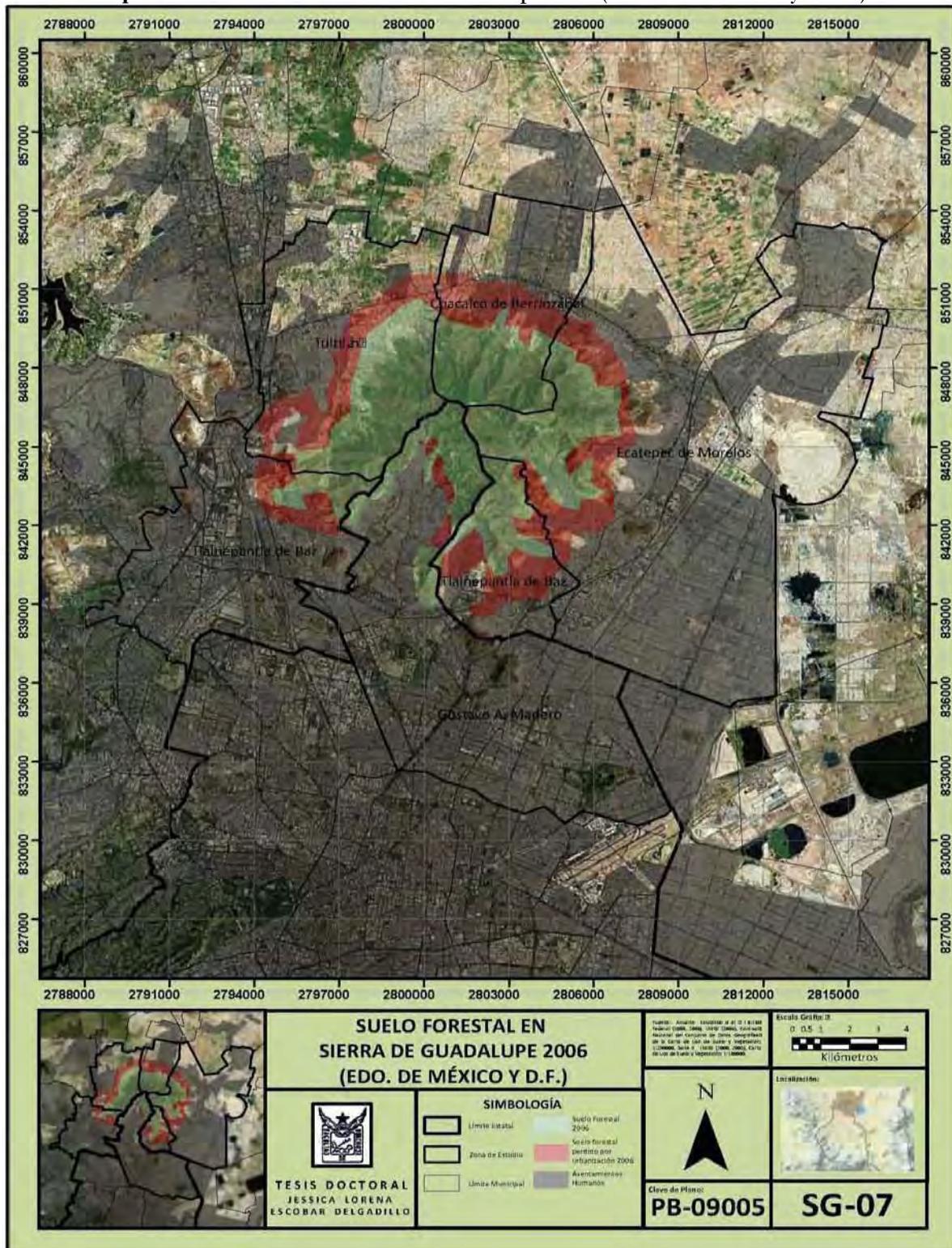
Esta misma dinámica prevalece en su categoría de Parque Estatal. Como ilustra el mapa 6, al año de decreto, 1976, vemos una considerable disminución, misma que observamos en el área sombreada de rojo. Los mapas 6 y 7 nos señalan que el uso de suelo en la Sierra, correspondiente al forestal, se ilustra en color verde; y el área “perdida” corresponde a usos de suelo urbano (área en rojo), de acuerdo con los mapas de usos de suelo 1 y 2 (IG-SEMARNAT, 2001; INEGI, 2010).

Mapa 6: Suelo forestal en Sierra de Guadalupe 1976 (Estado de México y D. F.)



Fuente: elaboración propia con base en información de IG-SEMARNAT (2001). Uso de suelo y vegetación 1976.

Mapa 7: Suelo forestal en Sierra de Guadalupe 2006 (Estado de México y D. F.)



Fuente: elaboración propia con base en información del Anuario Estadístico del Distrito Federal (2000, 2006). INEGI (2006), Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación; 1:250000, Serie II. INEGI (2000, 2005), Carta de Uso de Suelo y Vegetación; 1:100000, actualizada.

A partir del análisis anterior y con base en la metodología del índice de sesgo de Asuad (2001), estimaremos si el uso de suelo forestal está siendo sobreexplotado por el cambio del uso de suelo urbano. Decimos que *el índice de sesgo muestra si el uso de suelo forestal de la Sierra de Guadalupe está siendo explotado más de lo debido por el uso de suelo urbano*. Se expresa de la siguiente forma:

$$IS_{Ur} = \frac{IEus}{IPA} \longrightarrow \text{Especialización del suelo: cambio de forestal a urbano}$$

Donde:

$IEus$: Es el coeficiente de especialización del uso de suelo de la Sierra de Guadalupe

IPA : Es el coeficiente de potencial forestal de la Sierra de Guadalupe

Para nuestro caso de estudio:

$$IEus = \frac{US_{USG}}{US_{TSG}} / \frac{US_{FSG}}{US_{TSG}}$$

Donde:

US_{USG} : Uso de suelo urbano en la Sierra de Guadalupe

US_{TSG} : Uso de suelo total de la Sierra de Guadalupe

US_{FSG} : Uso de suelo forestal en la Sierra de Guadalupe

US_{TSG} : Superficie total de uso de suelo de la Sierra de Guadalupe

De tal forma que:

$$IPA = \frac{SP_{USG}}{SP_{TSG}} / \frac{SP_{FUSG}}{SP_{TPSG}}$$

Donde:

SP_{USG} : Superficie de uso de suelo potencial urbanizable en la Sierra de Guadalupe

SP_{TSG} : Superficie de uso de suelo total potencial de la Sierra de Guadalupe

SP_{FUSG} : Superficie de uso de suelo potencial forestal a urbanizarse de la Sierra de Guadalupe

SP_{TPSG} : Superficie de uso de suelo potencial total de la Sierra de Guadalupe

Además, de acuerdo con los mapas de usos de suelo de la Sierra de Guadalupe (200,2005), actualmente se encuentra constituida por pastizal y bosque; por tanto, para estimar el total de uso de suelo forestal decimos que:

$$SF = Pa + Bo$$

$$Zu = SF - SFp$$

Donde:

SF = Suelo forestal

Pa = Pastizal

Bo = Bosque

Zu = Zona urbanizada

SFp = Suelo forestal perdido (urbanizado)

De acuerdo con la metodología del índice de sesgo, para el caso de estudio decimos que:

- ✚ Si $IS > 1$, el uso de suelo forestal está siendo explotado intensamente o más de lo debido por el uso de suelo urbano; en otras palabras, el suelo forestal está siendo desplazado por el uso de suelo urbano
- ✚ Si $IS = 1$, el uso de suelo forestal se encuentra en sus niveles óptimos de explotación por el suelo urbano
- ✚ Si $IS < 1$, el uso de suelo forestal no está siendo explotado intensamente por el suelo urbano

Con los datos anteriores estimaremos el índice de sesgo para conocer el índice de explotación del suelo de la Sierra de Guadalupe. Para nuestro caso de estudio la utilización de dicho índice muestra relevancia, toda vez que refleja el crecimiento de cambio de uso de suelo forestal a urbano. Debemos recordar que los informes de los gobiernos locales no muestran dicha dinámica y se limitan a mencionar que hay asentamientos dentro del área natural de la Sierra.

Es de interés la demostración de un cambio de uso de suelo forestal a urbano, que si bien diversos estudios, como los de Valerio, García, López y Galván (2007), han registrado en campo el avance de los asentamientos sobre la Sierra, este índice demuestra que hay una sobreexplotación del suelo forestal, es decir, que ha habido una pérdida de suelo natural de la Sierra por suelo urbano.

Es importante hacer mención que el uso de suelo potencial agrológico (forestal), corresponde al año 1970, por ser el de inicio de nuestro análisis y el máximo a explotar. Además, debemos

mencionar que SP_{USG} corresponde al cambio de suelo forestal de la Sierra a urbano, esto último con base en los mapas de vegetación y uso de suelos de Semarnat-INE (2010), elaborados con las cartas de usos de suelos y vegetación de 1976 y 2006.

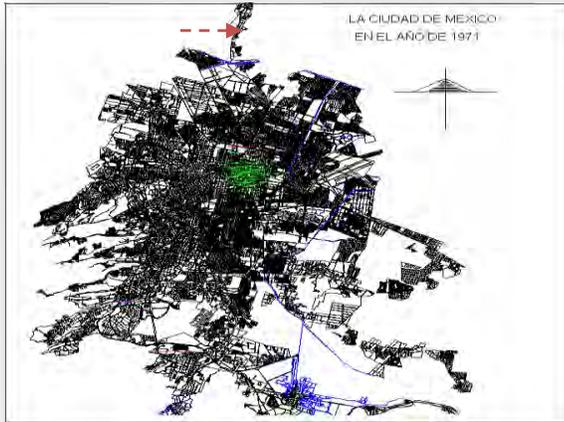
Tabla 21. Superficie por uso de suelo forestal de la Sierra de Guadalupe (1970-2009)

USO DE SUELO FORESTAL SIERRA DE GUADALUPE (HA.)							
Año	Gustavo A. Madero	Coacalco	Ecatepec	Tlalnepantla	Tultitlan	Total	Total urbanizada Zu
1970	779.7	1,281.6	1,812.76	1,135.6	1,076.8	6,086.45	6,086.45
1975	756.5	1,218.1	1,784.36	1,095.9	993.3	5,848.18	238.27
1980	733.4	1,157.9	1,756.40	1,057.5	916.3	5,621.46	464.99
1985	710.2	1,100.6	1,728.89	1,020.4	845.3	5,405.37	681.08
1990	687.0	1,046.1	1,701.80	984.7	779.8	5,199.35	887.10
1995	664.1	981.8	1,619.43	645.1	579.5	4,489.88	1596.57
2000	642.0	921.4	1,541.05	422.6	430.6	3,957.69	2128.76
2005	710.0	864.7	1,466.46	276.9	320.0	3,638.07	2448.38
2009	826.8	853.5	1,455.89	278.3	316.9	3,731.36	2355.09

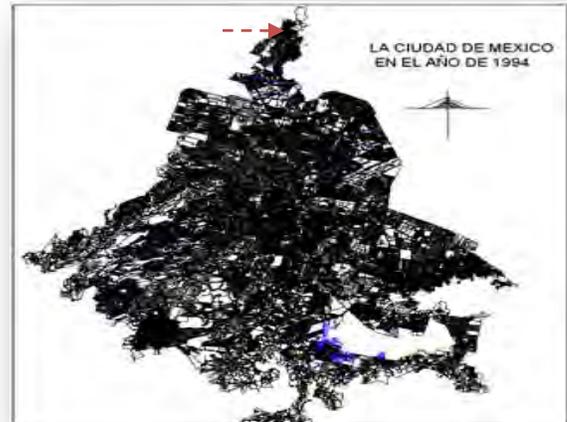
Fuente: elaboración propia con información del INEGI (2010)

Ahora bien, los mapas cartográficos 1, 2, 3 de la Ciudad de México (Distrito Federal), nos muestran el proceso de urbanización de la entidad de 1971 a 1993. Como podemos observar, el punto máximo de urbanización hacia el norte del Distrito Federal, es decir, sobre la Sierra de Guadalupe, se propicia entre 1971 y 1994, mostrando congruencia con la tabla 21, en la que observamos un decrecimiento de la superficie natural de la Sierra. Es decir, muestra la deforestación de la misma en el área correspondiente al Distrito Federal.

Mapa Cartográfico 1: 1971

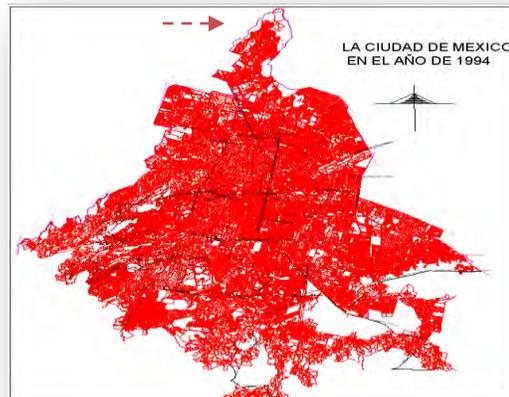


Mapa Cartográfico 2: 1994



Fuente: INEGI (2000). Ciudades y Capitales una visión histórica urbana vol. 5.

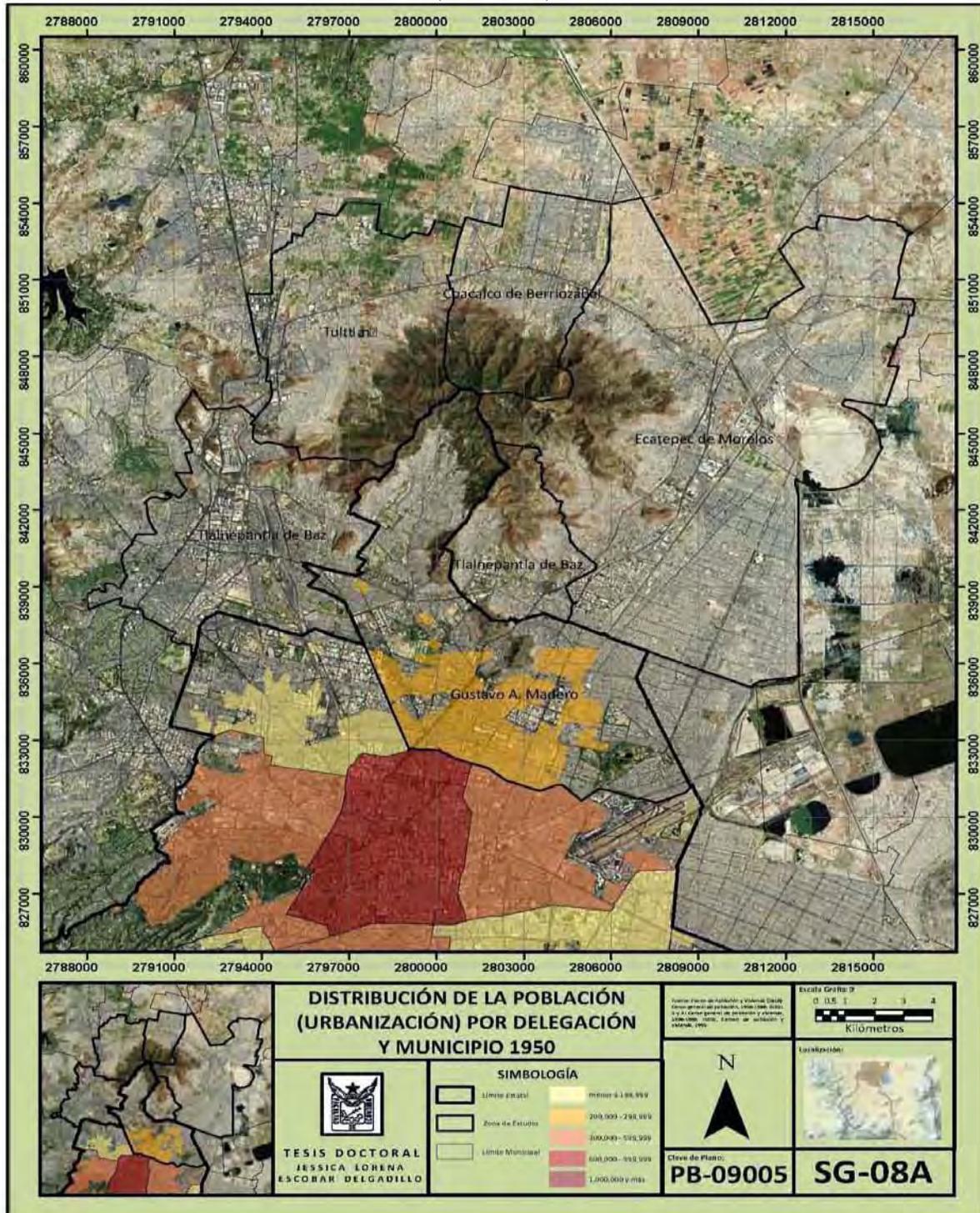
Mapa Cartográfico 3: traza urbana 1994



Fuente: INEGI (2000). Ciudades y Capitales una visión histórica urbana, vol. 5.

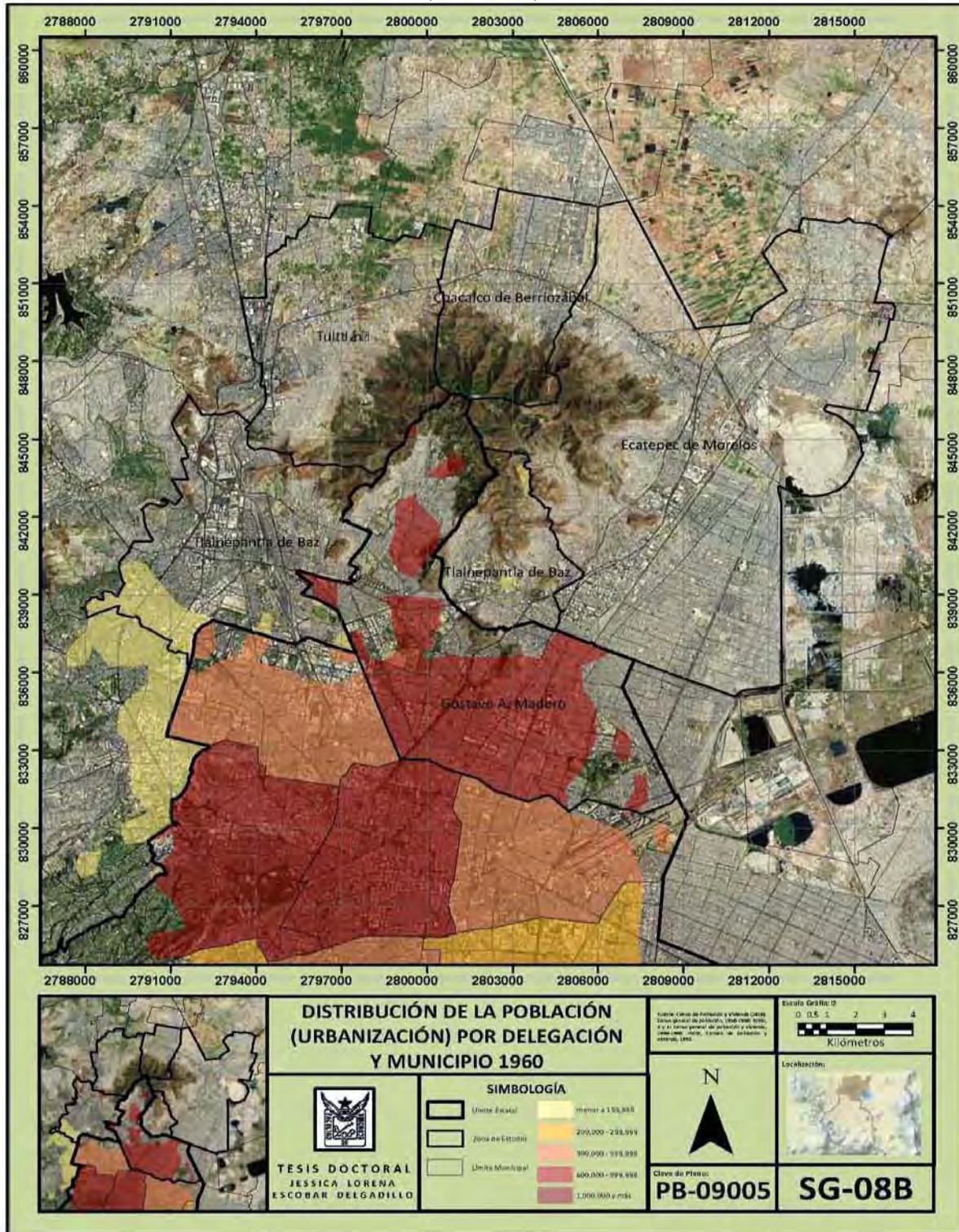
Para el año de 1994, como observamos en el mapa cartográfico 2, el claro crecimiento urbano sobre lo que era el área natural de la Sierra de Guadalupe; se ve una evidente ocupación urbana sobre el área natural, misma que se muestra en el mapa cartográfico 3, el cual muestra la traza urbana. Si bien estos dan clara evidencia del proceso de deforestación por ocupación urbana en la Sierra de Guadalupe, en la parte correspondiente al Distrito Federal y, en el Estado de México podemos observar que el crecimiento de la urbanización en este territorio es potencial hacia el año de 1970, correspondiendo también con la presión urbana sobre la Sierra de Guadalupe, tal como lo podemos observar en el mapa comparativo 2.

Mapa 8 A. Distribución de la población (urbanización) por delegación y municipio (1950-1990)



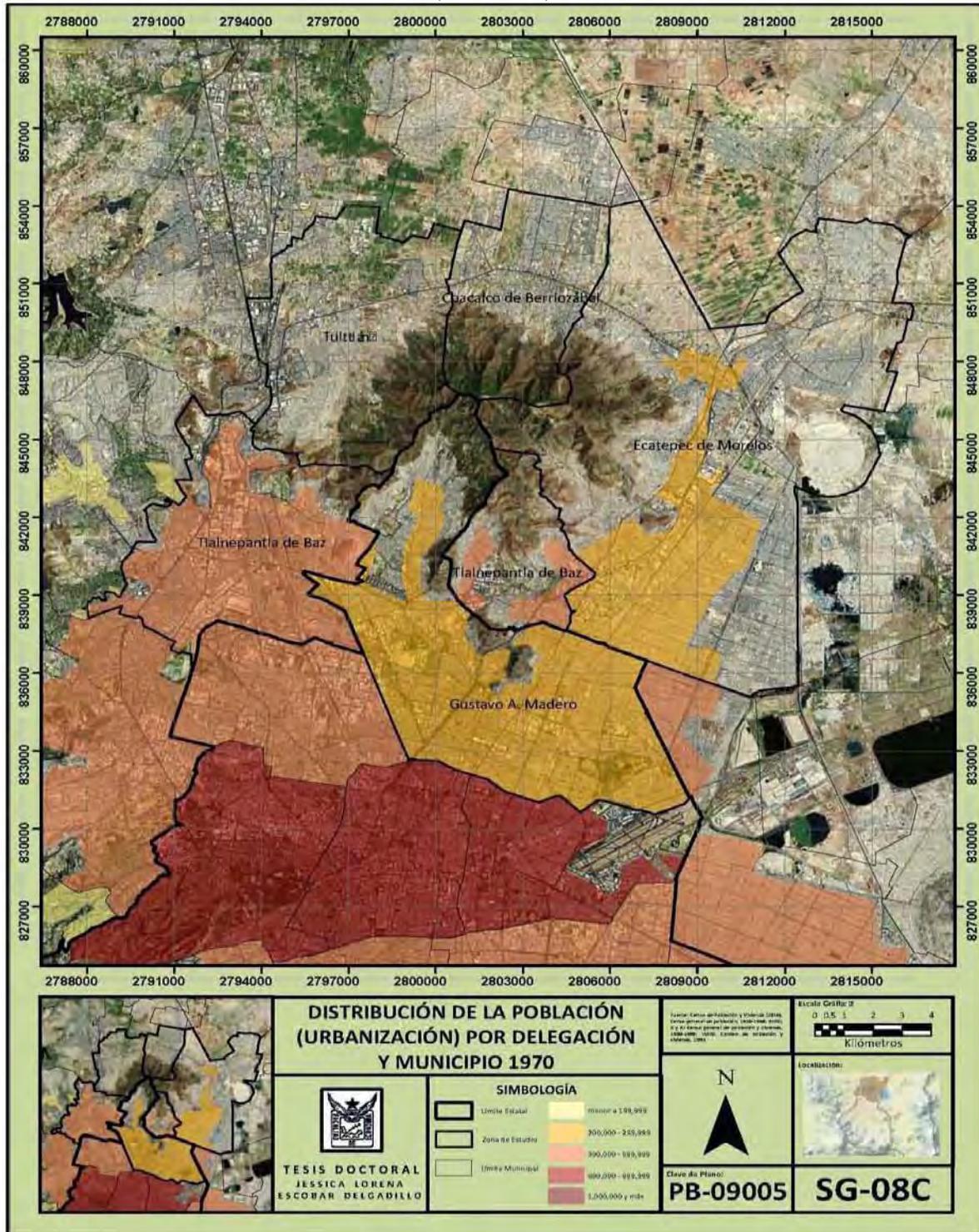
Fuente: elaboración propia con base en información de Censo de Población y Vivienda (2010). Censo General de Población, 1950-1980; INEGI, X y XI Censo General de Población y Vivienda, 1980-1990; INEGI, Conteo de población y vivienda, 1995

Mapa 8 B. Distribución de la población (urbanización) por delegación y municipio (1950-1990)



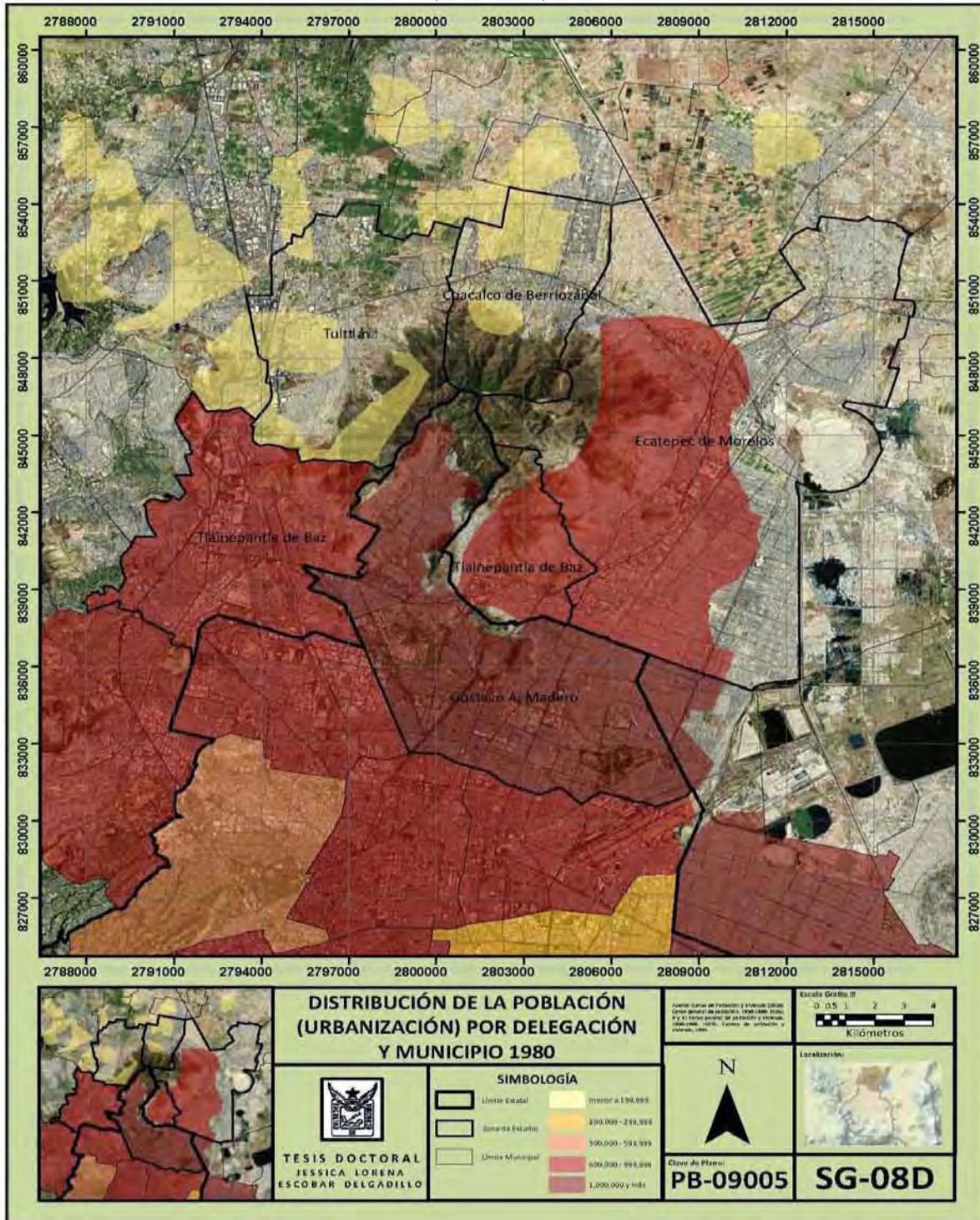
Fuente: elaboración propia con base en información de Censo de Población y Vivienda (2010). Censo General de Población, 1950-1980; INEGI, X y XI Censo General de Población y Vivienda, 1980-1990; INEGI, Censo de población y vivienda, 1995

Mapa 8 C. Distribución de la población (urbanización) por delegación y municipio (1950-1990)



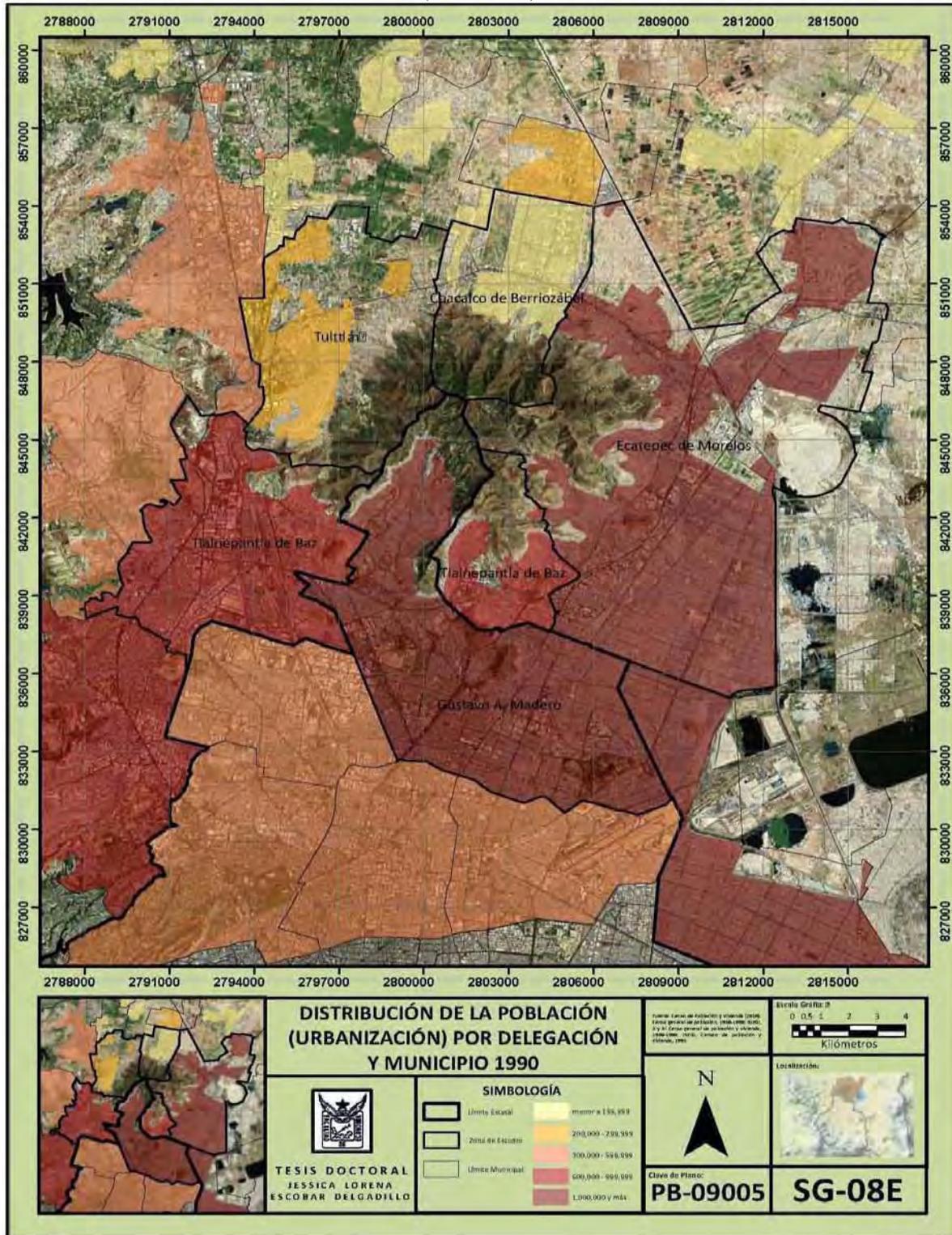
Fuente: elaboración propia con base en información de Censo de Población y Vivienda (2010). Censo General de Población, 1950-1980; INEGI, X y XI Censo General de Población y Vivienda, 1980-1990; INEGI, Conteo de Población y Vivienda, 1995

Mapa D. Distribución de la población (urbanización) por delegación y municipio (1950-1990)



Fuente: elaboración propia con base en información de Censo de Población y Vivienda (2010). Censo General de Población, 1950-1980; INEGI, X y XI Censo General de Población y Vivienda, 1980-1990; INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1995

Mapa 8 E. Distribución de la población (urbanización) por delegación y municipio (1950-1990)



Fuente: elaboración propia con base en información de Censo de Población y Vivienda (2010). Censo General de Población, 1950-1980; INEGI, X y XI Censo General de Población y Vivienda, 1980-1990; INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1995

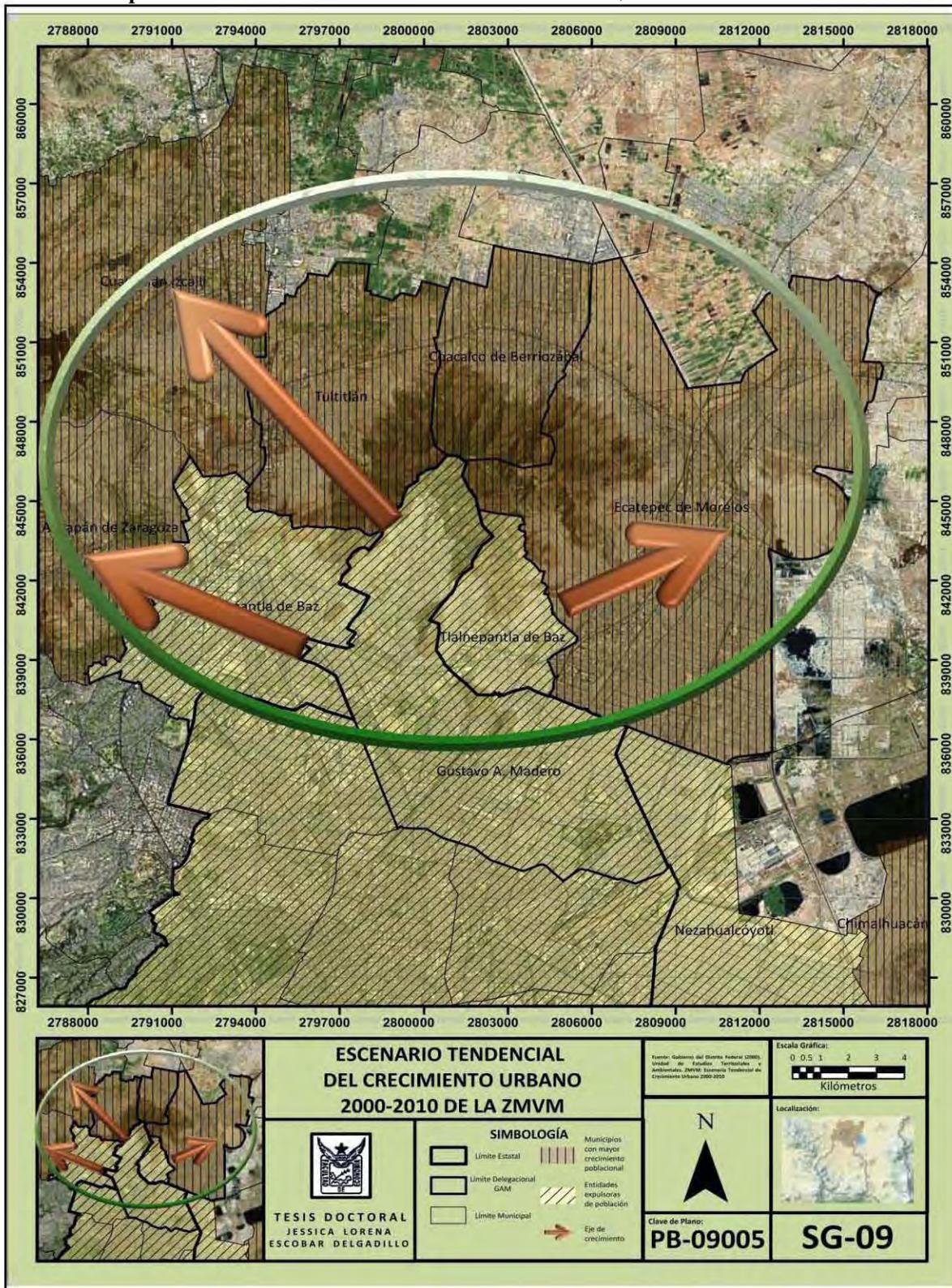
Los mapas 8 A, 8 B, 8 C, 8 D y 8 E, ilustran la tendencia de urbanización de la ZMVM y se puede observar que los municipios con mayor población son los de Ecatepec, Coacalco y Tultitlan en los años 2000-2010. Este escenario coincide con la tendencia de deforestación que se presenta en la tabla 6, en la cual vemos una tendencia decreciente del uso de suelo forestal del área de estudio debido al crecimiento urbano. En consecuencia, como señalan Lugo y Salinas (1996), el crecimiento urbano ha generado un grave deterioro sobre tres de los componentes principales del equilibrio ambiental de la Sierra de Guadalupe: el suelo, la vegetación y el agua. Cabe mencionar que dicho crecimiento urbano está condicionado por la instalación de asentamientos humanos irregulares.

En este sentido Iracheta (1997) menciona que a escala internacional los asentamientos humanos autoconstruidos (irregulares) tienen en general las siguientes características: 1. La mayoría de los hogares han sido construidos por las familias que los ocuparon originalmente o que los habitan en la actualidad; 2. El asentamiento en su fundación original presentó algún tipo de ilegalidad o sin permiso de planeación; 3. Cuando el asentamiento fue creado, la mayor parte de la infraestructura y los servicios no existían y en muchos de ellos aún se carece de ellos; 4. Los asentamientos son ocupados por los pobres, independientemente de la definición que sobre ellos se establezca (Iracheta, 1997).

Como señala Iracheta (1997), sin duda que mientras en otras sociedades las invasiones urbanas han sido y son reprimidas en defensa de la propiedad privada, (y en la actualidad en beneficio del entorno ambiental), en México no sólo no ocurrió de manera generalizada sino que se alentaron éstas acciones por la vía de partidos políticos organizaciones asociadas a los gobiernos, personas locales, etc. Evidencia de ello son los asentamientos irregulares establecidos sobre el entorno forestal de la Sierra de Guadalupe, mismos que llevaron a su deforestación a través del tiempo.

De este modo Cedillo, Rivas y Rodríguez (2007) indican que la urbanización misma que se relaciona con la instalación de asentamientos irregulares en la Sierra de Guadalupe incrementa las posibilidades de inundación al evitar el desagüe natural, reducir la infiltración y canalizar los escurrimientos por las calles pavimentadas. Este problema se reduce por las obras de drenaje, aun cuando éstas no logran evitar los frecuentes encharcamientos e inundaciones en la planicie lacustre de la Sierra de Guadalupe.

Mapa 9. Escenario tendencial del crecimiento urbano, 2000-2010 de la ZMVM



Fuente: elaboración propia con base en información del Gobierno del Distrito Federal (2000). Unidad de Estudios Territoriales y Ambientales. ZMVM: Escenario Tendencial de Crecimiento Urbano 2000-2010

Con base en los estudios de Lugo y Salinas (1996) y Cedillo, Rivas y Rodríguez (2007), sabemos que el crecimiento urbano está relacionado con la disminución del área natural de la Sierra de Guadalupe. Mostraremos, a partir del índice de sesgo propuesto por Asuad (2001), que hay un cambio de uso de suelo de forestal a urbano para el caso de la Sierra de Guadalupe. La tabla 22.1 muestra el cálculo del coeficiente de especialización del uso del suelo, donde US_{USG} corresponde al uso de suelo urbano en la Sierra de Guadalupe y US_{FSG} es el uso de suelo con vocación forestal en la Sierra de Guadalupe.

Tabla 22.1 Índice de sesgo para la urbanización en la Sierra de Guadalupe

ÍNDICE PARA USO DE SUELO FORESTAL-URBANO EN SIERRA DE GUADALUPE (HA.)							
Año	US_{USG}	US_{TSG}	$\frac{US_{USG}}{US_{TSG}}$	US_{FSG}	US_{TSG}	$\frac{US_{FSG}}{US_{TSG}}$	$IE_{US} = \frac{US_{USG}}{US_{TSG}} / \frac{US_{FSG}}{US_{TSG}}$
1970	6,086.45	6,086.45	1.000	6,086.45	6,086.45	1.000	1.00
1975	238.27	5,848.18	0.041	5,848.18	6,086.45	0.961	0.04
1980	464.99	5,621.46	0.083	5,621.46	6,086.45	0.924	0.09
1985	681.08	5,405.37	0.126	5,405.37	6,086.45	0.888	0.14
1990	887.10	5,199.35	0.171	5,199.35	6,086.45	0.854	0.20
1995	1596.57	4,489.88	0.356	4,489.88	6,086.45	0.738	0.48
2000	2128.76	3,957.69	0.538	3,957.69	6,086.45	0.650	0.83
2005	2448.38	3,638.07	0.673	3,638.07	6,086.45	0.598	1.13
2009	2355.09	3,731.36	0.631	3,731.36	6,086.45	0.613	1.03

Fuente: elaboración propia con información de tablas anteriores.

Una vez que estimamos el coeficiente de especialización del uso de suelo en la tabla 22.2 calculamos el coeficiente de potencial forestal; donde SP_{FUSG} corresponde al uso de suelo potencial a urbanizarse en la Sierra, superficie correspondiente al uso de suelo forestal existente en el periodo analizado.

Tabla 22.2 Índice de sesgo para urbanización en la Sierra de Guadalupe

ÍNDICE PARA USO DE SUELO FORESTAL-URBANO EN SIERRA DE GUADALUPE (HA.)								
Año	SP_{USG}	SP_{TSG}	$\frac{SP_{USG}}{SP_{TSG}}$	SP_{FUSG}	SP_{TFSG}	$\frac{SP_{FUSG}}{SP_{TFSG}}$	$IPA = \frac{SP_{USG}}{SP_{TSG}} / \frac{SP_{FUSG}}{SP_{TFSG}}$	$IS = IEUs/IPA$
1970	6,086.45	6,086	1.00	6,086.45	6,086	1.00	1.00	1.00
1975	238.27	6,086	0.04	5,848.18	6,086	0.96	0.04	1.04
1980	464.99	6,086	0.08	5,621.46	6,086	0.92	0.08	1.08
1985	681.08	6,086	0.11	5,405.37	6,086	0.89	0.13	1.13
1990	887.10	6,086	0.15	5,199.35	6,086	0.85	0.17	1.17
1995	1596.57	6,086	0.26	4,489.88	6,086	0.74	0.36	1.36
2000	2128.76	6,086	0.35	3,957.69	6,086	0.65	0.54	1.54
2005	2448.38	6,086	0.40	3,638.07	6,086	0.60	0.67	1.67
2009	2355.09	6,086	0.39	3,731.36	6,086	0.61	0.63	1.63

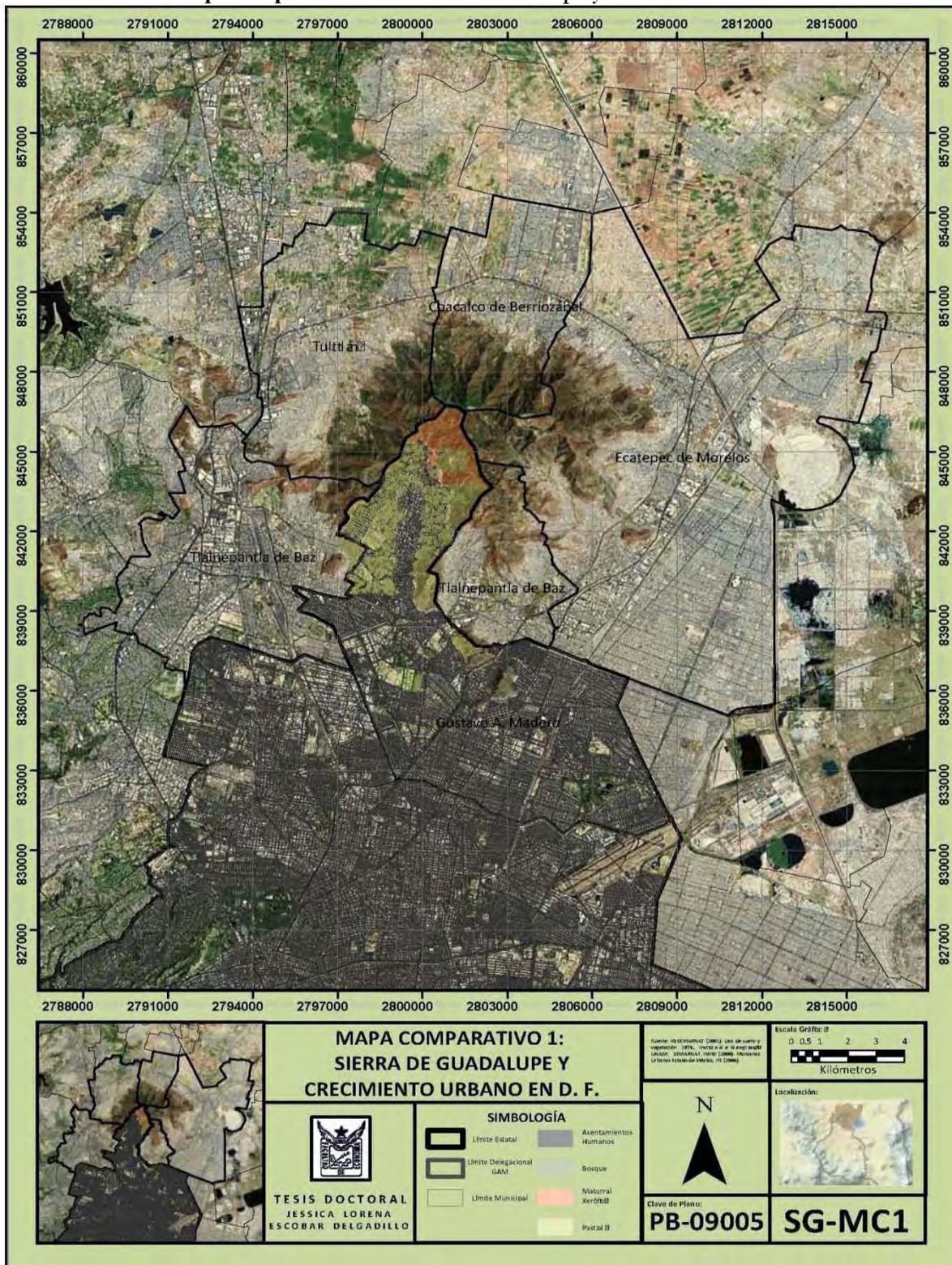
Fuente: elaboración propia con información de tablas anteriores

La tabla 22.2 nos muestra que $IS > 1$ para el periodo analizado (1970-2009), lo que indica que el uso de suelo forestal de la Sierra de Guadalupe está siendo sobreexplotado, a lo largo del tiempo, por encima de sus niveles óptimos por cambio de uso de suelo forestal a urbano. El índice de sesgo nos indica que *el uso de suelo forestal de la Sierra de Guadalupe en el periodo de 1970-2009 se está utilizando más de lo debido por uso de suelo urbano. Es decir, el uso de suelo forestal está siendo explotado intensamente por un cambio de uso de suelo a urbano.*

Con todo lo anterior se concluye que la deforestación de la Sierra de Guadalupe, obedece a una especialización del suelo urbano en decremento del forestal. Como podemos ver en la tabla 22.2, el suelo forestal se está utilizando más de lo debido (por encima del óptimo natural) por el suelo urbano; en todo caso el suelo forestal está siendo desplazado por el suelo urbano (urbanización). Con la utilización del índice de sesgo demostramos que la deforestación de la Sierra de Guadalupe está estrechamente relacionada a la urbanización, lo cual comprobamos con las fotografías en campo (ver anexo fotográfico en campo, pág. 179-185).

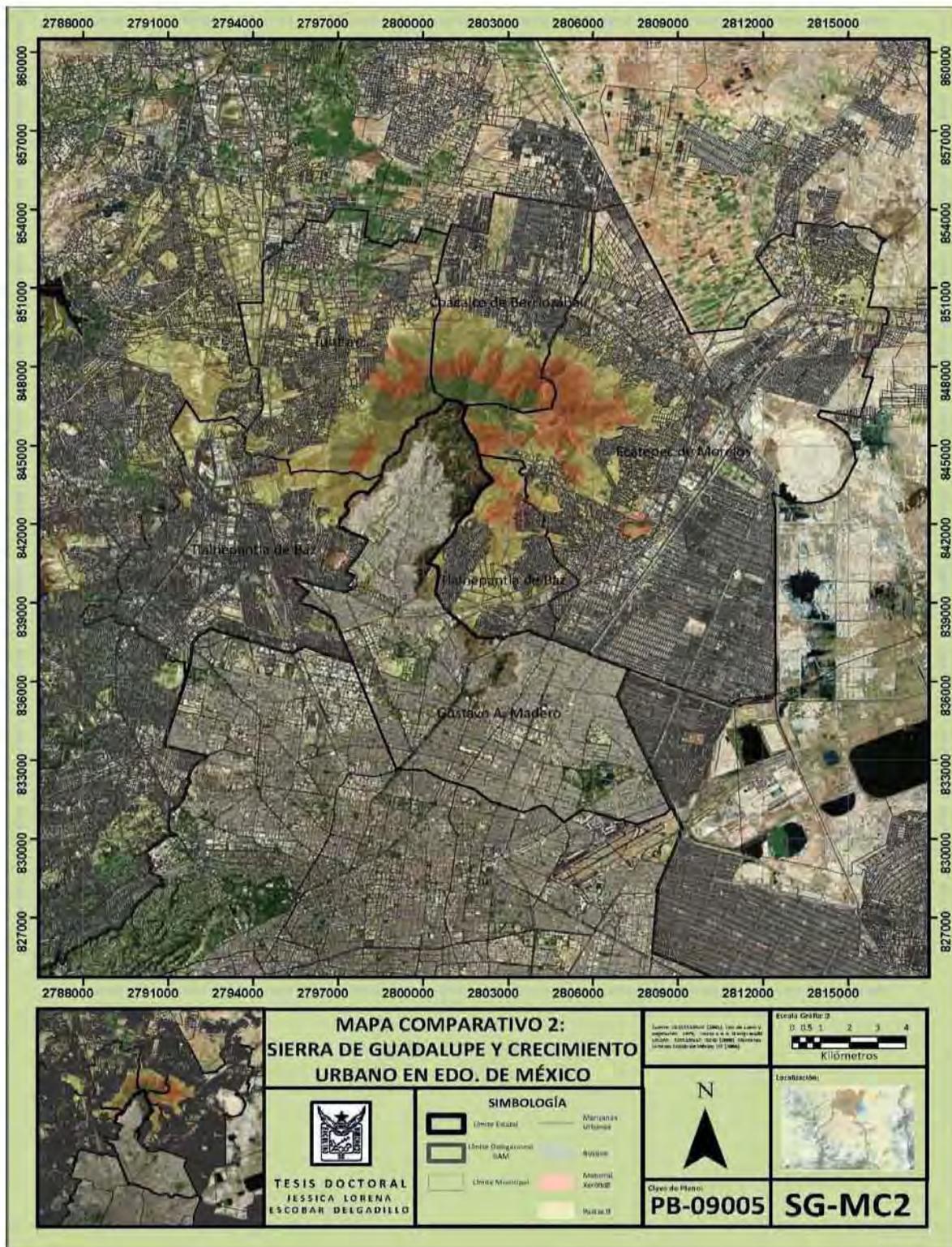
El análisis anterior se comprueba con el análisis de los mapas comparativos 1 y 2. En su categoría de ANP en Suelo de Conservación, la Sierra de Guadalupe reduce su área forestal de 1976 a 1993 por el avance del crecimiento urbano. En la década de los setenta, de acuerdo con los mapas históricos de urbanización de la Ciudad de México (INEGI, 2000), el crecimiento urbano se presenta sobre el suelo forestal de la Sierra.

Mapa comparativo 1: Sierra de Guadalupe y crecimiento urbano



Fuente: elaboración propia con base en información de INEGI (2000).

Mapa comparativo 2: Sierra de Guadalupe y crecimiento urbano en el Estado de México



Fuente: elaboración propia con base en información de IG-SEMARNAT (2001). Uso de suelo y vegetación 1976, Instituto de Geografía, UNAM; SEMARNAT. INEGI (2000). Manzanas urbanas Estado de México, IFE, 2006.

Como señalan Lugo y Salinas (1996), durante la década de los años sesenta había sólo pequeños poblados en la Sierra de Guadalupe; para la década siguiente, los asentamientos irregulares avanzaron por la periferia y el piedemonte meridionales. Este crecimiento se aceleró en los años setenta y en 1990 había sido urbanizado casi todo el piedemonte y parte de las laderas de los cerros en la Sierra de Guadalupe, hecho que se ilustra en el mapa comparativo 2. Esta misma dinámica se observa en los mapas correspondientes al Estado de México.

Fotografía 1. Lomas de Cuauhtepéc D.F.



Fotografía 2. Cerro del Chiquihuite



Fuente: Goggle Maps. Obtenido de <http://maps.google.com.mx/>, el día 20 de septiembre de 2010

Fotografía 3. Cuauhtepéc, Barrios Alto y Bajo, Gustavo A. Madero



Fuente: Aerial Photographs of Mexico City. Obtenido de <http://homepage.mac.com/helipilot/Photo>

Producto de la industrialización, el crecimiento poblacional se dio principalmente en Cuauhtepéc (D.F., en Gustavo A. Madero) y al norte de San Juan de Aragón. Los asentamientos que generaron un mayor impacto en la Sierra son los Barrios Alto y Bajo, que anteriormente constituían propiedades privadas de haciendas y pequeñas propiedades comunales y ejidales, tal como lo muestran las fotografías 1 y 2.

El agravamiento de los problemas ambientales del área metropolitana de la Ciudad de México, que entre sus causas se encuentra la degradación acelerada y pérdida de porciones importantes de la cubierta forestal de la Sierra de Guadalupe (tal como lo muestran las fotografías 1 a 5), que

forma parte de la desaparición de un 73% de los bosques de la ciudad, hacen evidente la necesidad de implantar un proceso de reordenamiento de actividades humanas y de manejo de los recursos naturales que aún existen al norte de la Ciudad de México (Vela, Flores y Rodríguez, 2004).

Una vez demostrado que hay evidencia clara de la sobreexplotación del área forestal natural de la Sierra de Guadalupe, y que al mismo tiempo esta sobreexplotación se traduce en la deforestación de la misma y obedece a un cambio de uso de suelo de forestal a urbano, proponemos un análisis de rentabilidad de la reforestación de la Sierra de Guadalupe. Para ello, consideramos necesario puntualizar la metodología a utilizar, misma que se describe a continuación.

4.2 Metodología a utilizar para la preparación de proyectos de rentabilidad

Hay diversos estudios de proyectos forestales que evalúan los beneficios ambientales que los bosques proveen, como la captura de carbono; por ello se determina su rentabilidad mediante el VAN y TIR. Entre otros destacan los estudios de Chidiak, Moreyra y Greco (2003), quienes realizan una valoración económica del proyecto forestal de Neuquén, en Argentina, mediante los métodos de VAN y TIR, señalando que mediante estas técnicas resulta adecuada la estimación de la rentabilidad de los proyectos.

Así, los estudios de Montagnini (2009), Carpio y Ramírez (2001), Gutiérrez y Lopera (2001), Vallejos, Lobos, Caroca y Marchant (2007), utilizan el método del valor actual neto (VAN) para determinar la rentabilidad de los proyectos forestales (captura de CO₂) y la tasa de descuento pertinente la consideraron como parámetro decisorio y sensibilizaron el VAN. De igual forma, Loguercio (2010) utiliza estos métodos para evaluar la rentabilidad de plantaciones forestales para captura de CO₂. Por otro lado, Chidiak (2003) plantea que la tasa de descuento es una de las variables con mayor incidencia en la rentabilidad de este tipo de proyectos, sensibilizando sus evaluaciones con tasas entre 8 y 12%.

La Guía Metodológica de Preparación y Presentación de Estudio de Proyectos de inversión Pública (2006), propuesto por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) y BANOBRAS, nos proporciona las herramientas adecuadas para evaluar la rentabilidad que tendría una propuesta de reforestación en la Sierra de Guadalupe. Por ello nos enfocamos en esta metodología, con el fin de realizar una evaluación de rentabilidad de la reforestación para nuestro caso de estudio.

Esta Guía Metodológica (2006) señala que la característica fundamental de la evaluación de proyectos, en su interpretación económica, es que utilizan recursos (generan costos) en el presente y brindan beneficios en el futuro. Lo importante para la toma de decisiones es la comparación entre los costos y los beneficios estrictamente relevantes para el proyecto (evaluación), con el objeto de determinar si conviene o no su aprobación y realización, esto es, que las cantidades de dinero expresadas sean legítimamente atribuibles a la realización del proyecto respectivo.

Generalmente en la evaluación socioeconómica de proyectos se utilizan precios sociales para valorar costos y beneficios y se toman en cuenta no sólo los efectos directos (evaluación privada), sino también los indirectos y las externalidades que el mismo proyecto acarrea a otros

miembros de la nación (Guía Metodológica de Preparación y preparación de Estudio de Proyectos de inversión Pública, 2006).

De acuerdo con la Metodología establecida por CEDEP (2006), para realizar un proyecto de inversión, o calcular la rentabilidad de los mismos, consideramos lo siguiente para la evaluación de la rentabilidad de reforestación en la Sierra de Guadalupe:

1. Diagnóstico de la situación actual. En primer lugar identificamos la “situación actual”, que consiste en presentar un diagnóstico de la situación actual de la que surge el proyecto propuesto. El diagnóstico de la situación actual presenta una descripción completa de cómo ocurren los hechos que dan origen al proyecto, así como sus principales causas y consecuencias en la población afectada (Guía Metodológica de Preparación y preparación de Estudio de Proyectos de inversión Pública, 2006). Este punto se examina en profundidad en el capítulo 2 de la presente tesis, en el cual realizamos el diagnóstico de deforestación que ha tenido la Sierra de Guadalupe a través del tiempo. Así mismo, describimos las causas y consecuencias de dicha problemática.
2. Medidas de optimización

Se identifican las medidas de optimización, definidas como acciones que permiten reducir la problemática detectada, es decir, las medidas o proyectos realizados con el fin de reducir el problema analizado. Para nuestro caso de estudio son las medidas adoptadas por los gobiernos locales con el fin de reducir la deforestación y detener el crecimiento irregular de los asentamientos humanos, así como las medidas tomadas con el fin de disminuir las inundaciones provocadas por la misma deforestación en la Sierra de Guadalupe.

3. Situación o escenario sin proyecto

La situación sin proyecto corresponde a la situación o dinámica de seguir con la misma problemática. Es decir, para nuestro caso de estudio, se analiza la tendencia futura de continuar con la dinámica actual de deforestación en la Sierra de Guadalupe y los posibles efectos que ello tendrá, como es el caso de las inundaciones. Posteriormente se calcula el costo que tendrá esta deforestación en el futuro.

4. Situación o escenario optimizado

En esta sección se describen los posibles proyectos previamente planteados y/o implementados para resolver el mismo problema, así como las alternativas de solución actuales. Es preciso reconocer que en la gran mayoría de los casos hay opciones para solucionar los problemas planteados en el diagnóstico de la situación actual. Es decir, una vez identificadas las medidas optimizadas, se realiza el cálculo de los costos que generan dichas medidas.

5. Situación o escenario sin proyecto

En esta sección se describe la situación sin proyecto, explicando todos los cambios, tanto de seguir con la misma problemática sin un proyecto que dé solución a ésta, como los años del horizonte de evaluación. La descripción de la situación “con proyecto” será la base sobre la cual se realice la identificación, cuantificación y valoración de los costos y beneficios legítimamente atribuibles al proyecto. La situación con proyecto también servirá para establecer las metas de desempeño que habrá de lograr el proyecto.

6. Identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios socioeconómicos atribuibles al proyecto (evaluación del proyecto)

En primer lugar, se identifican los costos y beneficios, directos e indirectos, que traerá como consecuencia la ejecución del proyecto. Identificar los costos y beneficios es un ejercicio muy importante porque es la base sobre la que finalmente se evaluará el proyecto. Esto significa que tendrán que ser costos o beneficios que en realidad se deriven del proyecto.

En segundo lugar, se realiza la cuantificación de los costos y beneficios, directos e indirectos, que traerá como consecuencia la ejecución del proyecto. Aquí sí requerimos cuantificar los costos y beneficios. En tercer lugar, se realizará la valoración, en pesos y centavos, de los costos y beneficios señalados en los apartados anteriores. Es importante mencionar que se utilizan precios sociales, que de acuerdo con la Metodología del CEDEP (2006), los precios denominados sociales representan el “verdadero”; valor que para la sociedad significa contar con una unidad adicional de un bien o servicio, o el verdadero costo en que incurre cuando utiliza una unidad de un bien o servicio para la producción de otros bienes o servicios.

Pueden ser muy diferentes de los precios de mercado cuando existen distorsiones en la economía originadas por la acción del gobierno, por la inacción de éste (monopolios o sindicatos), o bien, puede simplemente no existir un mercado y, por tanto, tampoco un precio, aunque sea distorsionado (por ejemplo el hecho de contaminar el medio ambiente o congestionar el tráfico ocasiona efectos en la sociedad para los que no existe todavía un mercado).

El ajuste más simple que se hace en la evaluación social de proyectos consiste en eliminar tanto de los costos como de los beneficios el efecto de cualquier impuesto o subsidio que afecten o reciban los bienes o servicios involucrados. Finalmente, se realiza la evaluación propiamente dicha, la cual generalmente se hace en un cuaderno de Excel, y se presenta un resumen en el documento mismo de la evaluación.

Se utiliza una hoja de Excel para los costos, otra para los beneficios y una hoja resumen que refleje los costos y beneficios netos, así como el cálculo del Valor Actual Neto y TIR, principalmente. Debe recordarse que al hacer la evaluación socioeconómica del proyecto, los flujos de costos y beneficios deben excluir impuestos o subsidios. Del mismo modo, deben realizarse los ajustes por precios sociales referentes a la mano de obra.

➤ Análisis de sensibilidad

Con el objeto de saber cuál es el límite dentro del cual un proyecto continúa siendo rentable se recomienda hacer “sensibilizaciones”, es decir, calcular el cambio en los indicadores de rentabilidad (VAN, TIR y relación costo/beneficios, principalmente).

Indicadores de rentabilidad de los proyectos:

- El VAN de un proyecto significa el aumento (cuando es positivo) en la riqueza que obtiene el promotor de un proyecto por el hecho de llevarlo a cabo.
- La TIR de un proyecto es aquella tasa que hace que el VAN sea cero. Se dice, en términos generales, que si un proyecto tiene una TIR superior a la tasa de descuento, se trata, en principio, de un proyecto rentable.

- La relación B/C es un coeficiente que mide la relación numérica entre el valor actual de los beneficios y el valor actual de los costos atribuibles a la realización de un proyecto. Por ejemplo, si en un determinado proyecto esta relación es de uno, quiere decir que los beneficios son exactamente iguales a los costos. Por lo contrario, si el coeficiente es de dos, esto significará que los beneficios derivados de un proyecto son exactamente el doble de los costos.

7. Conclusiones y recomendaciones

Finalmente, en este último apartado se presentan de manera sintética las conclusiones a las que puede llegarse después de haber realizado el análisis de costo y beneficio del proyecto planteado. De acuerdo con la metodología descrita, nos proponemos aplicar la misma para el caso de una propuesta de reforestación y conservación de la Sierra de Guadalupe. Para ello, es necesario describir a continuación los métodos a utilizar, ya que de acuerdo con la metodología de CEDEP (2006), es necesario establecer tres escenarios posibles.

4.2.1 Metodología para proyectos de rentabilidad de la reforestación de la Sierra de Guadalupe

A partir de la descripción de la metodología establecida por CEDEP (2006), establecemos tres posible escenarios: uno sin proyecto, otro optimizado y uno más con proyecto, con el fin de realizar una evaluación de la rentabilidad de reforestación para el caso de la Sierra de Guadalupe. A continuación describimos los métodos a utilizar para cada uno de ellos.

Método a utilizar para la realización de un escenario sin proyecto de reforestación

1. En primer lugar, para este escenario proyectamos la pérdida de suelo forestal que en el futuro tendrá la Sierra de Guadalupe, en un horizonte de tiempo de 30 años, es decir, de 2010 a 2040. Cabe mencionar que en conjunto el periodo estudiado es el de 1970-2040.
2. En segundo lugar, investigaremos y cuantificaremos todos los costos asociados a la deforestación, entre los que encontramos:
 - a. Costos por asentamiento humanos: es la inversión que el gobierno realiza en infraestructura básica como consecuencia de la aparición de asentamientos humanos. Para ello estimamos los costos que tendrán dichos asentamientos para los gobiernos locales en un horizonte de 30 años. Lo anterior lo realizamos con un promedio a razón de los asentamientos que se encuentra hoy en día asentados sobre nuestra área de estudio. Todo ello lo efectuamos con información de la Comisión Nacional del Agua (2010).
 - b. Costos por inundaciones: son los que se generan como consecuencia de las inundaciones producto de la bajada de agua de la Sierra de Guadalupe, misma que encuentra su relación con la deforestación, como indican los Atlas de inundaciones de los gobiernos de Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlan (2007). A

continuación describimos los métodos a utilizar a efecto de calcular los costos por inundaciones:

- i. Para proyectar los costos, calculamos en principio la población afectada directamente por las inundaciones.
- ii. Consideramos que existen costos públicos y privados. Los primeros se asumen para la sociedad y los últimos para los gobiernos locales.
- iii. Para los gobiernos locales, asumimos que se tienen costos por inversión en infraestructura y saneamiento así como para revertir las inundaciones. Por ello, calculamos los costos derivados de construir infraestructura para prevenir o subsanar inundaciones, información que se obtiene de los Atlas de Inundaciones de cada municipio para el año 2007. No obstante, solo se encontraron disponibles datos para los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlan. Por esta razón, estimaremos un costo promedio para los demás gobiernos locales en función de las inversiones en infraestructura de estos tres municipios. Dicho costo se estima al dividir los costos totales de los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlan entre el número de habitantes que se ve afectado en cada uno de los cinco municipios.
- iv. Para el caso de los costos para la sociedad, estimamos un promedio por hogar, ya que consideramos que cada uno está habitado por cuatro personas en promedio.
- v. Los costos los dividimos entre variables y fijos, para el caso de los costos que asumen los gobiernos. Para el cálculo de los primeros se consideran todas las obras realizadas con el fin de atender y prevenir inundaciones. Estos costos los estimamos además en función de la vida útil de dichos proyectos de infraestructura, los cuales son: la construcción de colectores de captación pluvial y la construcción de una planta de bombeo para aguas negras y que tienen una vida útil de 50 y 20 años, de acuerdo con datos de la CONAGUA (2009). En promedio estimamos una vida útil de 35 años. Por tanto, se considera una sola inversión en 30 años.

Los costos fijos se asumen como inversiones a realizar por el gobierno por concepto de mantenimiento para las obras antes consideradas; cabe resaltar que estas inversiones se realizan anualmente. Entre los costos fijos tenemos: limpieza con equipos de presión-succión a las redes de alcantarillado, y para los mismos colectores y subcolectores contabilizados en nuestro análisis. Dichas inversiones se proyectan anualizadas en un horizonte de tiempo de 30 años.

- vi. El costo promedio deriva corresponde al promedio de los costos por habitante en los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla de Baz y Tultitlan; costo que deriva de la inversión por habitante para atender inundaciones y escurrimientos provenientes de la Sierra de Guadalupe, por parte de los gobierno locales.
- vii. Estimaremos otros costos: los privados y los públicos. Los primeros se calculan en relación con las afectaciones que tiene la población por pérdidas materiales, y los costos públicos, en función a los apoyos económicos que los gobiernos locales brindan a las poblaciones afectadas por dichos eventos.

- viii. Se considera una pérdida de 14, 216 pesos en bienes materiales por hogar, para obtener el costo social, estableciendo que cada hogar afectado tiene una pérdida de tres bienes materiales. De este monto, el 65% lo asume el gobierno local como costo público y el 35% lo absorbe la población afectada (costo privado). Vale la pena decir que dichas estimaciones son potenciales.
- ix. El costo público se obtiene a partir del último acontecimiento por inundaciones en octubre de 2009, cuando los gobiernos locales evaluaron entre 5, 7, 10 y 15 mil pesos como apoyos para la población afectada en los municipios de Ecatepec, Coacalco y Tultitlan. Por ello, consideramos como promedio 9,250 pesos como apoyos que destinan los gobiernos locales a cada hogar.
- x. El costo social es igual a la suma del costo público y el costo privado.
- xi. Para la proyección de los costos futuros consideramos un escenario (sin proyecto) donde la problemática de deforestación no cambia y, por tanto, el problema de las inundaciones prevalece. Asumimos que los costos privados y costos públicos son anuales, al igual que los costos fijos, y que el costo variable se realiza una sola vez en 30 años.
- xii. Las proyecciones de los costos futuros se calculan en un horizonte de tiempo de 30 años debido a que el óptimo de captura de carbono se obtiene al año treinta; si consideramos un proyecto de reforestación de la Sierra de Guadalupe, en adelante ya no habrá más secuestro de carbono. Para el caso de las inundaciones, la masa forestal contribuirá a retener los escurrimientos, lo cual probablemente esto se dé al año 10 después de la reforestación.

Método a utilizar para la realización de un escenario optimizado

Como escenario optimizado, establecemos las medidas o alternativas que han tomado los gobiernos locales con el fin de resolver el problema al intentar detener el crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe. Para ello, definimos lo siguiente:

1. Como primera medida calculamos el costo por la construcción del muro de contención para evitar el crecimiento urbano sobre el suelo natural de la Sierra.
 - a. La construcción de los muros de contención no solamente se establece hacia el Distrito Federal, también hacia el Estado de México. Debido a la expansión irregular de la mancha urbana, en particular en Gustavo A. Madero, el muro de contención se han modificado tres veces. Todo ello conlleva costos, los cuales calculamos de acuerdo con información del Gobierno del Distrito Federal (2006-2010), Dirección General de Obras y Desarrollo Urbano de los periodos 2006-2010. Contratos de obra pública correspondientes al periodo mencionado.
 - b. Una vez obtenido el costo total que tiene la construcción del muro de contención y de acuerdo con su periodicidad de construcción y mantenimiento en el tiempo (cuatro años en promedio), proyectamos el costo futuro a 30 años.
2. Como segunda medida revisaremos los proyectos que realizan los gobiernos locales para evitar las inundaciones causadas por las escorrentías provenientes de la Sierra de Guadalupe:

- a. En este caso consideramos las presas de gavión, las cuales se construyeron para disminuir los deslaves e inundaciones en las partes bajas de la Sierra. Para éste caso, calculamos el costo de su construcción y el que implica su reconstrucción al cabo de un año, ya que las evidencias periodísticas, demostraron que después de un año de la construcción de dichas presas en 2009, 11 de las 12 presas se rompieron.
- b. Consideramos un costo promedio futuro de acuerdo con su periodo de vida con base en los reportes históricos, con información de la *Gaceta Parlamentaria* de la Cámara de Diputados (2009).
- c. Por último, para el cálculo total en un escenario óptimo, sumamos los costos totales de dichas medidas y las proyectamos a 30 años.

Método a utilizar para la realización de un escenario con proyecto de reforestación

A continuación proponemos un escenario con proyecto de reforestación de la Sierra de Guadalupe. Para ello, calculamos lo siguiente:

1. En primer lugar establecemos el área susceptible a reforestar y total de árboles a plantar: establecemos con las siguientes expresiones algebraicas el área a reforestar:
 - a. Superficie a reforestar SR se obtiene:

Donde; $SFt = Pa + Bo$; Sustituyendo en SFt , tenemos:

$$SR = (Pa + Bo) - Bo$$

Por tanto, $SR = Pa$

- b. De acuerdo con Vela, Flores, Rodríguez y otros (2004), realizamos el cálculo de los árboles a plantar. Los autores sugieren una plantación de 3000 ejemplares por hectárea, para una superficie que consideramos de 3,387.96 ha.
2. En segundo lugar, cálculos del costo de la reforestación:
 - a. Antes de calcular el costo de inversión, es necesario considerar el bosque a plantar, lo cual se define con base en los estudios de Vela, Flores, Rodríguez y otros (2004) y CONABIO (2010). Por ello, establecemos plantar un bosque de coníferas.
 - b. En segundo lugar, con base en el ARTÍCULO 4.- para determinar el costo de referencia, por hectárea, para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento de CONAFOR (2006), se aplica lo siguiente:

ARTICULO 1.- Para determinar los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso del suelo en terrenos forestales, se deberán considerar los siguientes precios:

I.- El precio de la planta es el que se señala en la tabla A:

Tabla A. Tipo de ecosistema

Ecosistema	Costo de planta
Templado-frío	\$1.30
Tropical	\$1.00
Árido y semiárido	\$1.00
Humedales	\$1.70

II.- El precio del flete de planta, incluyendo la carga y descarga es de: \$5.00 por kilómetro.

III.- El precio de la mano de obra, es el equivalente al salario mínimo vigente para cada área geográfica (smvz), determinado por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos, lo cual se reproduce en la tabla B:

Tabla B. Salarios mínimos

Área geográfica	Monto del salario mínimo/por jornal
A	\$56.47

La tabla B, muestra los salarios vigentes a partir del primero de enero de 2010, establecido por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos.

Tasa de Inflación anual de 4.20.

ARTICULO 2.- Las cantidades para determinar los costos de referencia

II.- La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo la reforestación es igual a 19 jornales

III.- La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo las obras de conservación de suelos y preparación para la reforestación es la que resulte de aplicar la siguiente fórmula: $(70 \text{ jornales}) * (FC)$

Donde:

1 jornal es igual a 8 horas de trabajo $FC = \text{Factor de corrección}$, que es de 1 para **templado-frío**, tropical y humedales y de 0.5 para **árido y semiárido**.

IV.- La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo el mantenimiento es igual a: 28 jornales

V.- La cantidad de mano de obra por hectárea para la asesoría técnica es igual a: 7 jornales

ARTÍCULO 3.- Para la determinación del tipo de ecosistema se usarán los tipos de vegetación del INEGI, Serie II. Por tanto, se considera un ecosistema templado-frío, que corresponde a un bosque de coníferas (especies *Quercus*).

ARTÍCULO 4.- Para determinar el costo de referencia, por hectárea, para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento, se deberá aplicar la siguiente fórmula; Para nuestro caso de estudio la definimos como sigue:

$$CRM = (Ppa * Npa) + (Pma * Jor) + (Ptpa * km) + (Pma * JorCP) + (Pma * JorM) + (Pma * JorAT)$$

Donde;

CRM = Es el costo por hectárea para actividades de reforestación y mantenimiento

Ha = Total de superficie en ha a reforestar

Ppa = Es el precio por la planta a reforestar

Npa = Es el número de plantas necesarias a reforestar

Pma = Es el precio de la mano de obra

Jor = Son los jornales requeridos para la reforestación

La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo las obras de conservación de suelos y preparación para la reforestación es la que resulta de aplicar la siguiente fórmula: $ma = 19 Jor$. La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo las obras de conservación de suelos y preparación para la reforestación es la que resulta de aplicar la siguiente fórmula: $(70 \text{ jornales}) * (FC)$

Donde:

$1 Jor = 8$ horas de trabajo

Factor de correccion; $FC = 1$; para ecosistema templado – frio

$maM = 28 Jor$;

Donde: maM es la cantidad de mano de obra para llevar a cabo el mantenimiento, y

Cantidad de mano de obra asesoria técnica = $7 Jor$

$Ptpa$ = Es el precio del transporte de la planta a reforestar

El precio del transporte de planta, incluyendo la carga y descarga, es de: \$5.00 por km. Siguiendo la misma metodología, consideramos que el vivero más cercano (del cual se proveerá la dotación de plantas, es decir, la compra) es “Los Insurgentes”, ubicado en el interior del “Parque Sierra Hermosa”, Tecamac, Estado de México. Para calcular la distancia y obtener el costo de transporte, se calcula la distancia de Sierra Hermosa a Sierra de Guadalupe por cada uno de los municipios, utilizando el Mapa Digital de México V5.0, de INEGI (2010).

$JorCP$ = Jornales requeridos para conservación de suelos y preparación para la reforestación

$JorM$ = Jornales requeridos para llevar a cabo el mantenimiento

$JorAT$ = Jornales requeridos para asesoría técnica

Siguiendo esta metodología calculamos el costo de reforestación para el caso de un bosque de coníferas en la Sierra de Guadalupe.

c. En tercer lugar, calculamos los beneficios directos producto de la reforestación en la Sierra de Guadalupe:

i. Pagos por servicios ambientales hidrológicos: pago por recarga de acuíferos. Dicho cálculo lo realizamos con base en Semarnat-CONAFOR y Fondo Forestal Mexicano (2003). Estos pagos se enfocan a los servicios hidrológicos por provenir de los recursos del cobro del agua. Se estima el monto a pagar por tipo de ecosistema. Para nuestro caso, el ecosistema se define como bosques y selvas.

Es de importancia mencionar que este monto es aplicable durante cinco años. Con esta información, decimos que en promedio anualmente se obtienen \$60 por ha. Realizamos la proyección del beneficio futuro, considerando la superficie y el tiempo, es decir, los beneficios totales por pagos de servicios ambientales para una superficie de 3,387 ha en 30 años.

ii. Pago por servicios ambientales por captura de CO₂: cálculo de beneficios económicos por concepto de captura de CO₂. Para calcular éstos beneficios realizamos lo siguiente:

✚ En primer lugar, para este cálculo, de acuerdo con la Evaluación de impactos para el desarrollo forestal, publicado por Semarnat (2003), sobre las estimaciones de captura de bióxido de carbono para un bosque de coníferas, calculamos los beneficios económicos por dicho servicio ambiental.

✚ Para ello, establecemos las siguientes expresiones algebraicas, con el fin de encontrar el beneficio económico total por captura de CO₂ para la reforestación de un bosque de coníferas en la Sierra de Guadalupe, en un horizonte de 30 años. Por tanto, definimos lo siguiente:

$$CO_2tc = CCO_2 * HaRf$$

$$BeCO_2tc = CO_2tc * 1.96dl$$

$$BeCO_2tc = CO_2tc * \$24.46$$

Donde;

CO_2tc es la captura total de CO_2

CCO_2 es la captura de CO_2 de un bosque de coníferas (la dinámica de dicha captura es anual)

$HaRf$ son las hectáreas totales reforestadas, potenciales de captura de CO_2

$BeCO_2tc$ son los beneficios económicos totales de la captura de CO_2

1.96dl, es el precio promedio por tonelada de CO_2 equivalente a \$24.46 por tonelada

Es decir, considerando que la captura de CO_2 es anual y creciente y con base en información de Semarnat (2003) para la captura de CO_2 de un bosque de coníferas por hectárea, multiplicamos dicha captura (la cual es anual) por las hectáreas reforestadas. Con ello, obtenemos el total de CO_2 y el total acumulado de dicha captura.

Consideramos un precio promedio de 1.96dl con base en la serie histórica de 2003-2010 de CCX Carbon Financial Instrument (CFI) Cash Market Contract; de Chicago Climate Futures Exchange. Multiplicamos el total de carbono capturado por hectárea, por 1.96dl equivalentes a \$24.46 por tonelada. Finalmente, calculamos el beneficio total a 30 años por la captura de CO_2 .

- ✚ Beneficio por disminución de inundaciones: de acuerdo con información del grupo ambientalista Greenpeace (2010) hay una relación directa entre la reforestación y la disminución de un 80% de los costos generados por inundaciones cercan del año 10 de la reforestación.

Debemos recordar que la disminución en los costos por inundaciones derivados de la reforestación se logran desde el año 1, teniendo en el año 10 una disminución cercana al 100.0% del total de los ahorros generados por inundaciones, los cuales significan el 80.0% de los costos totales observados por este tipo de contingencias. De acuerdo con dicha dinámica, consideramos la disminución de los costos por inundaciones.

3. Ahorros y beneficios por reforestación: realizamos el análisis de ahorros y beneficios:
 - a. Ahorros económicos: asumimos como ahorros las medidas adoptadas a lo largo del tiempo por parte de los gobiernos locales. En este caso sólo consideramos la barda de contención como un ahorro futuro, ya que con la reforestación esta última funcionará como un muro de contención natural (cinturón verde). Otro ahorro producto de la reforestación en la Sierra de Guadalupe son los costos que se generan por asentamiento humanos. Por último, como ahorro consideramos los costos que se producen como consecuencia de las inundaciones. Todo ello, traducido en pesos.

- b. **Beneficios económicos:** consideramos el beneficio económico total por pago de servicios hidrológicos y captura de CO₂, lo cual significa el beneficio económico total por la reforestación a 30 años de la Sierra de Guadalupe.

4. **Variables financieras:** hay diversos estudios de proyectos forestales de captura de carbono, en los cuales se determina su rentabilidad mediante el VAN y TIR. Las variables financieras que se utilizarán en este estudio serán el TIR y VAN, y análisis costo-beneficios para el escenario de reforestación. La evaluación se sensibiliza con una tasa social de descuento de 8%.

De esta forma, realizamos un análisis de rentabilidad de la reforestación en la Sierra de Guadalupe con base en la metodología del Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos¹⁴ (2006). Donde:

- a. **Valor Presente Neto:** $VAN = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+8)^i}$

- b. **Tasa Interna de Retorno:** $VAN = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+TIR)^i} = 0;$

- c. **Razón Costo Beneficio:** $C/B = \frac{Beneficio}{Costo}$

^{14/} Esta guía tiene como propósito ayudar a las entidades y dependencias de la administración pública federal que postulan proyectos de inversión para incorporarlas al Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), a preparar y presentar sus estudios de evaluación social con los requisitos establecidos por la Unidad de Inversiones (UI) de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (CEDEP, 2006).

4.3 Situación o escenario sin proyecto

En los capítulos 2 y 3 analizamos el estado natural y la problemática que con el paso del tiempo ha enfrentado la Sierra de Guadalupe, problemática que se traduce en la deforestación de la misma por el avance del crecimiento urbano. En este capítulo mostramos que las evidencias de deforestación, como lo mencionan los estudios de Lugo y Salinas (1996); Cedillo, Rivas y Rodríguez (2007); López, García, Galván y Valerio (2007), pero concretamente entre el periodo de 1970-2009 son correctas, hecho que mostramos a partir del índice de sesgo “de deforestación” para el caso de la Sierra de Guadalupe.

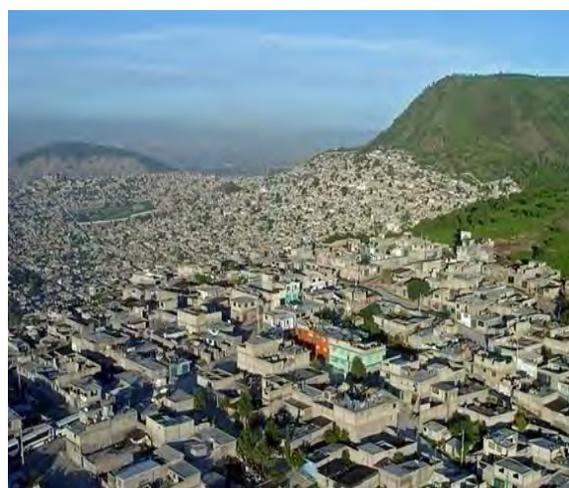
Revelamos que existe un cambio de uso de suelo forestal a urbano, donde el primero está siendo sobreexplotado por el cambio de uso de suelo urbano, tal como lo muestran las fotografías 4 y 5 vistas desde Ecatepec. A partir del análisis anterior expondremos un escenario sin proyecto, en el cual describiremos la tendencia de deforestación y cambio de uso de suelo forestal a urbano de la Sierra de Guadalupe, siguiendo con la dinámica analizada, a partir de la tendencia del periodo de 1970-2009.

Fotografía 4. Panorámica de Ecatepec



Fuente: Goggle Maps. Obtenido de <http://maps.goggle.com.mx>, el día 20 de septiembre de 2010

Fotografía 5. Panorámica de Ecatepec



Fuente: Aerial Photographs of Mexico City obtenido de <http://homepage.mac.com/helipilot/Photo>, el día 20 de septiembre de 2010.

Como se ha dicho, de acuerdo con Valerio, García, López y Galván (2007), en el municipio de Tlalnepantla la urbanización comenzó de manera irregular en 1970 y para 1993 la población llegó a más de 100 m de altura a partir de la planicie lacustre en la Sierra de Guadalupe. Siguiendo con los autores, éstos demuestran que hacia el SW de la Sierra de Guadalupe, el cerro del Tenayo ha sufrido un proceso de urbanización, con efectos negativos en la estabilidad de las laderas, debido a cortes o excavaciones y sobrecarga de las construcciones, tal como lo muestra la fotografía 7.

Fotografía 7. Panorámica del “Tenayo”, SW de la Sierra de Guadalupe, Tlalnepantla

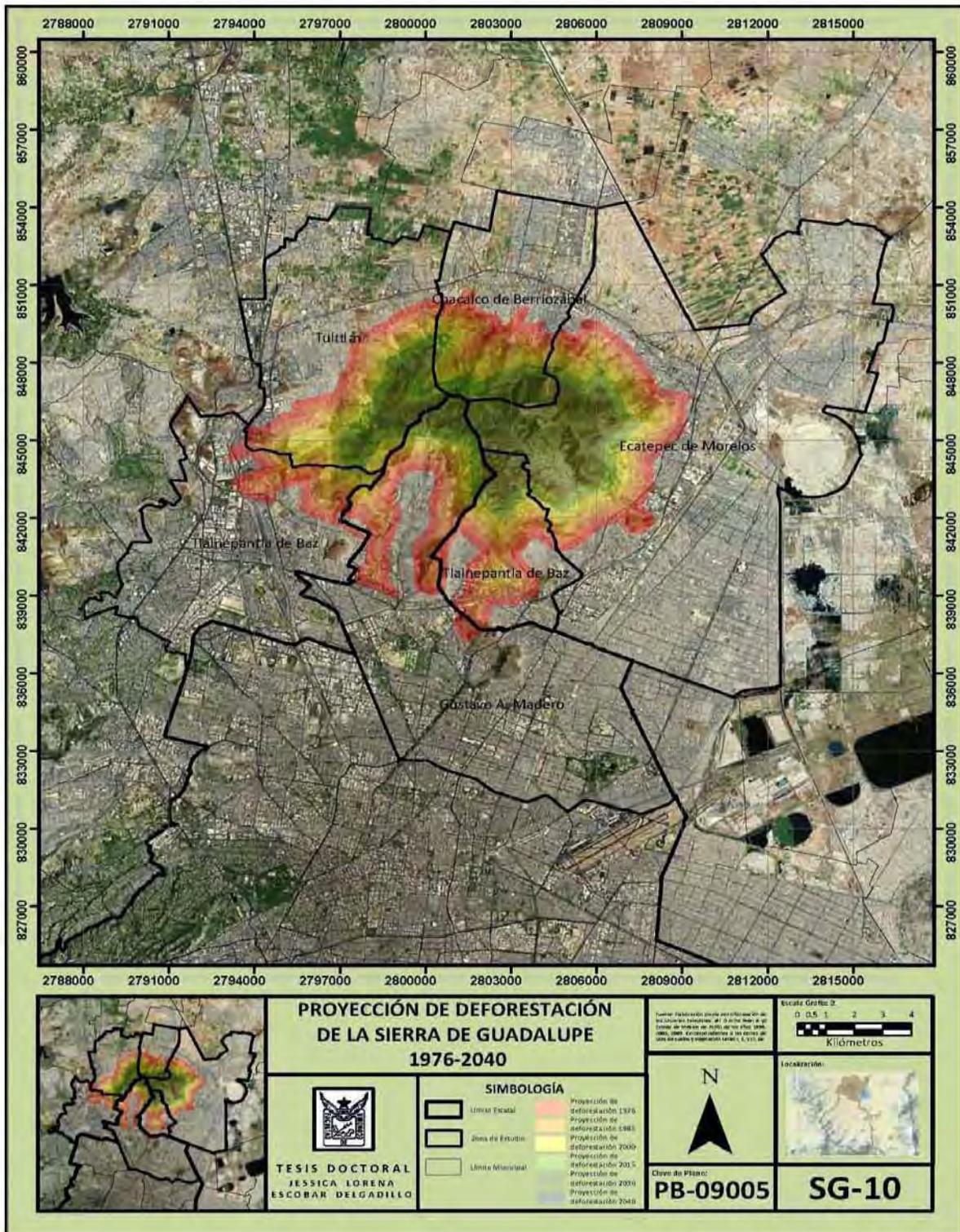


Fuente: Valerio Carlos, García Palomo A., López Miguel y Galván García A. (2007). Geología y procesos de remoción en masa asociados a un domo volcánico tipo *couléé*: cerro El Tenayo, Tlalnepantla, Estado de México.

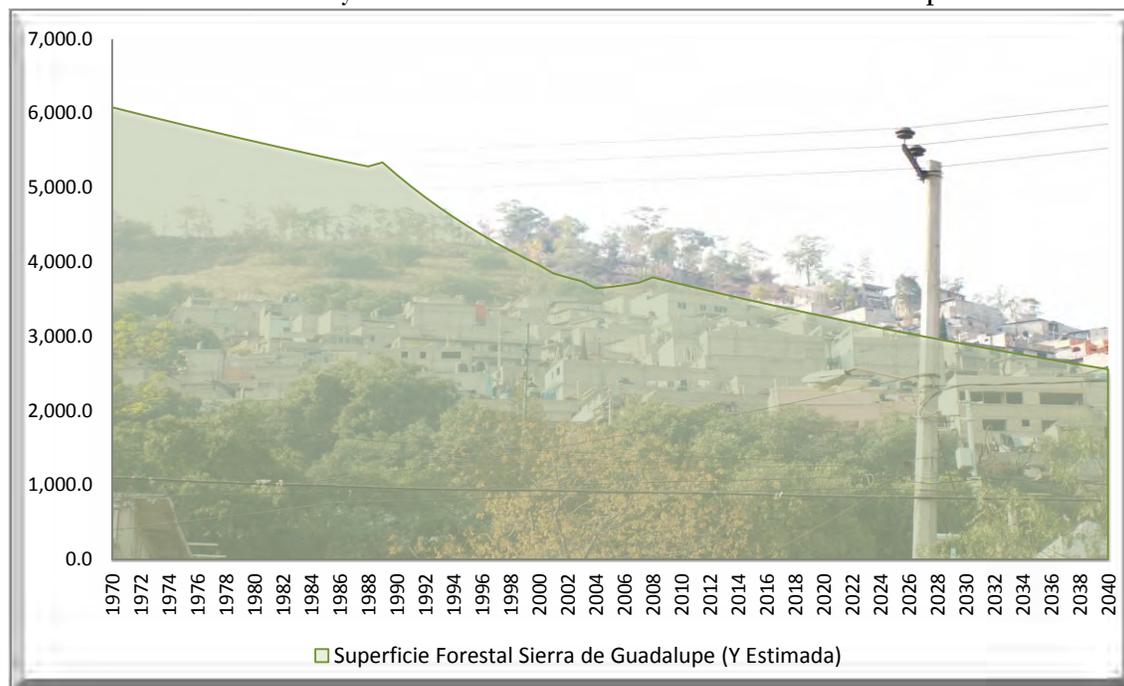
Estas evidencias demuestran una vez más que en la Sierra de Guadalupe el proceso de urbanización se realiza en detrimento de su área natural, que al mismo tiempo pone en evidencia la vulnerabilidad de las poblaciones asentadas en esta región, lo cual conlleva numerosos peligros y costos económicos para las poblaciones de zonas bajas, tal como lo hemos descrito.

Continuando con nuestro escenario sin proyecto, es decir, la tendencia que en un escenario de 30 años tendrá la deforestación de la Sierra de Guadalupe por el cambio de uso de suelo forestal a urbano si continúa la deforestación en la Sierra de Guadalupe. De acuerdo con las pruebas de regresión lineal y tasa media de crecimiento anual realizadas en el capítulo 2 (ver tabla 8 capítulo 2), estaremos, en el periodo de 1970-2040, frente a la desaparición de poco más de 3 mil 500 ha de suelo natural, como muestran el mapa 10 y la gráfica 5. Esta pérdida se traduce en un incremento de las externalidades negativas de la deforestación de la Sierra de Guadalupe, como son: mayores inundaciones, menor recarga del acuífero y un incremento de partículas contaminantes, entre otros, todo lo cual se refleja en costos económicos.

Mapa 10. Proyección de deforestación de la Sierra de Guadalupe 1970-2040



Gráfica 5. Proyección de deforestación de la Sierra de Guadalupe



Fuente: elaboración propia con base en la información de la tabla 1

En este contexto, de acuerdo con Domínguez (2011), el principal efecto de la alta demanda de agua en la Ciudad de México es la sobreexplotación del acuífero. Como consecuencia de este fenómeno, el Valle de México sufre hundimientos diferenciales y, aunque no hay cifras sobre los costos que éstos originan, es fácil deducir que son enormes, ya que, por ejemplo; para evitar las inundaciones ocasionadas por la falta de pendiente ha sido necesario construir, operar y ampliar el Sistema de Drenaje Profundo, así como costosos sistemas de bombeo que permiten elevar el agua hasta los conductos principales.

La Secretaria de Obras y Servicios del GDF (2006) señala que “uno de los principales problemas de la zona metropolitana es el riesgo de inundaciones, al cual contribuyen varios factores como son el crecimiento urbano en las zonas altas de la Ciudad, especialmente en las Sierras del Norte, Poniente y del Sur, que al cubrirse con calles, casas, techos y patios, han modificado la relación infiltración-escorrimento, concentrando además en menores tiempos caudales mayores originados por lluvias intensas y saturando los conductos; la invasión con asentamientos humanos de diversas zonas bajas de la Ciudad, las que siguen siendo reconocidas como vasos reguladores por el agua de lluvia y por otra parte, la pérdida de capacidad de algunos componentes del Sistema de Drenaje de la Ciudad”.

Aunado a la sobreexplotación de los acuíferos en los Valles de México y Toluca, la tala inmoderada de los bosques, las áreas destinadas a la agricultura y la alta erosión, han disminuido la infiltración natural y por ende se ha incrementado el déficit en el balance hídrico. Asimismo el entorno ambiental se ha visto afectado con la desaparición de cuerpos de agua, que en el pasado fueron el hábitat de especies endémicas, muchas de ellas desaparecidas. Es importante destacar que con la disminución de los bosques han aumentado los arrastres de suelo que disminuyen la capacidad de los cauces, lo que afectada las condiciones climáticas habituales en estas regiones (Korenfeld y Hernández, 2011).

Como apunta, Domínguez (2011), hasta ahora el proceso histórico de la relación entre el crecimiento urbano y la necesidad de construir obras de protección contra inundaciones, ha consistido en que primero se amplía el área urbana, al poco tiempo se produce la inundación y después se realizan las obras indispensables para evitarla. Es claro entonces que la Ciudad de México está sujeta a un riesgo muy alto de sufrir inundaciones graves.

A continuación presentaremos los costos económicos que tiene para los gobiernos locales la deforestación de la Sierra de Guadalupe a 30 años. Como explicamos, a consecuencia de la disminución del área forestal se generan mayores costos, tanto en inversión en infraestructura para asentamientos humanos, como para atender los desastres provocados por las inundaciones, como apuntan diversos autores, entre ellos, Cedillo, Rivas y Rodríguez (2007), así como Salinas y Lugo (1996) y Korenfeld y Hernández (2011), por mencionar algunos.

En la tabla 23 mostramos la inversión requerida en infraestructura para asentamientos humanos a 30 años. Observamos que existe el costo total de abastecer de infraestructura a los asentamientos humanos en el Estado de México y Distrito Federal es de \$102, 747, 000 Inversión que representaría la reforestación de 9, 319 ha de un bosque de coníferas.

Tabla 23. Inversiones en infraestructura para asentamientos humanos a 30 años

(millones de pesos)

Municipio/ Delegación	Aplicación					Total	Tendencia a 30 años
	Agua potable	Alcantarillado	Saneamiento	Mejoramiento de eficiencia	Otros		
Distrito Federal	386.5	401.3	51.5	398.5		1,237.90	37,137
Estado México	1,578.00	529.3	26.3	51	2.5	2,187.00	65,610
TOTAL							102,747

Fuente: Comisión Nacional del Agua www.conagua.gob.mx

Existen costos asociados a los efectos que genera la deforestación al propiciar un mayor nivel en los escurrimientos provenientes de la Sierra, mismos que se traducen en inundaciones. Esta deforestación, a consecuencia del crecimiento urbano con el correr del tiempo, afecta de forma negativa a las poblaciones asentadas sobre la Sierra y en zonas aledañas. Ejemplo de ello, son los impactos de las inundaciones, como lo demuestran los estudios de Cedillo, Rivas y Rodríguez (2007), así como Salinas y Lugo (1996), al señalar que las inundaciones y caída de rocas (deslaves), afectan con frecuencia a las casas habitación por construcciones en zonas peligrosas, como lechos y desembocaduras de arroyos, laderas inestables de barrancos.

Siguiendo con los autores, la urbanización incrementa las posibilidades de inundación al evitarse el desagüe natural, reducir la infiltración y canalizar los escurrimientos por las calles

pavimentadas. En suma, la deforestación ha contribuido de manera considerable al desarrollo de procesos de erosión e inundaciones; por esto, la reforestación es un elemento indispensable que contribuirá a disminuir los riesgos ambientales, tal como lo señalan Cedillo, Rivas y Rodríguez (2007). Por ésta razón, calculamos los costos que asumen los gobiernos locales, así como la población directamente afectada, con proyección a 30 años, como lo muestra la tabla 23.

Tabla 24. Estimación de los costos de inversión para mitigar inundaciones y costos sociales derivados de este problema en la Sierra de Guadalupe a 30 años, 2007-2036

Costos de Inversión para mitigar efectos de las inundaciones		Costos Sociales derivados de las inundaciones		Costos totales al año 2007	Proyección a 30 años de los costos totales
Fijos	Variables	Privados	Públicos		
\$ 154,728,393	\$ 2,037,160	\$ 37,408,878	\$ 69,680,250	\$ 263,854,681	\$ 3,428,517,033

Fuente: elaboración propia con información de las tablas 11 y 12

1/ La proyección de los costos totales a 30 años se establece a partir de la suma de los costos variables, costos totales privados y costos totales públicos; más los costos fijos en un solo año.

Observamos en la tabla 23 que en el periodo de 2007-2036 se estima que los costos asociados a las inundaciones como consecuencia de la deforestación y el crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe ascenderán a \$3, 428, 517,033, costos que sin duda serán importantes para la sociedad y los gobiernos locales.

Tabla 25. Estimación de los costos totales de inversión como consecuencia de la deforestación 2007-2036

Costos totales		
Inversión por asentamientos	Inundaciones	Totales
\$102,747	\$3,428,517,033	\$ 3,428,619,780

Fuente: elaboración propia con información de las tablas.

Finalmente, si prosigue la misma dinámica de deforestación, en un escenario a 30 años tendremos altos costos económicos sociales y privados asociados a la misma, mismos que se muestran en la tabla 24. Sin duda, a lo largo del tiempo ha habido una deforestación importante en la Sierra de Guadalupe, causada por un cambio de usos de suelo que particularmente de 1970 a 2009, es de uso urbano. Es decir, decimos que en el periodo analizado el cambio de uso de suelo de la Sierra de Guadalupe es potencialmente urbano, pero al mismo tiempo este proceso de cambio conlleva diversos problemas ambientales y económicos tanto para la sociedad colindante a la Sierra como para los gobiernos locales.

De seguir la misma dinámica de deforestación por cambio de uso de suelo forestal a urbano, con proyecciones a largo plazo (a 30 años), estaremos ante la desaparición del 58% del área natural de Sierra de Guadalupe de acuerdo con nuestras proyecciones con TMCA y regresión simple. Es importante hacer mención que nuestras proyecciones demuestran, por un lado, altos costos

económicos y sociales y por otro costos ambientales por la pérdida de este recurso natural, considerado de gran valor ambiental por los bienes, servicios ambientales y funciones propias del único recurso natural al norte de la ZMVM, tal como lo indican los gobiernos del Distrito Federal (2010) y del Estado de México (2010), y que más de una vez han señalado diversos estudios, entre ellos los de Salinas y Lugo (1996), Cedillo, Rivas y Rodríguez (2007), Valerio, y otros (2006), Valerio, García, López y Galván (2007), Vela, Flores y Rodríguez (2004), entre otros.

4.4 Escenario optimizado

Como escenario optimizado establecemos las medidas o alternativas que han tomado los gobiernos locales con el fin de resolver el problema intentando detener el crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe. Como primera medida analizaremos la construcción del muro de contención para evitar el crecimiento urbano. En segundo lugar revisaremos las medidas que asumen los gobiernos locales para evitar las inundaciones causadas por las escorrentías provenientes de la Sierra de Guadalupe. En este último caso consideramos las presas de gavión, las cuales se construyeron para disminuir los deslaves y las inundaciones en las partes bajas de la Sierra.

La poligonal del ANP se encuentra limitada casi en su totalidad por una barda (muro ecológico en Sierra de Guadalupe, en Gustavo A. Madero), para evitar el crecimiento de los asentamientos humanos. Actualmente, cuatro de ellos afectan una superficie estimada de 2 ha dentro del ANP, pero tres de ellos son críticos debido a su grado de consolidación y cercanía a la zona urbana: “Castillo Chico”, “Ampliación Tlalpesco” y “El Carmen”, ubicados al oeste del Cerro del Chiquihuite. El otro se ubica en el paraje “Malacates”, y se le conoce por el mismo nombre, y está relativamente alejado del área urbana; está construido con materiales provisionales y presenta un bajo grado de consolidación. A este respecto, es necesario establecer procedimientos que permitan recuperar y restaurar las áreas invadidas; concluir la barda del perímetro y establecer un adecuado sistema de vigilancia que prevenga o atienda todo ilícito dentro del ANP (Gaceta del GDF, 2003).

El Cerro del Chiquihuite es un ejemplo de lo inadecuado que puede ser el establecimiento irregular de cientos de familias a lo largo de zonas no aptas para zonas habitacionales (ver fotografía 2). Uno de los hechos que marcaron el inicio de acciones de mitigación de peligro más recientes fue la caída de un bloque de roca en 1998, que rodó hasta la zona urbanizada y afectó varias viviendas en la calle Coatlicue en la colonia La Pastora. Las autoridades delegacionales comenzaron a implementar medidas diversas para evitar que más rocas se desprendieran. En 1999, la Delegación Gustavo A. Madero inició la construcción de un muro de amortiguamiento en el Cerro del Chiquihuite (Martínez, Cabral, Correa y otros, 2009). Sin embargo, ésta barda en otras áreas de Sierra de Guadalupe se inició en 1993 (Salinas y Lugo, 1996).

La construcción de los muros de contención no solamente se establece hacia el Distrito Federal, sino también hacia el Estado de México. Existen muros de contención y mallas ciclónicas como medida para evitar el avance del crecimiento urbano. Sin embargo, como señalan los autores, estas medidas no han funcionado debido a que se sigue extendiendo la mancha urbana; en particular los muros de contención en Gustavo A. Madero se han modificado tres veces desde el inicio de su construcción.

Tabla 26. Costos por rehabilitación, construcción y reconstrucción del muro de contención en Gustavo A. Madero,

2006-2010

CONCEPTO	PERIODO DE EJECUCIÓN		MONTO
REHABILITACIÓN DE 3281.75 m ³ DEL MURO	2006	2007	3,638,081.43
DEMOLICIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN, ESTABILIZACIÓN DE TALUD Y CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN, EN COLONIA MALACATES.	2007	2008	4,999,999.90
2° ETAPA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS, EN LAS CALLES DE GOLONDRINAS, BRECHA AL CERRO DEL CHIQUIHUIE, ENTRE DORMILONAS, DESPIERTA Y JILGUEROS EN LA COLONIA TLALPEXCO	2007	2008	2,727,734.00
SUPERVISIÓN DE OBRAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y RECIMIENCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN EN LA BARRANCA 8 y 9 PEÑA GORDA DEL RÍO DE CUAUTEPEC ENTRE LAS CALLES DE 2A CERRADA DE 2 DE ABRIL Y LAZARO CARDENAS	2007	2008	208,639.58
CONSTRUCCIÓN Y RECIMIENCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN EN LA BARRANCA PEÑA GORDA DEL RÍO CUAUTEPEC	2007	2008	2,862,228.32
SUPERVISION DE OBRA PARA EL MANTENIMIENTO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL MURO DE CONTENCIÓN	2007	2008	166,177.55
MANTENIMIENTO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL MURO DE CONTENCIÓN EN CALLE JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ, EN LA COLONIA MALACATES	2007	2008	2,358,514.48
CONSTRUCCIÓN DE DOS MUROS DE CONTENCIÓN EN CUAUTEPEC	2007	2008	6,400,000.00
MUROS DE CONTENCIÓN EN TLALPEXCO, CUAUTEPEC	2009	2010	650,000.00
PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN EN LA COLONIA MALACATES	2010	2010	212741.12
TOTAL			24,224,116.38

Fuente: elaboración propia con información del Gobierno del Distrito Federal (2006-2010). Dirección General de obras y desarrollo urbano. Periodos 2006-2010

Hay que destacar que si bien la construcción de estos muros es un esfuerzo de los gobiernos, éstos sin duda han resultado insuficientes y generan diversos costos. En la tabla 25, se incluyen los costos del muro de contención para Gustavo A. Madero, (esto debido a que sólo contamos con datos para el D.F.). La misma tabla muestra que en el periodo de 2006-2010 el monto asciende a poco más de 24 millones de pesos.

Estas medidas demuestran ser insuficientes, como lo evidencia el constante crecimiento urbano sobre los cerros. Ejemplo de ello es el Chiquihuite (ver fotografía 2), tal como lo demuestran los estudios de Martínez, Cabral, Correa y otros (2009); así como el estudio de Valerio, García, López y Galván (2007), al señalar que el cerro del Tenayo en Sierra de Guadalupe también ha sufrido un proceso de urbanización, con efectos negativos que implican un importante riesgo para sus habitantes (ver fotografía 7).

No sólo se han implementado este tipo de medidas para evitar el crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe; en efecto, es necesario mencionar que a consecuencia de este crecimiento y de la degradación del área natural de la misma se han generado diversos problemas para las poblaciones aledañas, como lo describen los estudios mencionados sobre los problemas de remoción en masa, lo cual genera desprendimientos. Pero también, otro importante problema año con año son las inundaciones, tal como lo registran los gobiernos estatales y del Distrito Federal por la bajada de las aguas broncas de la Sierra (Atlas de inundaciones, Gobierno del Estado de México, 2002-2008).

Para reducir los escurrimientos provenientes de la Sierra de Guadalupe, el gobierno del Estado de México construyó 12 presas de gavión en la barranca de San Andrés de la Cañada, con el fin retener en lo posible las escorrentías, mismas que provocan inundaciones en zonas aledañas a la

Sierra. Si bien se tratan de una medida viable, demuestra ser insuficientes, para prevenir la problemática, ya que de acuerdo con la CONAGUA (2010) el 30 de octubre de 2009, 11 de las presas se rompieron, lo cual generó grandes daños por inundaciones a más de 4 mil familias (*La Jornada*, 2009). En la parte alta de la Sierra de Guadalupe, en Ecatepec, hay 12 presas que regulan la bajada de las aguas, de las cuales once se dañaron totalmente con la tromba de octubre, que son las que se repararán de maneta urgente, según señala la Semarnat en 2009.

Tabla 27. Costos por la construcción de presas de gavión

Concepto	Monto
Construcción de 12 presas de gavión	4,980,477.60
Reconstrucción de 11 presas de gavión	3,195,206.46
TOTAL	8,176,284.06

Fuente: elaboración propia con información de la Cámara de Diputados (2009). *Gaceta parlamentaria*. Obtenido de <http://gaceta.diputados.gob.mx>

Así, la tabla 26 ilustra el costo de la construcción de las presas de gavión en 2008 y su reconstrucción en 2009. Se estima un costo aproximado de poco más de 8 millones de pesos, presas que sólo se encuentran en Ecatepec. Podemos observar que tanto la barda de contención como señalan Salinas y Lugo (1996), como un intento de contener la mancha urbana tiene un alto, misma que demuestra ser insuficiente e ineficiente, ya que, como se señaló, se ha modificado tres veces hacia arriba sobre la Sierra.

Si bien las presas de gavión demuestran ser técnicas viables para la retención del agua, es claro que son insuficientes debido a su peligrosidad cuando se rompen pues ello tiene altos costos económicos, tanto para los gobiernos como para las familias que se ven afectadas. Sin embargo, esta última medida podrían ser eficiente en conjunto con la reforestación, ya que por sí sola demuestra ser altamente vulnerable.

Tabla 28. Costos totales de 2006-2010

Concepto	Monto
Barda de contención	24,224,116.38
Presas de gavión	8,176,284.06
TOTAL	32,400,400.44
TOTAL a 30 años	\$267, 988,959.18

Fuente: elaboración propia con información de las tablas anteriores.

En suma, pensamos que en un escenario optimizado con medidas adoptadas por los gobiernos locales, la barda de contención en 30 años tendría un costo de \$267, 988,959.18 millones de pesos, por lo cual ésta medida demuestra ser ineficiente e insuficiente, al mismo tiempo que parece muy costosa. En definitiva, no podemos pensar que los gobiernos locales puedan resolver el problema del crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe, misma que al deforestarse

propicia inundaciones. Estas medidas, por sí solas, además de ser costosas, no solucionan el problema.

En pocas palabras, la reforestación y recuperación del área natural de la Sierra de Guadalupe es una medida viable para la solución de dicha problemática, pues su costo es menor, que seguir con la misma dinámica de deforestación y sus altos costos asociados a ella. En el siguiente apartado estableceremos una propuesta de reforestación como un escenario con proyecto.

4.5 Escenario con proyecto

A continuación proponemos un escenario con proyecto de reforestación de la Sierra de Guadalupe. La replantación se realizará en donde no hay bosque, para ello decimos que la superficie a reforestar va a ser:

$$SR = SFt - Bo$$

Donde; $SFt = Pa + Bo$

Sustituyendo en SFt , tenemos:

$$SR = (Pa + Bo) - Bo$$

$$SR = Pa$$

Es decir:

$SFt =$ Suelo forestal total de la Sierra de Guadalupe

$Pa =$ Pastizal inducido

$Bo =$ Bosque

Por tanto, la superficie a reforestar corresponde a 3, 387.96 ha

Es decir:

$$SR = SFt - Bo$$

$$SR = (3387.9 + 343.4) - 343.4$$

$$SR = 3731.36 - 343.4$$

$$SR = 3387.96 \text{ Ha}$$

que corresponde a Pa : Pastizal inducido

Por tanto, decimos que la reforestación contribuirá en el mediano y largo plazos a:

1. Evitar la expansión del crecimiento de los asentamientos irregulares sobre la Sierra de Guadalupe,
2. Con la reforestación la capacidad del suelo de la Sierra para retener agua será mayor, lo que tendrá efectos directos sobre los escurrimientos que actualmente propician inundaciones; por tanto,
3. Disminuirán las inundaciones y con ello se generarán beneficios directos sobre la población aledaña y habrá ahorros en las inversiones de los gobiernos locales en la zona, tal como lo señala la Protectora de Bosques del Estado de México de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (2006): “con la reforestación disminuyen las inundaciones y las pérdidas humanas causadas por los deslaves, ya que son capaces de retener el suelo y con ello evitar la erosión de suelo y cárcavas”.
4. La reforestación crea la posibilidad de capturar bióxido de carbono,
5. Al tener un área reforestada se pueden colocar bonos de carbono en los mercados internacionales, con beneficios por este servicio ambiental
6. Habrá una mayor recarga de acuíferos con lo cual se podrán tener beneficios económicos por servicios hidrológicos

Como parte del proyecto, se establecen las especies óptimas de árboles ^{15/} susceptibles de plantarse en la Sierra de Guadalupe, con el fin de que puedan adaptarse a las condiciones existentes y servir de sumideros de carbono y fuentes de retención y captura de agua. En el siguiente punto calcularemos el área susceptible de reforestar a partir del análisis anterior y de los datos obtenidos en la tabla 1.

4.5.1 Área susceptible de reforestar y total de árboles a plantar

Como señala CONABIO (2010), el uso de suelo de pastizal inducido es susceptible de ser convertido en bosque, ya que aquél es consecuencia de la deforestación. Además, Vela, Flores, Rodríguez y otros (2004), en su estudio “Propiedades edáficas y calidad de sitio de áreas en la Sierra de Guadalupe”, sugieren:

- ✚ La reforestación de pendientes escarpadas, mediante la introducción de árboles y arbustos.
- ✚ En la reforestación deben plantarse especies adaptadas, a razón de 3,000 ejemplares por hectárea con la finalidad de proteger e incrementar la formación del suelo.
- ✚ Aunque grandes áreas de la Sierra se encuentran reforestadas con *Eucalyptos* sp., es recomendable prever la sustitución de estas especies zona las que se consideran exóticas y no tienen un alto valor “ecológico”, a fin de incrementar la masa forestal natural, principalmente de encinos y/u otras especies nativas.
- ✚ En el límite de los asentamientos humanos, no utilizar especies que sean aptas para la obtención de leña.

Con base en el estudio mencionado, se recomienda la reforestación con 3,000 ejemplares de árboles por hectárea en la Sierra de Guadalupe, con el fin de potenciar la formación de suelos en

^{15/} Se considerarán a las especies óptimas como las que mejor se adapten al suelo y clima de la Sierra de Guadalupe, así como las especies nativas del área. De acuerdo con los estudios de Vela, Flores, Rodríguez y otros (2004)

el área de estudio. Con esta información en la tabla 28 estimamos el total de árboles a plantar en la Sierra de Guadalupe.

Tabla 29: Estimación de árboles a plantar en la Sierra de Guadalupe (ha.)

Árboles por hectárea	Superficie total en hectáreas	Árboles requeridos para reforestar
3,000	3,387.96	10,163,880

Fuente: elaboración propia con información de las tablas anteriores. El total de arboles es calculado tomando como base un 70% de supervivencia, el numero de arboles que sobrevive a este nivel corresponde al 100% requerido para la reforestación.

En un escenario con potencial para plantar 3, 000 ejemplares de árboles por hectárea en el área susceptible de reforestar en la Sierra de Guadalupe, correspondiente a 3, 387.96 hectáreas, se requiere plantar 10, 163, 880 árboles en total. Una vez obtenida la información sobre el número de árboles necesarios para la reforestación, calcularemos sus costos, ya que éstos representan una parte importante de la inversión.

4.5.2 Inversión estimada en reforestación: costos totales de la reforestación

Con base en las propiedades del suelo de la Sierra de Guadalupe y como describen Vela, Flores, Rodríguez y otros (2004), para reforestar esta zona de estudio es necesario utilizar especies adecuadas a ella, como los *Quercus*, que de acuerdo con CONABIO (2010), el conjunto de un bosque de coníferas está conformado con *Pinus y Quercus*, mismas que, siguiendo con los autores, se deberán producir en vivero para posteriormente plantarlos en la Sierra.

A partir de la información anterior, definimos que el tipo de bosque que se debe considerar para la reforestación es el de coníferas (con representación de *Quercus*), de acuerdo con los estudios sobre las propiedades del suelo de la Sierra y CONABIO (2010). Una vez seleccionado el tipo de bosque a plantar, estimaremos la inversión en reforestación. Es de importancia mencionar que éste cálculo lo realizaremos en función a la “metodología de costos en reforestación” de CONAFOR (2006).

Con base en el ACUERDO mediante el cual se expiden los costos para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación de la Comisión Nacional Forestal (2006), estimaremos el costo total de reforestar 3, 387.96 ha en la Sierra de Guadalupe. A partir de dicha metodología y con base en el **ARTÍCULO 1.-** Para determinar el costo de referencia, por hectárea, para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento (CONAFOR, 2006), se aplica la siguiente fórmula:

Metodología

Costo por hectárea, para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento es igual a:

$$CRM = (Ppa * Npa) + (Pma * Jor) + (Ptpa * km) + (Pma * JorCP) + (Pma * JorM) + (Pma * JorAT)$$

Donde;

CRM; Costo por hectárea para actividades de reforestación y mantenimiento

Ha: Total de superficie en ha a reforestar = 3,387.96 ha

Ppa = Es el precio por la planta a reforestar

Npa = Es el número de plantas necesarias a reforestar

Pma = Es el precio de la mano de obra

Jor = Son los jornales requeridos para la reforestación

La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo las obras de conservación de suelos y preparación para la reforestación es la que resulta de aplicar la siguiente fórmula: $ma = 19 Jor$. La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo las obras de conservación de suelos y preparación para la reforestación es la que resulta de aplicar la siguiente fórmula: $(70 \text{ jornales}) * (FC)$

Donde:

$1 Jor = 8$ horas de trabajo

Factor de correccion: $FC = 1$; para ecosistema templado – frío ; $maM = 28 Jor$

Donde: *maM* es la cantidad de mano de obra para llevar a cabo el mantenimiento, y

Cantidad de mano de obra asesoria técnica = 7 Jor

Ptpa = Es el precio del transporte de la planta a reforestar

El precio del transporte de planta, incluyendo la carga y descarga, es de \$5.00 por km

JorCP = Jornales requeridos para conservación de suelos y preparación para la reforestación

JorM = Jornales requeridos para llevar a cabo el mantenimiento

JorAT = Jornales requeridos para asesoría técnica

A partir de la metodología descrita, calculamos los costos totales establecidos en la tabla 29 para la reforestación y mantenimiento en la Sierra de Guadalupe, para un ecosistema templado-frío. Debemos considerar, con base en INEGI, que un ecosistema templado-frío corresponde a un bosque de coníferas (especies *Quercus*).

Tabla 30: Costos totales establecidos para la reforestación

COSTOS EN REFORESTACIÓN			
Ecosistema: templado-frio ^{1/}			
Concepto	Cantidad requerida	Costo (pesos)	
Planta ^{2/}	10163880	13,213,044	
Trasportación ^{3/}	227.721 km	1,138.60	
MANO DE OBRA ^{4/}			
La cantidad de mano de obra por hectárea	64371.24	3,698,771.45	
La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo las obras de conservación	237157.2	13,627,052.7	
La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo el mantenimiento	94862.88	5,450,821.08	
La cantidad de mano de obra por hectárea para la asesoría técnica	23715.72	1,362,705.27	
COSTOS TOTALES		37,353,533.12	

Fuente: elaboración propia con información de *Diario Oficial* (2006). CONAFOR. ACUERDO mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación.

^{1/} ARTÍCULO 3 Para la determinación del tipo de ecosistema se usan los tipos de vegetación de INEGI, Serie II

^{2/} Costo por planta de acuerdo con el tipo de ecosistema: \$1.30; con base en la metodología de CONAFOR (2006)

^{3/} El vivero más cercano es “Los Insurgentes”, ubicado en el interior del “Parque Sierra Hermosa”, Tecamac, Estado de México. La distancia se calcula de Sierra Hermosa a Sierra de Guadalupe por municipio; utilizando el Mapa Digital de México V5.0, de INEGI (2010). Obtenido de <http://gaia.inegi.org.mx>.

^{4/} Área Geográfica “A”: \$57.46. Salarios vigentes a partir del primero de enero de 2010, establecido por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos

^{5/} Tasa de inflación anual de 4.20

La tabla 29 muestra el total de costos para reforestar 3, 387.96 ha en la Sierra de Guadalupe mismos que, utilizando la metodología de CONAFOR (2006), ascienden a \$37, 352,644.5. Estos son los costos directamente involucrados en la reforestación; sin embargo, calculamos los costos estimados en mantenimiento a 30 años para dicho proyecto, los cuales ascienden a \$1, 202, 383,424 (incluye inflación¹⁶). En el siguiente inciso plantearemos los beneficios directos por la captura de carbono y los servicios hidrológicos (recarga de acuíferos) a partir de un escenario con proyecto de reforestación para la Sierra de Guadalupe.

^{16/} Tasa de Inflación anual de 4.20%.

4.5.3 Beneficios directos de la reforestación por los bienes y servicios ambientales: captura de bióxido de carbono y recarga de acuíferos

El acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es la principal fuente de abastecimiento de agua para ésta. El gobierno del Distrito Federal señala que el manejo del acuífero no puede estar disociado de su principal fuente de captación de agua, el suelo de conservación (el cual incluye a la Sierra de Guadalupe) (SMA, 2007). Por ello, se establece como prioridad la reforestación en suelo de conservación, con el fin de mantener el balance hidráulico actual, e incrementar el volumen que se infiltra en 20%. Estas acciones tendrán como resultado una sensible mejora en el equilibrio hidráulico del acuífero y con ello disminuir el nivel de sobreexplotación del acuífero, ya que la recarga es menor en un 30% de lo que se extrae, como indica la SMA del D.F. (2007).

Por éste hecho, la reforestación en la Sierra de Guadalupe contribuirá a la recarga de acuíferos. A continuación estimaremos los beneficios económicos producto de pagos por servicios ambientales hidrológicos, con base en Semarnat-CONAFOR y en el Fondo Forestal Mexicano ^{17/} (2003). Dichos pagos se enfocan a los servicios hidrológicos por provenir de los recursos por el cobro del agua. En la tabla 30 se estima el monto a pagar por tipo de ecosistema, de acuerdo con el Fondo Forestal Mexicano y Semarnat-CONAFOR ^{18/} estableciendo el pago de \$300 por ha. para el caso de bosques y selvas.

Tabla 31. Monto por pago por servicios hidrológicos

Tipo de ecosistema	Monto a pagar por ha. (pesos)
Bosque mesófilo de montaña	400
Otros bosques y selvas	300

Fuente: Semarnat-CONAFOR y el Fondo Forestal Mexicano (2003). La experiencia en México en el pago de servicios ambientales hidrológicos y el Fondo forestal Mexicano.

Es importante mencionar que este monto es aplicable durante cinco años. Con ello decimos que en promedio anual se calcula \$60 por ha. A partir de esta suma calcularemos el beneficio económico que tendría un escenario con reforestación de la Sierra de Guadalupe, por pago de servicios ambientales hidrológicos, es decir, recarga de acuíferos a 30 años. La tabla 31 ilustra el beneficio económico total, el cual se calcula en \$6, 098,328.

^{17/} MISIÓN: “El Fondo Forestal Mexicano será el instrumento para promover la conservación, incremento, aprovechamiento sustentable y restauración de los recursos forestales y sus recursos asociados, facilitando el acceso a los servicios financieros en el mercado, impulsando proyectos que contribuyan a la integración y competitividad de la cadena productiva y desarrollando los mecanismos de pago de servicios ambientales.” (Semarnat-CONAFOR, 2003).

^{18/} La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) es la encargada de la implementación, seguimiento y evaluación de las políticas de PSA en México. Esta institución inició sus políticas de Pagos por Servicios Ambientales en el 2003, con el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH).

Tabla 32. Beneficios por el pago por servicios hidrológicos para la Sierra de Guadalupe

Beneficio totales por pago de servicios ambientales Hidrológicos		
Ha	Tiempo	Monto total
3,387	30 años	\$6,098,328

Fuente: elaboración propia con base en información de Semarnat-CONAFOR y el Fondo Forestal Mexicano (2003), La experiencia en México en el pago de servicios ambientales hidrológicos y el Fondo Forestal Mexicano.

La reforestación en la Sierra de Guadalupe no sólo genera beneficios hidrológicos por la recarga de acuíferos; también se podrán obtener beneficios ambientales por la captura de CO₂, contaminante que participa negativamente ante el actual cambio climático. La calidad del aire en la Sierra de Guadalupe encuentra su relación con las condiciones atmosféricas de la ZMVM. Sus mayores efectos sobre la contaminación del aire se relacionan con las zonas industriales de la región noroeste de la Sierra, de donde provienen las mayores fuentes contaminantes, concretamente, de las situadas en Tlalnepantla, Ciudad Labor, Tultitlan y Cuautitlán.

Por tanto, a la Sierra de Guadalupe se le considera como una barrera natural a la contaminación del aire y a las partículas suspendidas emitidas por los automotores que circulan en las vías de comunicación que se encuentran a su alrededor, las zonas industriales, las zonas carentes de vegetación y las zonas industriales. Esto último si consideramos que la contaminación irrumpe por los vientos provenientes de zonas industriales cercanas, las cuales conllevan las emisiones. En última instancia la Sierra funciona como sumidero de CO₂, independientemente de dónde provengan las emisiones contaminantes.

Más de una vez, se ha reconocido que la reforestación contribuye significativamente a la captura de CO₂. Por el contrario, la deforestación permite incrementos significativos de liberación de éste mismo contaminante hacia la atmósfera. Como mencionan DeFries, Achard, Brown y otros (2006), las múltiples prácticas de utilización del suelo de los bosques llevan a la pérdida y emisión de bióxido de carbono, y si la biomasa se quema durante el proceso, los gases adicionales non-CO₂ se emiten también. Es importante recordar que los bosques están entre los ecosistemas terrestres más productivos, que junto con su carácter arbolado duradero, lo hacen atractivo para la mitigación del cambio climático (Nabuurs *et al.*, 2007).

Así, Black y Jasssal (2008) indican que los bosques no sólo almacenan la fracción más grande de carbono del ecosistema, sino que también proporcionan un hábitat para la flora y fauna, la regulación del clima, la protección o la purificación del suelo y de agua, entre otros bienes y servicios ambientales. Incluso si las emisiones industriales de CO₂ se redujeran a cero, las emisiones que no se eliminan por la tala de árboles elevarían las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera más allá del nivel en el que el cambio de clima resulta peligroso (House of Commons Environmental Audit Committee London, 2009). En el caso de México, Gay, Menchaca y Conde (1991) señalan que entre las fuentes importantes de aumento de CO₂, se encuentran la quema y tala de bosques, así como la desertificación.

Respecto a la deforestación en México, los autores estiman que ésta contribuye con 0.1% de las emisiones mundiales a partir de la combustión de hidrocarburos. La reforestación y conservación de los recursos forestales, por tanto, contribuyen a la captura de CO₂, en cuanto

sumidero de carbono se refiere. Por todo ello, la reforestar la Sierra de Guadalupe contribuirá a la captura de CO₂, lo cual podrá cotizarse en los mercados internacionales de carbono.

Estimaremos, por tanto, el total de captura de CO₂ a partir de la reforestación de 3,338 hectáreas, en la Sierra de Guadalupe, para un bosque de coníferas. De acuerdo con la *Evaluación de impactos para el desarrollo forestal*, publicado por Semarnat (2003), contamos con estimaciones de la captura de bióxido de carbono para diferentes tipos de especies forestales, como muestra la tabla 33.

Tabla 33. Captura de CO₂ para diferentes especies

DATOS ESTIMADOS DE SECUESTRO DE CO ₂ DE DIFERENTES ESPECIES				
Año	Coníferas	Hojosas	Maderas preciosas tropicales	Maderas comunes tropicales
1	0.135440	0.135440	0.135440	0.677200
2	1.977424	0.270880	0.338600	0.853272
3	3.832952	0.406320	0.623024	1.110608
4	5.674936	0.555304	0.961624	1.422120
5	7.516920	0.717832	1.381488	1.814896
6	9.372448	0.893904	1.869072	2.275392
7	11.214432	1.083520	2.410832	2.803608
8	13.056416	1.286680	3.033856	3.413088
9	14.911944	1.489840	3.724600	4.076744
10	16.753928	1.720088	4.483064	4.821664
11	18.595912	1.950336	5.309248	5.634304
12	20.451440	2.221216	6.189608	6.528208
13	22.293424	2.546272	7.124144	7.503376
14	24.135408	2.911960	8.099312	8.559808
15	25.977392	3.318280	9.128656	9.697504
16	27.832920	3.778776	10.212176	10.916464
17	29.674904	4.279904	11.336328	12.216688
18	31.516888	4.821664	12.514656	13.598176
19	33.372416	5.404056	13.733616	15.060928
20	35.214400	6.027080	15.020296	16.604944
21	37.056384	6.704280	16.334064	18.230224
22	38.911912	7.435656	17.702008	19.855504
23	40.753896	8.221208	19.097040	21.480784
24	42.595880	9.060936	20.519160	23.106064
25	44.451408	9.954840	21.981912	24.731344
26	46.293392	10.902920	23.471752	26.356624
27	48.135376	11.905176	24.988680	27.981904
28	49.990904	12.975152	26.546240	29.607184
29	51.832888	14.085760	28.144432	31.232464
30	53.674872	15.264088	29.769712	32.857744

Fuente: elaboración propia con información de la Semarnat (2003). *Evaluación de impactos para el desarrollo forestal* (PRODEFOR, 2003)

Con base en la información de la tabla 33, que nos indica la estimación de captura de CO₂ con un bosque de coníferas, el cual se considera adecuado para reforestar la Sierra de Guadalupe, calculamos la captura esperada como resultado del repoblamiento de árboles propuesta en este trabajo, misma que mostramos en la tabla 33. Con el fin de estimar la captura de CO₂, a partir de la reforestación de la Sierra de Guadalupe, definimos lo siguiente:

$$CO_2tc = CCO_2 * HaRf$$

$$BeCO_2tc = CO_2tc * 1.96dl$$

$$BeCO_2tc = CO_2tc * \$24.46$$

Donde;

CO₂tc es la captura total de CO₂

CCO₂ la captura de CO₂ de un bosque de coníferas (la dinamica de esta captura es anual)

HaRf son las hectáreas totales reforestadas, potenciales de captura de CO₂

BeCO₂tc son los beneficios económicos totales de la captura de CO₂

1.96dl, es el precio promedio por tonelada de CO₂ equivalente a \$24.46 por tonelada

La expresión que establecimos anteriormente indica que la captura de CO₂ total será igual a la que se logre con un bosque de coníferas. Esto se realiza con la información de la tabla 32. Multiplicado por las hectáreas totales a reforestar, potenciales de captura de bióxido de carbono. De ésta forma, los beneficios totales de la captura de CO₂, son iguales a la captura de CO₂ total para un bosque de coníferas en la Sierra de Guadalupe, o sea \$1.96dl, precio en el mercado por tonelada de carbono, equivalente a \$24.46 pesos, m.n. En la tabla 34, se muestra el cálculo de éstas expresiones.

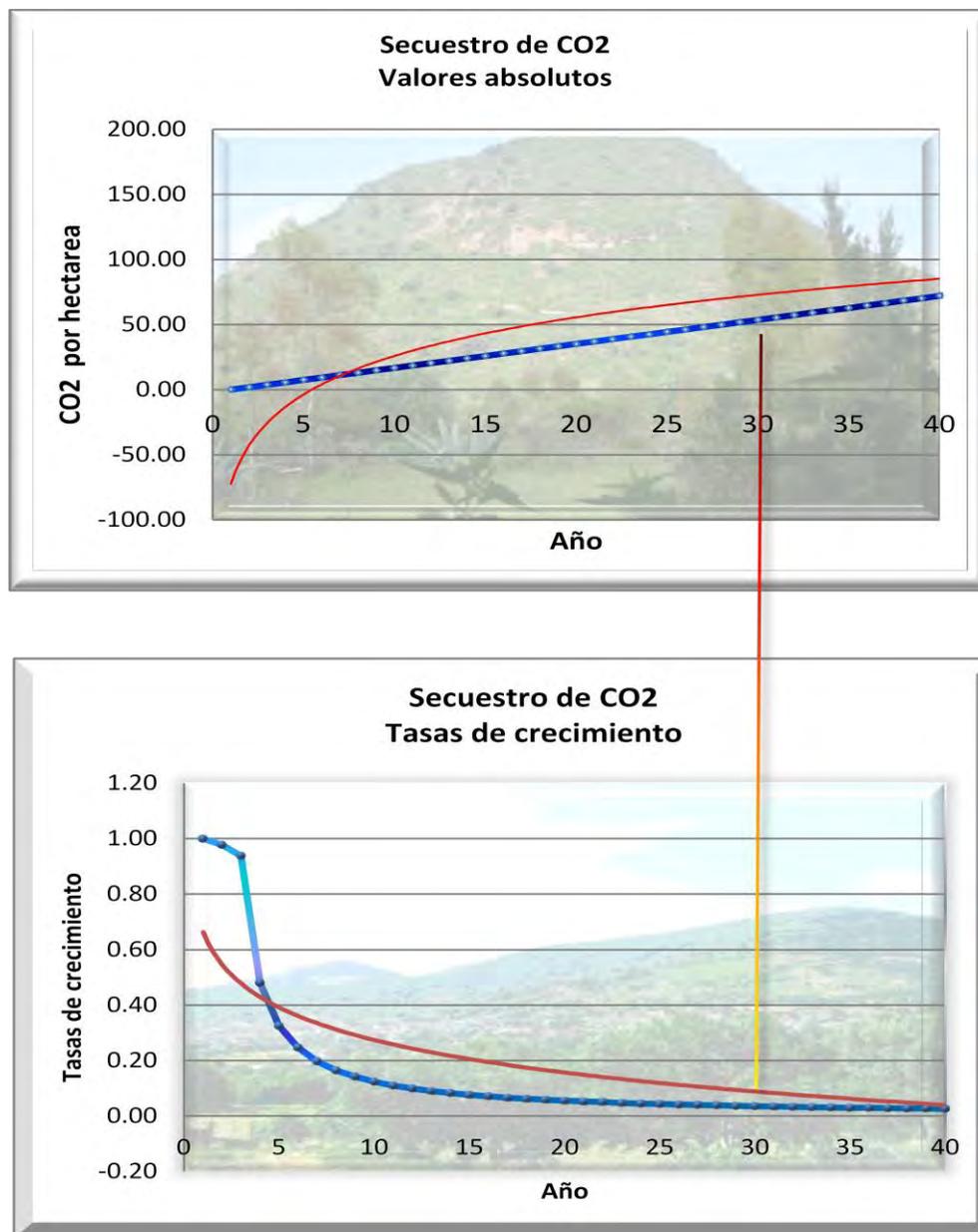
Tabla 34. Captura de bióxido de carbono para la Sierra de Guadalupe

DATOS ESTIMADOS DE SECUESTRO DE CO ₂ DE UN BOSQUE DE CONIFERAS EN LA SIERRA DE GUADALUPE (toneladas de CO ₂)					
Año	Captura de carbono por hectárea (CCO ₂)	Hectáreas reforestadas (HaRf)	Total de carbono capturado (CO ₂ tc)	Total de carbono acumulado capturado	Beneficios económicos (pesos) (BeCO ₂ tc)
1	0.1354	3,388	458.8653	458.8653	11,223.8453
2	1.9774	3,388	6,699.4334	7,158.2987	163,868.1413
3	3.8330	3,388	12,985.8881	20,144.1868	317,634.8219
4	5.6749	3,388	19,226.4562	39,370.6429	470,279.1179
5	7.5169	3,388	25,467.0243	64,837.6672	622,923.4140
6	9.3724	3,388	31,753.4789	96,591.1462	776,690.0945
7	11.2144	3,388	37,994.0470	134,585.1932	929,334.3906
8	13.0564	3,388	44,234.6152	178,819.8083	1,081,978.6866
9	14.9119	3,388	50,521.0698	229,340.8781	1,235,745.3672
10	16.7539	3,388	56,761.6379	286,102.5160	1,388,389.6632
11	18.5959	3,388	63,002.2060	349,104.7221	1,541,033.9592
12	20.4514	3,388	69,288.6607	418,393.3827	1,694,800.6398
13	22.2934	3,388	75,529.2288	493,922.6115	1,847,444.9358
14	24.1354	3,388	81,769.7969	575,692.4084	2,000,089.2319
15	25.9774	3,388	88,010.3650	663,702.7734	2,152,733.5279
16	27.8329	3,388	94,296.8196	757,999.5930	2,306,500.2085
17	29.6749	3,388	100,537.3878	858,536.9808	2,459,144.5045
18	31.5169	3,388	106,777.9559	965,314.9367	2,611,788.8005
19	33.3724	3,388	113,064.4105	1,078,379.3472	2,765,555.4811
20	35.2144	3,388	119,304.9786	1,197,684.3258	2,918,199.7771
21	37.0564	3,388	125,545.5467	1,323,229.8725	3,070,844.0732
22	38.9119	3,388	131,832.0014	1,455,061.8739	3,224,610.7537
23	40.7539	3,388	138,072.5695	1,593,134.4434	3,377,255.0498
24	42.5959	3,388	144,313.1376	1,737,447.5810	3,529,899.3458
25	44.4514	3,388	150,599.5922	1,888,047.1733	3,683,666.0264
26	46.2934	3,388	156,840.1604	2,044,887.3336	3,836,310.3224
27	48.1354	3,388	163,080.7285	2,207,968.0621	3,988,954.6184
28	49.9909	3,388	169,367.1831	2,377,335.2452	4,142,721.2990
29	51.8329	3,388	175,607.7512	2,552,942.9964	4,295,365.5950
30	53.6749	3,388	181,848.3193	2,734,791.3158	4,448,009.8911

Fuente: elaboración propia con información de la Semarnat (2003), *Evaluación de impactos para el desarrollo forestal* (PRODEFOR 2003), Chicago Climate Futures Exchange y CONAFOR.

Las expresiones anteriores se calculan anualmente hasta el año 30, ya que de acuerdo con información de la Semarnat (2003), la captura de CO₂ para un bosque de coníferas es anual y creciente, teniendo su punto máximo hasta el año 30 (ver gráficas 6 y 7). Considerando que el crecimiento de los arboles reforestados está vinculado con su potencial de captura de carbono, las graficas 6 y 7 muestran que el año 30 es el año óptimo para el proyecto debido a que es en ese punto donde la tasa de crecimiento de la captura se vuelve decreciente, con incrementos absolutos marginales.

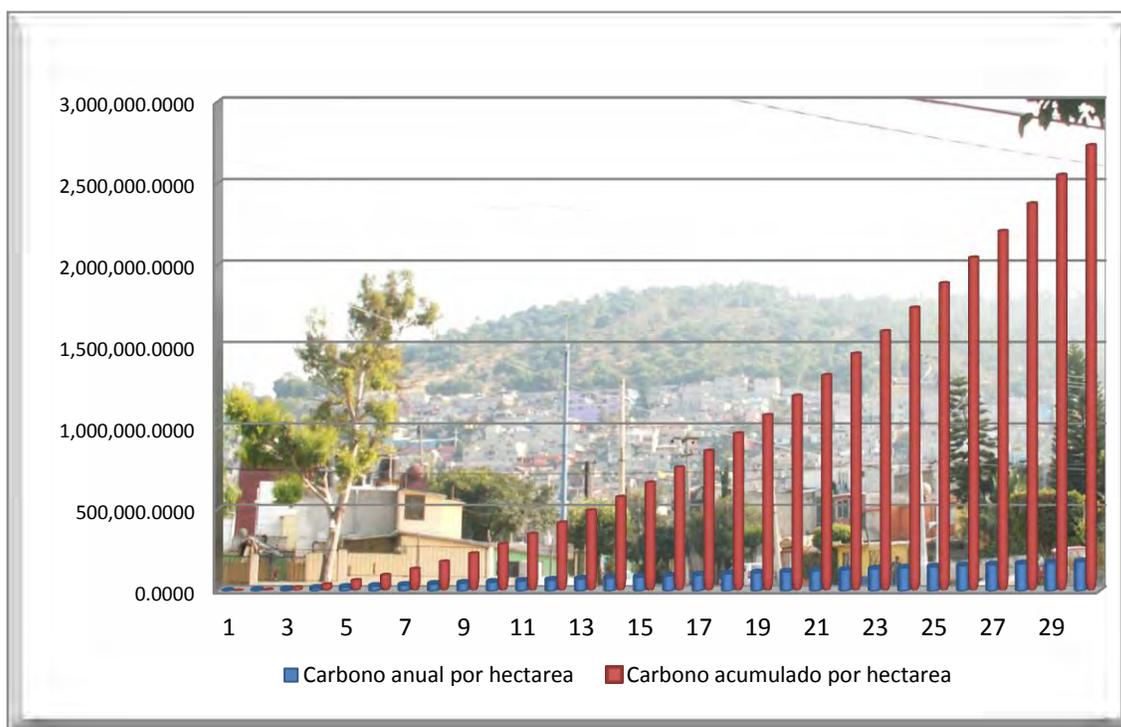
Gráficas 6 y 7. Simulación de la dinámica de captura de CO₂ para un bosque de coníferas



Fuente: elaboración propia con información de SEMARNAT (2003). Evaluación de impactos para el desarrollo forestal (PRODEFOR 2003)

La captura de carbono, si bien continúa aumentando a lo largo del horizonte de tiempo planteado para este proyecto al año 30, este representa un óptimo ya que en el año 30 su incremento se acerca a cero y sus incrementos posteriores se suceden de forma marginal como se observa en la gráfica 8. De forma acumulada, obtendremos una captura de bióxido de carbono al año 30 de 2, 734,791.3158 toneladas; mismas que se traducen en beneficios económicos totales de \$ 66, 892,995.58 (grafica 8).

Gráfica 8. Captura de CO₂ acumulado en la Sierra de Guadalupe a 30 años



Fuente: elaboración propia con información de la Semarnat (2003). *Evaluación de impactos para el desarrollo forestal* (PRODEFOR, 2003).

Es de interés hacer mención que los suelos forestales absorben cuatro veces más agua de lluvia que los suelos cubiertos por pastos, y 18 veces más que el suelo desnudo (SMA Estado de México, 2010). Al eliminarse la vegetación, los suelos quedan desprotegidos ante la fuerza de la lluvia y esto forma profundas cárcavas con efectos irreversibles en el ambiente. Sin la protección de la capa vegetal que retenga el flujo de agua, se provocan inundaciones y se transforman los microclimas (SMA Estado de México, 2010).

Estudios como los de Andréassian (2004) señalan que la tala de árboles encuentra su relación con las inundaciones, al igual que el trabajo de Gap (1910). Dicha relación se comprueba posteriormente con los resultados presentados por Troendle (1985), quien compiló en 30 años observaciones hidrológicas en Colorado. De sus resultados demuestra que con un corte del 40% de la cubierta del bosque dado en el lugar, aumenta el flujo de los picos de la inundación y de los volúmenes anuales.

Entre otros estudios, podemos citar a Johnson (1998), quien señala que los efectos de la tala aumentan los flujos de las inundaciones, y el incremento forestal los disminuye. El estudio de Scott y de Lesch (1997) probablemente proporciona un análisis más completo, ya que incluye un incremento forestal y un período de tala de árboles. En su estudio, concluye que el incremento forestal tenía un efecto muy definido en la disminución de las inundaciones.

Por otro lado, Bahremand (2006) introduce un modelo hidrológico para la cuenca del río Hornad con el fin de investigar opciones para mitigar las inundaciones en dicho lugar. Evalúa también el impacto ambiental de la ocupación del suelo, es decir, evalúa los impactos de la tala de árboles por la urbanización y cómo ello repercute en las inundaciones, señalando que hay una relación entre ambos problemas. Bahremand (2006) menciona que las inundaciones se encuentran entre los riesgos con más impactos en vidas humanas llegando a ser más frecuente y severo debido al desarrollo económico local.

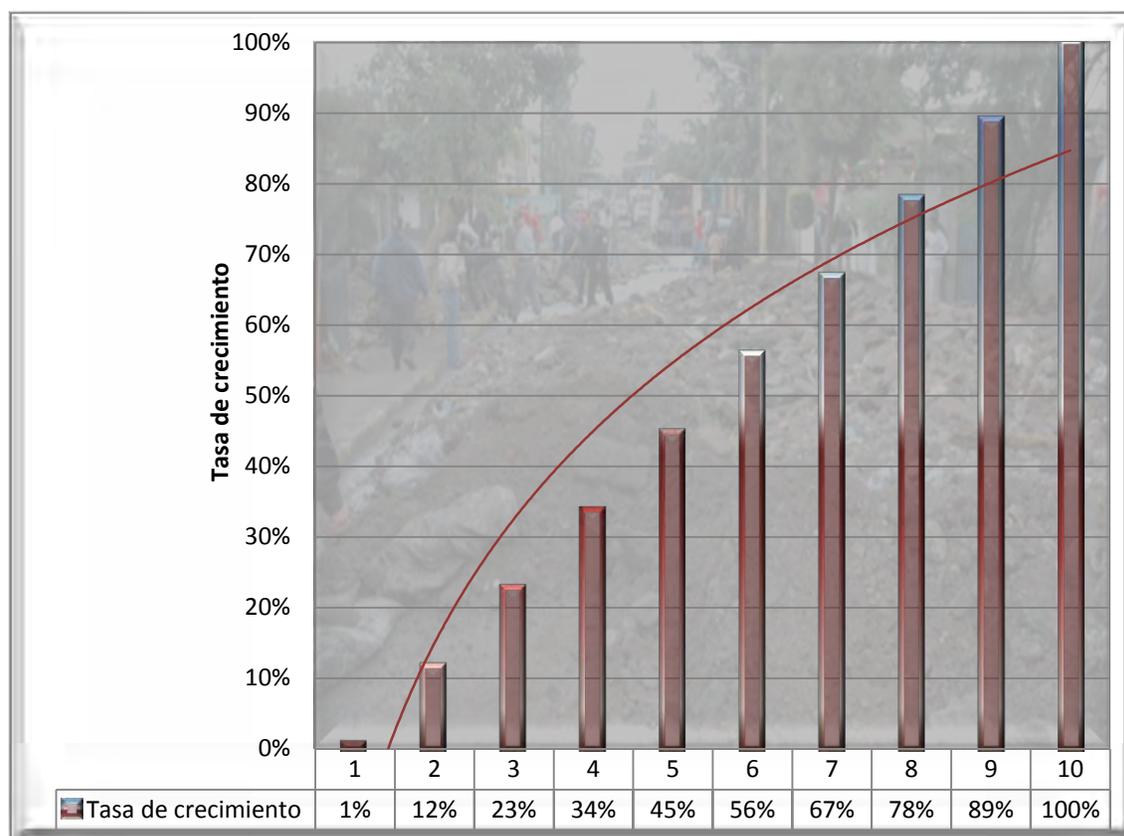
En últimas décadas, el cambio de la ocupación de suelo por el aumento de la población y del desarrollo económico, se considera que es la principal causa de la ocurrencia creciente de las inundaciones (Turner y otros, 1993). En muchos países en vías de desarrollo, las extensas áreas de suelos forestales están experimentando el cambio de la utilización del suelo. Sin embargo, los cambios más grandes se presentan a menudo debido a las actividades de cambio forestal no natural y la tala de árboles (Calder, 1993).

Así, Ward y Trimble (2004) señalan que la urbanización aumenta la utilización del suelo, lo que reduce la infiltración y causa más salida y descargas máximas y más altas de agua. Los efectos de los usos de suelo forestal y de la tala de árboles generan inundaciones directamente relacionadas con la presencia o la ausencia del bosque natural, e indirectamente como resultado de las prácticas de gestión asociadas a estos últimos (Calder, 1993). Para resumir, podemos decir que diversos estudios documentan que la tala de árboles podía aumentar definitivamente los picos y volúmenes de las inundaciones. Por el contrario, una reforestación conduce a disminuirlas.

De acuerdo con información del grupo ambientalista Greenpeace (2010) hay una relación directa entre la reforestación y la disminución de un 80% de los costos generados por inundaciones cercano al año 10 de la reforestación. Es decir, ésta sólo puede disminuir los costos generados por inundaciones en un 80.0%, dado que disminuirán las escorrentías y se realizará una absorción directa de precipitación pluvial en el suelo forestal. Sin embargo, hay otros factores que pueden generar una inundación, como el estado de los sistemas de drenaje.

Consideramos como base este 80% para el cálculo de los costos futuros. Debemos recordar que la disminución en los costos por inundaciones derivados de la reforestación disminuyen desde el año 1, teniendo en el año 10 una disminución cercana al 100.0% del total de los ahorros generados por inundaciones, los cuales significan el 80.0% de los costos totales observados por este tipo de contingencias. Para ilustrar ésta dinámica de la disminución de las inundaciones realizamos la gráfica 9, con base en los datos de la tabla 33 para un bosque de coníferas.

Gráfica 9. Proporción anual de la disminución de inundaciones a 10 años



Fuente: elaboración propia con información de Greenpeace.

Respecto a la tendencia de los precios de CO₂ en el mercado, y con base en la serie histórica de 2003-2010 de CCX Carbon Financial Instrument (CFI) Cash Market Contract; de Chicago Climate Futures Exchange, estimamos un precio promedio de 1.96 dólares por tonelada de CO₂, equivalente a 24.46 pesos por tonelada. Con éste precio de calculamos los beneficios económicos totales por captura de carbono en la Sierra de Guadalupe para un escenario con reforestación, como se aprecia en la tabla 34.

Tabla 35. Beneficios totales por pago por servicios ambientales

Pago de servicios ambientales en 30 años (pesos)			
HA	Captura de CO ₂	Servicio hidrológicos (recarga de acuíferos)	Monto total
3,388	\$ 66,892,995.58	\$ 6,098,328.00	\$ 72,991,323.58

Fuente: elaboración propia con información de Chicago Climate Futures Exchange y CONAFOR.

En suma, la reforestación en la Sierra de Guadalupe tiene posibilidades para obtener beneficios económicos hasta el año 30 por conceptos de captura de bióxido de carbono y servicios hidrológicos. El primero podría cotizar en mercados internacionales de CO₂ con beneficios directos aproximados por \$66, 892,995.58.

El segundo servicio ambiental (servicios hidrológicos) captaría recursos de forma nacional mediante los programas de CONAFOR y del Fondo Forestal Mexicano, con beneficios estimados de \$6, 098,328. En conjunto, los beneficios económicos que se captarían por servicios ambientales en un escenario de reforestación de la Sierra de Guadalupe se aproximan a los \$72, 991,323.58 a 30 años. En el siguiente punto analizaremos los ahorros que se generan a partir de la reforestación en la Sierra de Guadalupe que sumados a los beneficios económicos por servicios ambientales obtenemos los beneficios totales de ésta reforestación.

4.5.4 Ahorros y beneficios por la reforestación

Sabemos que al reforestar tendremos beneficios tanto ambientales como económicos. Entre los primeros, como señalan los estudios de Cedillo Rivas y Rodríguez (2007), y de Vela, Flores, Rodríguez y otros (2004), la reforestación en la Sierra de Guadalupe permitirá la formación de suelos que al mismo tiempo propiciará, por un lado, una mayor recarga de acuíferos y, por otro permitirá disminuir riesgos ambientales, como las inundaciones.

Si bien los estudios mencionados señalan los beneficios ambientales de la reforestación, nosotros proyectamos los ahorros económicos a 30 años como producto de la disminución de las inundaciones en los alrededores de la Sierra de Guadalupe, mismos que son propiciadas por la bajada de agua de ésta, como mencionan los altas de inundaciones del Estado de México (2002-2008). El cálculo se presenta en la tabla 14.

De esta manera, asumimos como ahorros las medidas adoptadas por los gobiernos locales a lo largo del tiempo. En este caso sólo consideramos la barda de contención como un ahorro futuro, ya que con la reforestación esta funcionará como un muro de contención natural (cinturón verde). No así las presas de gavión, por el hecho de que este tipo de técnicas podrán ser más eficientes si se conjugan con la reforestación.

Tabla 36. Ahorros y beneficios totales a 30 años por reforestación en
Sierra de Guadalupe

AHORROS		BENEFICIOS AMBIENTALES	
Evitar asentamientos humanos	\$102,747	Captura de CO ₂	\$66,892,995.58
Disminuir inundaciones	\$3,428,517.033	Servicios hidrológicos	\$6,098,328.00
Evitar barda de contención	\$267,988,959.18		
	\$3,696,608,739.18		\$72,991,323.58
TOTAL: AHORROS Y BENEFICIOS			\$3,769,600,062.76

Fuente: elaboración propia con información de las tablas

La tabla 35 muestra los beneficios económicos por servicios ambientales hidrológicos y captura de CO₂, mismos que ascienden a \$72, 991,323.58. En suma, por concepto de ahorros y beneficios derivados de la reforestación de la Sierra de Guadalupe a 30 años, calculamos beneficios económicos totales aproximados por \$3, 769, 600,062.76. En el siguiente apartado con los cálculos antes estimados, realizaremos un análisis con las variables financieras TIR, VAN y costo-beneficio, con el fin de indicar la rentabilidad que tiene un escenario de reforestación de la Sierra de Guadalupe.

4.6 Variables financieras

Como describimos en puntos anteriores, en este apartado realizaremos el último paso para determinar si es rentable una propuesta de reforestación y conservación de la Sierra de Guadalupe. Para éste fin, nos dedicaremos a realizar el cálculo de las variables financieras: TIR y VAN, y análisis costo-beneficios. Todo ello con base en la metodología diseñada por el CEDEP (2006).

4.6.1 Variables financieras: las variables financieras que se utilizarán en este estudio serán el TIR y VAN, y análisis costo-beneficios del escenario de reforestación

Realizamos un análisis de rentabilidad de la reforestación en la Sierra de Guadalupe, con base en la Metodología del Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos¹⁹ (2006). Ello con el fin de determinar si el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen por su deforestación.

Las variables financieras que se utilizarán en este estudio serán el TIR y VAN, las cuales se calcularán como si se tratara de una evaluación privada, pues no disponemos de mayores datos para hacer las tasas de descuento y valores sociales.

^{19/} Esta guía tiene como propósito ayudar a las entidades y dependencias de la administración pública federal que postulan proyectos de inversión para incorporarlas al Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), a preparar y presentar sus estudios de evaluación social con los requisitos establecidos por la Unidad de Inversiones (UI) de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (CEDEP, 2006).

Tabla 37: Resumen financiero del proyecto
(Miles de pesos)

Año	Ingresos	Costos	Beneficio
Total	3,769,600.1	1,202,383.4	2,567,216.6
Año 1	9,512.0	37,353.53	-27,841.55
Año 2	2,179.2	21,299.08	-19,119.89
Año 3	2,678.4	22,193.64	-19,515.20
Año 4	3,292.1	23,125.78	-19,833.71
Año 5	4,046.3	24,097.06	-20,050.78
Año 6	4,973.3	25,109.14	-20,135.85
Año 7	6,112.7	26,163.72	-20,051.06
Año 8	7,513.1	27,262.60	-19,749.53
Año 9	9,234.3	28,407.63	-19,173.31
Año 10	11,349.9	29,600.75	-18,250.86
Año 11	13,950.1	30,843.98	-16,893.84
Año 12	17,146.1	32,139.43	-14,993.31
Año 13	21,074.3	33,489.28	-12,415.00
Año 14	25,902.4	34,895.83	-8,993.45
Año 15	31,836.6	36,361.46	-4,524.85
Año 16	39,130.4	37,888.64	1,241.72
Año 17	48,095.1	39,479.96	8,615.15
Año 18	59,113.7	41,138.12	17,975.55
Año 19	72,656.6	42,865.92	29,790.66
Año 20	89,302.2	44,666.29	44,635.88
Año 21	109,761.2	46,542.27	63,218.97
Año 22	134,907.5	48,497.05	86,410.44
Año 23	165,814.7	50,533.92	115,280.80
Año 24	203,802.8	52,656.35	151,146.45
Año 25	250,493.9	54,867.91	195,625.99
Año 26	307,881.9	57,172.37	250,709.57
Año 27	378,417.5	59,573.61	318,843.92
Año 28	465,112.8	62,075.70	403,037.09
Año 29	571,669.9	64,682.88	506,987.01
Año 30	702,639.2	67,399.56	635,239.61

FUENTE: elaboración propia con información de cálculo de costos y gastos de la inversión y del estado de resultados

Con los datos de la tabla 36, mediante la Guía Metodológica General de la Preparación de Estudios de Proyectos de Inversión Pública (2006) establecida por el CEDEP,²⁰ procedemos al cálculo del TIR y VAN de este proyecto.

Valor Presente Neto²¹:

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1 + 8)^i} = 220,682.07$$

Tasa Interna de Retorno, (recordar que esta es la tasa que hace que el VAN sea igual a 0):

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1 + 14.3681)^i} = 0$$

Razón costo beneficio:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{2,567,216.6}{1,202,383.4} = 2.14$$

Una vez obtenida la información anterior, podemos corroborar que la inversión es rentable ya que cuenta con una TIR de 14.3681% y un Valor presente neto de \$220,682.07 miles de pesos de 2010, lo cual representa aproximadamente 2.14 veces el valor original de la inversión.

^{20/} El Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), es un fideicomiso creado por el gobierno federal por conducto de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y administrado por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) en el año de 1994. Este centro tiene como propósito contribuir a optimizar el uso de los recursos destinados a la realización de proyectos y programas de inversión, así como la capacitación permanente en preparación y evaluación socioeconómica de proyectos, para todos los niveles de gobierno.

^{21/} Tasa social de descuento de 8%.

4.6.2 Resultados

Con base en el análisis realizado en el presente capítulo, y de acuerdo con la metodología utilizada del índice de sesgo propuesto por Asuad (2001) para el caso de análisis de cambio de uso de suelo en la Sierra de Guadalupe, éste nos refleja que a través del tiempo, y concretamente de 1970-2009, el suelo forestal del área de estudio ha sido seriamente sobreexplotado.

Los resultados de dicho análisis muestran evidencia de un decrecimiento del suelo forestal de la Sierra de Guadalupe. De acuerdo con información del INEGI (2010), encontramos una deforestación en las cinco entidades que comparten la Sierra. Además, el índice de sesgo aplicado para nuestro caso de estudio, muestra que el uso de suelo forestal de la Sierra de Guadalupe está siendo explotado por encima de su nivel óptimo de explotación. Es decir, $IS > 1$, lo que significa que el suelo forestal está siendo explotado intensamente por un cambio de uso de suelo urbano, o bien, la deforestación de la Sierra de Guadalupe obedece a cambios de uso de suelo con fines de ocupación urbana.

Una vez, establecido que el área de estudio presenta un cambio de uso de suelo que significa la deforestación de la misma y que al mismo tiempo, este cambio de uso de suelo es de forestal a urbano, realizamos tres escenarios de las posibles tendencias que tendría dicha deforestación en la Sierra de Guadalupe y sus posibles consecuencias en un horizonte de tiempo de 30 años.

En primer lugar establecimos un escenario sin proyecto. En él realizamos, a partir de dos pruebas, la proyección de la dinámica de deforestación de la Sierra de Guadalupe. Los métodos a utilizar son TMCA y una regresión lineal simple, mismas que resultan consistentes. El resultado de estos métodos nos indican que en 30 años, a partir de 2009-2040, tendremos una pérdida de poco menos de 3500 ha. de suelo natural de la Sierra.

Dicha deforestación, si bien representa costos ambientales, también representará en el futuro costos económicos. Calculamos en este escenario cuáles serán estos. La deforestación en la Sierra de Guadalupe a futuro estimamos, que representará un costo de aproximadamente \$3.500 mil millones de pesos. Vale la pena señalar que dichos costos representan la suma de los costos privados y sociales por concepto de inversión en infraestructura, crecimiento de asentamientos irregulares para gobiernos locales, así como costos por inundaciones tanto para la sociedad como para los mismos gobiernos.

Si bien se cuenta con diversos estudios sobre la Sierra de Guadalupe, éstos se limitan al análisis de la geomorfología y geología de la misma. La importancia de la presente investigación radica en señalar que la deforestación de la Sierra de Guadalupe se halla en el cambio de uso de suelo forestal a urbano, además de indicar que existen altos costos asociados a esta deforestación. Al mismo tiempo se señala que el costo futuro será más alto que la reforestación de la misma. Todo ello, muestra la importancia y relevancia de nuestro análisis, toda vez que no hay estudios que cuantifiquen los costos económicos de dicha deforestación.

Siguiendo con los resultados de nuestra investigación, simulamos en segundo lugar un escenario optimizado. Establecemos este escenario con el fin de analizar y cuantificar económicamente las medidas que han tomado los gobiernos locales con el objetivo de resolver los problemas a causa de la deforestación de la Sierra de Guadalupe. Dichos problemas son la ocupación del suelo forestal por asentamientos humanos, así como los provocados por el incremento de las escorrentías producidas por la deforestación, mismas que causan las inundaciones.

En suma, calculamos los costos económicos asociados a las medidas adoptadas por los gobiernos locales, como la barda de contención. En 30 años este muro para evitar el crecimiento urbano en la Sierra de Guadalupe y que se siga ocupando su suelo natural, representará un costo de poco menos de \$268 mil millones de pesos. Medidas como las mencionadas, muestran ser altamente costosas, totalmente ineficaces e insuficientes. Por esta razón proponemos la reforestación y conservación de la Sierra de Guadalupe. Para ello, realizamos un escenario con proyecto, con el fin de demostrar que el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen por su deforestación.

En un escenario con proyecto de reforestación, concluimos que los beneficios son mayores que los costos de seguir con la misma tendencia de deforestación. La inversión estimada en reforestar 3,388 ha en la Sierra de Guadalupe resulta rentable, ya que cuenta con una TIR de 14.3681% y un Valor Presente Neto \$220,682.07 miles de pesos de 2010. Es decir, representa aproximadamente 2.14 veces el valor original de la inversión.

Con la cuantificación de los costos en reforestación y los beneficios esperados por la misma, como recarga de acuíferos y captura de CO₂, así como el cálculo de los ahorros esperados como producto de la disminución de las inundaciones, se podría evitar tanto la inversión en infraestructura para asentamientos humanos como en la barda de contención. Se comprueba que el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen por su deforestación.

En segundo lugar, nos indica que es rentable un proyecto de reforestación en la Sierra de Guadalupe. Finalmente, decimos que para la sustentabilidad urbana de la Zona Norte del Valle de México, es necesaria la reforestación y conservación de la Sierra de Guadalupe, por los bienes y servicios ambientales que provén dicho recurso natural, así como por los beneficios económicos derivados de su conservación. Esto entonces, podría significar reconocer a las generaciones futuras el derecho a disponer de una capacidad global (ambiental y socioeconómica) no disminuida respecto a la que disfrutamos en la actualidad y, por tanto, la obligación del presente de hacer un uso sustentable de los recursos naturales (Padilla, 2007).

CONCLUSIONES

Las ciudades del mundo actual atraviesan por un proceso de degradación ambiental vinculado al crecimiento económico. Es cierto que no podemos detener el desarrollo de las ciudades, pero en gran medida debemos disminuir los males que se presentan en ellas traducidos en externalidades negativas. Es por ello que dentro de la economía se introduce la perspectiva ambiental con el fin de disminuir los costos ambientales asociados a dichos procesos de deterioro ambiental. Emerge para este fin el concepto de sustentabilidad.

De acuerdo con nuestra revisión teórica concluimos que no todo enfoque de sustentabilidad es útil al caso de las ciudades ya que, como mencionamos, en ellas se presentan diversos costos ambientales que no podemos evitar, como: mayores tasas de contaminación, sobreexplotación de los mantos acuíferos, deforestación, entre otros males producto del desarrollo económico de las mismas ciudades y del crecimiento acelerado de población en un espacio urbano muy limitado.

En suma, lo que buscamos es obtener el máximo beneficio social. Para ello es imprescindible la integración dinámica entre ambiente, economía y sociedad. La introducción de un enfoque de sustentabilidad débil para el caso de las ciudades es útil, ya que en él se incorpora la sustentabilidad ambiental a la sostenibilidad económica de las ciudades. En definitiva, introducir la perspectiva de la conservación y mantenimiento, al menos no decreciente de un cierto nivel óptimo del capital natural, perteneciente a cada ciudad, con cierto nivel de degradación, contribuirá a un mayor nivel de bienestar para su población.

En este sentido, presentamos un caso en donde un conjunto de factores como el crecimiento acelerado de la población, el cambio de uso de suelo y la ineficacia de las políticas públicas ambientales y de desarrollo urbano, favorecen la degradación de los recursos naturales de las ciudades. En al menos tres de las principales zonas metropolitanas del país esta dinámica persiste: un crecimiento de población exponencial en poco territorio, mismo que presiona las áreas naturales llevándolas a su degradación, lo cual tiene altos costos económicos y ambientales para la sociedad.

Enfatizamos en la zona metropolitana del valle de México, ya que en ella se presentan las mayores tasas de población, lo que ha llevado al crecimiento metropolitano hacia otras áreas de la región. Sin embargo, este crecimiento en muchos de los casos se ha dado de forma irregular hacia áreas con alto valor natural, sin que las políticas públicas encargadas de su resguardo tomen acciones para evitar su degradación. Este es el caso de la Sierra de Guadalupe, misma que analizamos como una microrregión.

Determinamos que el deterioro del ya vulnerable recurso natural, impacta con altos costos no sólo ambientales, sino económicos para la población y gobiernos locales. Identificamos que la principal causa que llevó a su degradación, traducida en deforestación, es el derivado del cambio de uso de suelo por los procesos de urbanización, cuyos efectos son el incremento de inundaciones provocadas por las escorrentías; la disminución de la recarga de acuíferos y la eliminación de una barrera natural a la contaminación.

Ante esta situación, las políticas públicas, tanto de desarrollo urbano como medioambientales, poco han hecho por resolver el problema y se han mostrado altamente ineficaces, en el entendido de que no hay acciones vinculadas al cumplimiento de los objetivos de protección, conservación

y preservación de la Sierra de Guadalupe; muestra de ello son poco más de 8000 habitantes asentados de forma irregular dentro de la Sierra, tan sólo en el área que comprende al Distrito Federal, sin que las autoridades encargadas de hacer cumplir la política pública hicieran algo para detener este crecimiento, y permitiendo que se consolidaran en colonias, mismas que la Secretaría de Desarrollo Urbano del Distrito federal tiene identificadas.

Los escenarios analizados en esta tesis muestran que si el gobierno sigue siendo permisivo con el avance de los asentamientos humanos irregulares sobre el área natural, en 30 años se perderá el 32% de su superficie natural actual, con los altos costos ambientales que ello conlleva, como es la pérdida de hábitat para la biodiversidad, regulación del microclima, recarga de acuíferos, control de la contaminación y formación de suelos. Los costos económicos de esta deforestación repercutirán en el ingreso de más de 30 mil habitantes y el presupuesto de cinco gobiernos, al menos por costos por inundaciones, ya que la evidencia empírica e histórica nos permitió demostrar que la deforestación de la Sierra de Guadalupe repercute en un incremento de inundaciones que afectan a cuatro municipios y una delegación del Distrito Federal.

En contraste, nuestro último escenario con una propuesta de reforestación resultó ser la más viable, toda vez que concluimos que es rentable llevar a cabo dicha reforestación, todo esto con base en nuestro análisis financiero. Además, es totalmente sustentable al ser un recurso que beneficia a la población de la zona norte del valle de México, por los bienes y servicios ambientales propios del área natural. Con base en nuestra investigación comprobamos que el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen para la población y gobiernos locales por las inundaciones debido a su deforestación.

Esta investigación nos permitió mostrar que no podemos aislar y entender por separado la dinámica ambiental y no vincularla con la sociedad y con la visión económica, más aún con el desarrollo de las ciudades, en el ámbito económico, social, ambiental y espacial entendido éste como de territorio. Esto quiere decir que si bien las ciudades encierran cierta cuota de degradación ambiental debemos encontrar un óptimo y disminuir en la medida de lo posible los costos del desarrollo, tanto para el buen funcionamiento de la misma ciudad, como para el bienestar de su población, lo que incluye la estabilidad ambiental.

Mostramos que la falta de regulación del crecimiento urbano por el cambio de uso de suelo, anteponiendo los intereses populista de los gobiernos al regularizar lo que una vez fue irregular, repercute en la misma sociedad y en los gobiernos por los altos costos económicos y ambientales. Demostramos, con un caso de estudio, que el cambio de uso de suelo ha conllevado a la constante y acelerada deforestación de zonas ecológicas y de reserva de zonas urbanas, y que ello pone en peligro los ya degradados recursos naturales, pero al mismo tiempo la estabilidad ambiental y económica de la misma ciudad.

Nuestro método de investigación nos permitió demostrar que la cuantificación monetaria de la degradación de los recursos naturales por intereses de una población que se asienta de forma irregular es mayor que la conservación de las áreas naturales. En un contexto de información escasa, nos dimos a la tarea de cuantificar todos los costos asociados a la deforestación de nuestra área de estudio, lo cual debe considerarse como una aportación. El análisis local permite llegar a fondo en las causas y efectos del fenómeno, así como la búsqueda de soluciones *ad hoc*. Pero, en nuestra opinión, este tipo de análisis aporta lecciones para otros casos similares de

deforestación en zonas urbanas. La metodología puede aplicarse con algunas modificaciones a otros casos y plantear las soluciones.

Si bien es cierto que los recursos naturales tienen un valor intrínseco, si les damos un valor económico y mostramos que la conservación de los recursos naturales puede ser altamente rentable, es factible que los distintos agentes involucrados participen en forma más activa para buscar una solución de largo plazo. En esta tesis sólo propusimos la alternativa de reforestación y conservación, sin dedicar espacio al aspecto institucional de esta reforestación y al manejo forestal que pueda darles un mayor valor económico. Estas son líneas de investigación para el futuro.

ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

- Nos propusimos indagar sobre las bases conceptuales de sustentabilidad y la mejor opción para incorporar dicho concepto al caso de las ciudades. Establecemos que considerar el término de sustentabilidad débil para este caso, es necesario.

Es relevante incorporar este tipo de análisis a los problemas ambientales de las ciudades, y en particular al caso de la ZMVM, enfatizando en la Zona Norte del Valle de México. Sobre todo, si consideramos que en esta zona se encuentra en peligro de desaparición en el mediano y largo plazo el ANP y Parque Estatal Sierra de Guadalupe, por la presión que ejerce sobre ella el crecimiento urbano irregular.

- Alcanzamos a establecer que entre los factores que propiciaron la deforestación de la Sierra de Guadalupe se encuentra la urbanización; de acuerdo con la revisión de los estudios para la Sierra de Guadalupe, entre los que destacan: “Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la ciudad de México) y su relación con los peligros naturales” (1996), “Proyecto de Conservación Ecológica de la ZMVM (2001)”. “Propiedades edáficas y calidad de sitio de áreas reforestadas en la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal (2004)”, “El área natural protegida sujeta a conservación ecológica “Sierra de Guadalupe” (2007)”, entre otros.

Señalamos que los efectos de esta deforestación se muestran en el incremento de las inundaciones, pérdida para la recarga de acuíferos y de una barrera natural a la contaminación. Logramos una aproximación al cálculo del costo económico para la población y gobiernos locales que tiene la deforestación a mediano y largo plazo por concepto de inundaciones.

Comprobamos que los principales efectos de la deforestación de la Sierra de Guadalupe se traducen en un incremento de inundaciones provocadas por las escorrentías, en la disminución de recarga de acuíferos y en la eliminación de una barrera natural a la contaminación.

- Examinamos los planes y programas de desarrollo urbano en los tres niveles de gobierno, nacional, estatal y municipal; como resultado de todo ello, concluimos que éstos no han cumplido sus objetivos de protección y conservación como el caso de la ANP y Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Al mismo tiempo evaluamos las acciones para su protección; como resultado alcanzamos a establecer que éstas no se han llevado a cabo y no son suficientes.

Con la metodología para la evaluación de la política pública que establece la AFS (2009), comprobamos que los planes y programas de desarrollo no han cumplido con sus objetivos de política de conservación y protección de los recursos naturales, lo anterior se demuestra con la deforestación de la ANP y parque estatal Sierra de Guadalupe, propiciada principalmente por los procesos antropogénicos como cambio de uso de suelo, evidenciamos al mismo tiempo que

los planes y programas de desarrollo urbano no contemplan como prioridad su protección.

- Por último, nos propusimos en primer lugar mostrar que existe un cambio de uso de suelo en la Sierra de Guadalupe que se traduce en la deforestación de la misma, utilizando la metodología del índice de sesgo propuesto por Asuad (2002). Con la misma metodología, evidenciamos que este cambio de suelo es de forestal a urbano, donde el primero está siendo sobreexplotado por el segundo.

Realizamos un acercamiento al cálculo del costo económico para la población y gobiernos locales, que tiene la deforestación a mediano y largo plazo y lo confrontamos con el costo que tiene su recuperación mediante la metodología de CONAFOR (2006), con el fin de averiguar que el costo futuro de su degradación es más alto que su preservación.

Comprobamos con una evaluación social de proyectos con base en la metodología del CEDEP (2006), que efectivamente, el costo en inversión para la recuperación de la Sierra de Guadalupe es menor que el costo económico derivado de los efectos que se producen por su deforestación. En todo caso, el costo futuro será mayor que el de su recuperación en tiempo presente.

- En definitiva, falta mucho por hacer en materia ambiental y de desarrollo urbano para la protección y conservación de los recursos naturales desde la política pública. Si bien nuestra investigación ofrece un cálculo de los costos económicos que tiene la degradación de los mismos por el crecimiento urbano sin control, como es el caso que ofrecemos; al tiempo de mostrar que su conservación generará beneficios económicos por pago de servicios ambientales, debemos mencionar que dicho cálculo es una aproximación a los costos y beneficios, mismos que son potenciales.

BIBLIOGRAFÍA

-  **Aerial** Photographs of Mexico City (2010). Obtenido de <http://homepage.mac.com/helipilot/Photo>
-  **Aguilar** Lozano, V.H.: (2009) Eficiencia, sostenibilidad ambiental y equidad intergeneracional en los modelos de generaciones traslapadas: lecciones de política. Obtenido el día 03 de abril de 2009 de, www.eumed.net/libros/2009a/501/
-  **Alanís** Flores, Glafiro J. (2005). El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. Ciencias UANL, Enero- Marzo, año/vol. VIII número 001. Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey, México pp. 20-30
-  **Andréassian**, Vazken (2004). Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology*, Obtenido de adsabs.harvard.edu
-  **Arzaluz**, Solano Socorro (2005). La utilización del estudio de caso en el análisis local. El Colegio de Sonora. Obtenido el día 03 de Abril de 2009 de, lanic.utexas.edu
-  **Asuad** Sanén, Normand, Cap. V "Técnicas y metodologías para la identificación de regiones". En *Economía regional y urbana. Introducción a las teorías, técnicas y metodologías básicas*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Colegio de Puebla y Asociación de Exalumnos de la FE-UNAM. 2001. México, pp. 208-256.
-  **Atlas** de inundaciones (2007). Temporada de lluvias 2007. Municipio de Tultitlan. Obtenido el día 20 de octubre de 2009 de, www.edomexico.gob.mx
-  **Atlas** de inundaciones N° 14 (2007). Temporada de lluvias 2007. Municipio de Ecatepec. Obtenido el día 20 de octubre de 2009 de, www.edomexico.gob.mx
-  **Atlas** de inundaciones N° 14 (2007). Temporada de lluvias 2007. Municipio de Tlalnepantla. Obtenido el día 20 de octubre de 2009 de, www.edomexico.gob.mx
-  **Atlas** de inundaciones N° 14 del Estado de México (2008). Obtenido el día 20 de octubre de 2009 de, portal2.edomex.gob.mx
-  **Atlas** de inundaciones N° 14 del Estado de México (2009). Obtenido el día 20 de octubre de 2009 de, portal2.edomex.gob.mx
-  **Bahreman**, Abdolreza (2006). Simulating the effects of reforestation on floods using spatially distributed hydrologic modeling. Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, Vrije Universiteit Brussel.
-  **Black**, Adrew y Jassal Rachhpal (2008). Carbon Sequestration in British Columbia's Forests and Management Options. The Pacific Institute for Climate Solutions gratefully acknowledges the financial support of the Province of British Columbia through the BC Ministry of the Environment. Obtenido de, www.pics.uvic.ca
-  **Calder**, I.R. (1993) Hydrologic effects of land-use change. Editorial McGraw-Hill,
-  **Camagni**, Roberto (2004). Incertidumbre, capital social y desarrollo local: enseñanza para una gobernabilidad sostenible del territorio. *Investigaciones Regionales*

-  **Camagni, Roberto** (2005). *Economía Urbana*. Antoni Bosch.
-  **Castro, Bonaño M.** (2004). *Indicadores de desarrollo sostenible urbano: una aplicación par Andalucía* Obtenido el día 29 de Abril de 2009 de, www.juntadeandalucia.es
-  **Cedillo, Acosta O, Rivas Sepúlveda M., y Rodríguez Casasola F.** (2007). *El área natural protegida sujeta a conservación ecológica “Sierra de Guadalupe”*. Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Ingeniería en Sistemas Ambientales, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
-  **Censo de Población y Vivienda** (2010). Censo general de población, 1950-1980; INEGI, X y XI Censo general de población y vivienda, 1980-1990; INEGI, Conteo de población y vivienda, 1995
-  **Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación de Proyectos** (2006). *Guía Metodológica General de la Preparación de Estudios de proyectos de inversión pública*. Banco de Obras y Servicios Públicos. S.N.C. Registro en Trámite ISBN: 968-7457-30-9
-  **Chang, Man Yu** (2010). *Economía ambiental* Capítulo 6. Obtenido de <http://www.estudiosdeldesarrollo.net>
-  **Chidiak Martina, Moreyra Alejandra y Greco Carlos** (2003). *Captura de carbono y desarrollo forestal sustentable en la Patagonia Argentina: Sinergias y Desafíos*. CEPAL, Buenos Aires. Obtenido de <http://www.eclac.cl/argentina>
-  **Coase, R.H.** (1960). *The problem of social cost*. <http://www.sfu.ca/~allen/Coase>
-  **Código Administrativo del Estado de México**. Gobierno del Estado de México. Obtenido el día 10 de octubre de 2009 de, www.edomex.gob.mx
-  **Comisión de Recursos Naturales** (2007). *Secretaría de Medio Ambiente*. Obtenido el día 11 de septiembre de 2009 de, www.sma.df.gob.mx/corena
-  **Comisión Nacional de Derechos Humanos del D.F.** (2010). *Recomendación 05/2010*. Expediente CDHDF/122/07/GAM/D7409-I. Obtenido de, directorio.cd hdf.org.mx
-  **Comisión Nacional del Agua** (2010). Obtenido de, www.conagua.gob.mx
-  **Comisión Nacional Forestal** (2006). *ACUERDO mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación*. Obtenido de, www.conafor.gob.mx
-  **Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad** (2010). *Bosques de Coníferas*. Obtenido de, www.conabio.gob.mx
-  **CONAPO** (2009). *Consejo Nacional de Población. Delimitación de las Zonas metropolitanas*. Obtenido el día 10 de Agosto de 2009 de, <http://www.conapo.gob.mx/>
-  **Constanza, Robert** (2009). *Three general policies to achieve sustainability*. Obtenido el día 05 de Junio de 2009 de, <http://dieoff.org/page87.htm>
-  **Correa Restrepo, Francisco** (2006). *Antecedentes y evolución de la Economía Ecológica*. Semestre Económico. Volumen 9, N° 17. Universidad de Medellín. Obtenido el día 10 de Agosto de 2009 de, dialnet.unirioja.es
-  **Cram Silke, Cotler Helena, Sommer Irene,y Carmona Estela** (2007).

- Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 66, 2008, pp. 81-104
-  **De la Isla de Bauer** (2009). Los daños que produce la contaminación atmosférica se observaron y confirmaron antes en plantas que en humanos y animales. Obtenido el día 20 de octubre de 2009 de, www.comoves.unam.mx
-  **Decreto**, (1976). Decreto del Ejecutivo del Estado por el que se crea el Parque Estatal denominado "Sierra de Guadalupe" ubicado en los municipios de Tlalnepantla, Ecatepec de Morelos, Coacalco y Tultitlan, Estado de México. Obtenido de www.ine.gob.mx
-  **DeFries Ruth, Achard Fédéric, Brown Sandra, y otros** (2006). Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: A sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting. Project Office, hosted by Natural Resources Canada, Alberta, Canada. Obtenido de, www.gofc-gold.uni-jena.de
-  **Delacamara, Gonzalo** (2006). Guía para decisores Análisis económico de externalidades ambientales. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Obtenido de, www.eclac.cl/publicaciones
-  **Domínguez Mora, Ramón** (2001). Diagnóstico resumido de los problemas de abastecimiento de agua y de inundaciones en el Valle de México. Revista digital Universitaria. Vol. 12. Núm. 2. Obtenido el día 05 de Febrero de 2011, de www.revista.unam.mx
-  **Duellman y Zweifel** (1974). Synopsis of the lizards of the *sexlineatus* group. Obtenido de, www.bioone.org/
-  **Ezcurra, Exequiel** (1996). *¿Son viables las megaciudades? Las enseñanzas de la ciudad de México*. Obtenido el día 5 de Febrero de 2009 de, <http://www.ine.gob.mx>
-  **Ezcurra, Exequiel** (2006). La cuenca de México. Aspectos ambientales críticos y sustentabilidad. Fondo de Cultura Económica.
-  **Ezcurra, Exequiel** (2007). De las chinampas a la megalópolis. El medio ambiente en la cuenca de México. Fondo de Cultura Económica.
-  **Fenn, Mark E. de Bauer L. I. y Hernández Tejeda, Tomás** (2002). Urban Air pollution and forests. Resources at Risk in the Mexico City Air Basin. Editorial Springer.
-  **Field, Barry, Field Martha** (2003). Economía Ambiental. Editorial McGraw-Hill
-  **Gaceta Oficial de la Federación** (2005). Órgano del Distrito Federal. Obtenido el día 21 de agosto de 2009 de, <http://www.consejeria.df.gob.mx>
-  **Gaceta oficial del Distrito Federal** (2003). Órgano del Gobierno del Distrito Federal. Obtenido el día 01 de noviembre de 2009 de, www.consejeria.df.gob.mx
-  **Gaceta Oficial del Distrito Federal** (2006). Decreto por el que se establece el Área Natural Protegida del Distrito Federal, con categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, el área conocida con el nombre de la "Armella".
-  **Gaceta oficial del GDF** (2003). Acuerdo por el que se aprueba el programa de manejo del Área Natural Protegida con categoría sujeta a conservación ecológica denominada "Sierra de Guadalupe"
-  **Gaceta Oficial**, (2003). Gaceta del Estado. Acuerdo por el que se aprueba

- el Programa de Manejo del Área Natural Protegida con la Categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica Denominada “Sierra de Guadalupe”. Obtenido el día 20 de octubre de 2009 de, www.ordenjuridico.gob.mx
-  **García** Palomo Armando, Carlos-Valerio Víctor, López-Miguel Celia, Galván-García Adriana, Concha-Dimas Aline (2006). Landslide inventory map of Guadalupe Range, north of the Mexico Basin
-  **García** Palomo Armando, López-Miguel Celia y Galván-García Adriana (2008). Impacto del crecimiento urbano en la generación de la remoción de los procesos en masa, Sierra de Guadalupe Estado de México. **Departamento de Geología Regional-Instituto de Geología, UNAM**. Obtenido el día 20 de octubre de 2009, de www.cio.mx
-  **Gay** Carlos, Menchaca Leticia y Conde Cecilia (1991). El efecto invernadero y México.
-  **Georgescu** Roegen (1971). The Entropy Law and the Economic Process. Obtenido de, www.jstor.org/
-  **Gobierno** del Distrito Federal (2000). Unidad de Estudios Territoriales y Ambientales. ZMVM: Escenario Tendencial de Crecimiento Urbano 2000-2010
-  **Gobierno** del Distrito Federal (2006). Dirección General de Obras y desarrollo urbano. Contratos de obra pública celebrados de Enero a Diciembre de 2006.
-  **Gobierno** del Distrito Federal (2008). Dirección General de Obras y desarrollo urbano. Contratos de obra pública celebrados de Enero a Diciembre de 2008
-  **Gobierno** del Distrito Federal (2010). Dirección General de obras y desarrollo urbano. Periodos 2007-2010
-  **Gobierno** del Distrito Federal (2010). Dirección General de Obras y desarrollo urbano. Contratos de obra pública celebrados de Enero a Junio de 2010.
-  **Gobierno** del Estado de México (2011). Presupuesto de egresos del Gobierno del Estado de México para el ejercicio fiscal 2011. Obtenido de, www.edomex.gob.mx/
-  **Gobierno** del Estado de México, (2009). Portal del gobierno del estado de México. Obtenido el día 11 de octubre de 2009 de, portal2.edomex.gob.mx
-  **Goggle** Maps. Obtenido de <http://maps.google.com.mx/>, el día 20 de septiembre de 2010
-  **Greenpeace** (2008). Resumen de los impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios. Obtenido el día 20 de octubre de 2009, de www.geenpeace.org.ar
-  **Gutiérrez** Vélez, Víctor y Lopera Arango Gabriel (2001). Valoración económica de fijación de carbono en plantaciones tropicales de Pinus patula. Obtenido de http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/16_Gutierrez.PDF
-  **Hal** R. Varian (1998). Análisis microeconómico. Tercera Edición. Editorial Antoni Boch.
-  **Hernández** Pastrana, Agustín (2001). Expansión metropolitana y demandas socioeconómicas: el caso de Ecatepec de Morelos. Obtenido el día 11 de octubre de 2009 de, www.iiec.unam.mx
-  **Hills**, D.M. y Frost J. S. (1985). Trees new species of leopards Frogs.
-  **House** of Commons Environmental Audit Committee London (2009). Reducing greenhouse gas emissions from deforestation: No hope without forests. Fifth Report of Session 2008–09. www.parliament.uk.

-  **INEGI** (2000). Ciudades y Capitales una visión histórica urbana vol. 5.
-  **INEGI** (2009), Sistema de Cuentas Municipales. Obtenido el día 10 de octubre de 2009 de, www.sc.inegi.gob
-  **INEGI** (2009). Censo Económicos. Censo ejidal 1991. Obtenido el día 18 de octubre de 2009 de, www.inegi.org.mx
-  **INEGI** (2009). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Información sociográfica. Volumen, distribución y crecimiento de la población.* Obtenido el día 20 de octubre de 2009 de, www.inegi.org.mx
-  **Instituto** de investigaciones Jurídicas (2009). Sistema hidráulico del Valle de México. Obtenido el día 20 de Septiembre de 2009 de, <http://www.juridicas.unam.mx>
-  **Instituto** Nacional de Ecología (2000, 2005), Carta de Uso de Suelo y Vegetación; 1:100000, actualizada. Obtenido de, mapas.ine.gob.mx
-  **Instituto** Nacional de Ecología (2006), Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación; 1:250000, Serie II. Obtenido de, mapas.ine.gob.mx
-  **Instituto** Nacional de Ecología (2006), Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación; 1:250000, Serie II. Obtenido de, mapas.ine.gob.mx
-  **Instituto** Nacional de Ecología (2010). Cartografía: IG-SEMARNAT (2001). Uso de suelo y Vegetación 1976. Instituto de Geografía, UNAM y SEMARNAT, Obtenido de, mapas.ine.gob.mx
-  **Instituto** Nacional de Estadística y Geografía (2000). Anuarios Estadístico del Estado de México edición 2000. Obtenido de www.inegi.gob.mx/
-  **Instituto** Nacional de Estadística y Geografía (2006). Anuario Estadístico del Distrito Federal, edición 2006. Obtenido de www.inegi.gob.mx/
-  **Iracheta** Cenecorta, Alfonso (1997). Planeación y desarrollo una visión del futuro. Primera Edición. Editorial Plaza y Valdés S.A. de C.V. México.
-  **Jáuregui**, Ernesto (1990). El clima urbano y su relación con los contaminantes del aire. Obtenido de www.cepis.org.pe
-  **Jáuregui**, Ernesto (2004). El clima urbano y el clima global del clima. Obtenido de, <http://iaibr1.iai.int/SI/2004/2004>
-  **Jáuregui**, Ernesto (2005). El clima urbano y su relación con los contaminantes del aire. Obtenido el día 30 de mayo de 2009 de, <http://www.eird.org/bibliovirtual/riesgo-urbano/pdf>
-  **Krugman**, R. Paul (2007). Microeconomía: introducción a la economía. Editorial Reverté.
-  **La Jornada** (2005). De la Sierra de Guadalupe y de cómo rescatar sus tesoros. Obtenido el día 18 de octubre de 2009 de, www.jornada.unam.mx/2005
-  **La Jornada** (2009). Tormenta en el Edo. de México deja 3 muertos y miles de casas dañadas. Obtenido de, <http://www.jornada.unam.mx/2009/10/31>
-  **Legorreta** Jorge (2007). Sobreexplotación acuífera al Valle de México. Obtenido de, <http://enlaces.arq.com.mx>
-  **Ley** de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (1996). Obtenido el día 10 de octubre de 2009 de, <http://cyad.xoc.uam.mx/td/Lecturas/LeyDUDF.pdf>

-  **Ley de Parques Estatales y Municipales** (1976). Gobierno del Estado de México. Obtenido el día 10 de octubre de 2009 de, www.edomex.gob.mx
-  **Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** (1988). Publicada en el D.O.F. de fecha 28 de enero de 1988
-  **Lina Majarrez, Pedro** (2003). El espacio social de Ixtapaluca. Proceso de periurbanización de la Ciudad de México. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Scripta Nova. Universidad de Barcelona. Obtenido el día 20 de septiembre de 2009 de, <http://www.ub.es>
-  **Loguercio Gabriel A.** (2010). Fijación de Carbono: un beneficio adicional para proyectos forestales en la Patagonia. CIEFAP, Patagonia Forestal www.eclac.org
-  **Lugo, H. J. y Salinas, M. A.** (1996) "Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la ciudad de México) y su relación con los peligros naturales". Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 13, N°. 2. pp. 240-251.
-  **M. Ruiz Pérez, C. García Fernández, J. A. Sayer** (2007). Los servicios ambientales de los bosques. Asociación Española de Ecología Terrestre. Ecosistemas 16 (3): 81-90. www.revistaecosistemas.net
-  **Maldonado Koerdell** (1948). Las colecciones de anfibios del Museo Alfredo Dugés en la Universidad de Guanajuato. Obtenido de, www.recci.org.mx
-  **Martínez Yáñez M., Cabral Cano E., Correa Mora F., Díaz Molina O., Cifuentes Nava G., Hernández Quintero E., Delgado Granados H.** (2009). GPS and GIS study of the western slope of the Chiquihuite hill in México City. RIIT, Vol. X. N°2. 2009. FI-UNAM
-  **Martínez, Alier** (1992). De la Economía Ecológica a la Economía Popular. Editorial Icara.
-  **Martínez, J.** (2009). Crecimiento económico y desarrollo sustentable: el rol de los recursos naturales en la economía peruana. PIURA. CIES-ACDI-IDRC
-  **Méndez de la Cruz, Fausto, Camarillo R., José, Villagrán Santa Cruz, Marcela y Aguilar Cortez, Rafael** (1992). Observaciones sobre el status de los anfibios y reptiles de la Sierra de Guadalupe (Distrito Federal y Estado de México). Anales de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido el día 03 de Abril de 2009 de, www.biblioteca.org.ar/libros/91766.
-  **Mendoza Maldonado Fausto Fluvio** (2009). "El área forestal desplazada por los cambios de uso de suelo para el cultivo del aguacate y los principales beneficios y costo económicos y ambientales en la zona de producción del aguacate del Estado de Michoacán 1996-2006". Tesis de Maestría.
-  **Montagnini Florencia** (2009). El pago de servicios ambientales (PSA) como herramienta para fomentar la restauración y el desarrollo rural. XIII Congreso Forestal Mundial Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octubre 2009
-  **Morales César, Parada Soledad** (2005). Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales / César Morales, Soledad Parada, editores (2005). Obtenido el día 05 de Junio de 2009 de, <http://en.scientificcommons.org>
-  **Munasinghe Mohan** (2009). Degradación del medio ambiente y vulnerabilidad a los peligros naturales. El Banco de Mundial. Washington D.C. Obtenido el día 03 de Abril de 2009 de, www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf

-  **Nabuurs G. J, Masera O, Andrasko K, Benitez-Ponce P, Boer R, Dutschke M, Elsiddig E, Ford-Robertson J, Frumhoff P, Karjalainen T. (2007).** In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*
-  **Naredo, Juan Manuel (2004).** Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. Obtenido el día 01 de Junio de 2009 de, <http://habitat.aq.upm.es>
-  **Nicholson, Walter (2007).** Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones. Edit. Thomson Learning.
-  **Pearce David W., Warford Jeremy (1993).** *World without End. Economics, Environment, and Sustainable Development.* The World Bank. Washington, D.C.
-  **Pena, Trapero Jesús (2004).** Desarrollo sostenible y bienestar social: una referencia a la comunidad de Galicia. Obtenido el día 01 de Junio de 2009 de, www.usc.es/econo
-  **Pigou Arthur C. (1920).** *The economics of Welfare.*
-  **Plan de desarrollo municipal de Coacalco, 2006-2009.** H. Ayuntamiento Constitucional de Coacalco de Berriozábal Obtenido el día 01 de Septiembre de 2009 de, www.ordenjuridico.gob.mx
-  **Plan de desarrollo municipal de Ecatepec.** H. Ayuntamiento Constitucional de Ecatepec de Morelos. Obtenido el día 01 de Septiembre de 2009 de, www.ordenjuridico.gob.mx
-  **Plan de desarrollo municipal de Tultitlan (2006-2009).** H. Ayuntamiento Constitucional de Ecatepec de Morelos. Obtenido el día 01 de Septiembre de 2009 de, www.ordenjuridico.gob.mx
-  **Plan de desarrollo municipal Tlalnepantla (2006-2009).** H. Ayuntamiento Constitucional de Ecatepec de Morelos. Obtenido el día 01 de Septiembre de 2009 de, www.tlalnepantla.gob.mx
-  **Plan Delegacional de Desarrollo Urbano de Gustavo A. Madero (2006-2012).** Obtenido el día 10 de octubre de 2009 de, www.asambleadf.gob.mx
-  **Procuraduría Ambiental y Ordenamiento Territorial (2010).** Censo de Población y Vivienda 1990 y Conteo, 1995, INEGI. Obtenido de, <http://www.paot.org.mx/>
-  **Programa Delegacional Gustavo A. Madero (2000).** Obtenido el día 15 de octubre de 2009 de, www.gamadero.df.gob.mx
-  **Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Ecatepec de Morelos, Estado de México (2008).**
-  **Proyecto de Conservación Ecológica de Conservación Ecológica de la ZMVM (2001).** Cinco Parques Estatales del Estado de México. BID, GEM, BANOBRAS. Número de Autorización del Comité Editorial de la Administración Pública Estatal.
-  **Ramos Gorostiza José Luis (2000).** Economía, marco institucional y medio ambiente. La economía de los recursos naturales desde la perspectiva institucional, Madrid, Editorial Complutense.
-  **Rivas Sepúlveda, M., Rodríguez Casasola, F. (2009).** Foro metropolitano. El reto: 1° el agua. Obtenido el día 09 de Octubre de 2009 de, www.asambleadf.gob.mx
-  **Rivas Sepúlveda, Miguel, Rodríguez Casasola Felipe Neri (2009).** Gestión de la calidad del agua: el ciclo virtuoso. Foro metropolitano. El reto: 1° el agua.

- Obtenido el día 18 de octubre de 2009 de, www.uam.mx
-  **Schteingart**, Martha (2001). Servicios urbanos, gestión local y medio ambiente. El Colegio de México. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales.
-  **Schteingart**, Martha, Salazar Eugenia (2005). Expansión urbana, sociedad y ambiente. El Colegio de México. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales.
-  **Scott**, F., Lesch, W. (1997). Streamflow responses to afforestation with Eucalyptus grandis and Pinus patula and to felling in the Mokobulaan experimental catchments, South Africa. *Journal of Hydrology*.
-  **Secretaría** de Hacienda y Crédito público (2011). Proyecto de presupuesto de egresos de la Federación 2012. Programas presupuestarios con programas y proyectos de inversión. Obtenido de, www.shcp.gob.mx
-  **Secretaría** de Hacienda y Crédito público (2011). Proyecto de presupuesto de egresos de la Federación 2012. Programas presupuestarios en clasificación económica. Obtenido de, www.shcp.gob.mx
-  **Secretaría** de Medio Ambiente del D.F. (2007). Programa de manejo sustentable del agua para la Ciudad de México. Obtenido de www.sma.df.gob.mx
-  **Secretaría** de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003). Evaluación de impactos para el desarrollo forestal (PRODEFOR 2003). Obtenido de, www.semarnat.gob.mx
-  **Secretaría** del Medio Ambiente del Distrito Federal (2009). Áreas verdes urbanas. Obtenido el día 11 de septiembre de 2009 de, www.sma.df.gob.mx
-  **Semarnat-CONAFOR** y el Fondo Forestal Mexicano (2003). La experiencia en México en el pago de servicios ambientales hidrológicos y el Fondo forestal Mexicano.
-  **Smith**, Adam (1723). *The Wealth of Nations*.
-  **Solow**, R.M. (1974). Intergenerational equity and exhaustible resources. Obtenido de, <http://stephenschneider.stanford.edu/Publications>
-  **Troendle**, C., King, M., 1985. The effect of timber harvest on the Fool Creek watershed, 30 years later.
-  **Turner**, B.L., Moss, R.H. and Skole, D.L. (1993), Relating Landuse and Global Land-Cover Change: A Proposal for an IGBP-HDP Core Project, Global Change Report, IGBP Report No. 24, HDP Report No. 5.
-  **UNESCO** (2007). El agua una responsabilidad compartida. Estado de México. Obtenido el día 05 de septiembre de 2009 de, ww.unesco.org
-  **Valerio** Carlos, García Palomo A., López Miguel y Galván García A. (2007). Geología y procesos de remoción en masa asociados a un domo volcánico tipo couléé: cerro El Tenayo, Tlalnepantla, Estado de México uso de suelos SEMARNAT-INE (2010)
-  **Valerio** Carlos, García Palomo A., López Miguel y Galván García A. (2007). Geología y procesos de remoción en masa asociados a un domo volcánico tipo couléé: cerro El Tenayo, Tlalnepantla, Estado de México. Boletín de la sociedad Geológica Mexicana. Vol 59. N° 2. 2007.
-  **Vallejos** Oscar, Lobos Germán, Caroca Cesar y Marchant Cristián (2007). Economic evaluation of the additional carbon dioxide absorption in new forestry plantation sites in Chile.

-  **Vela** Correa G., Flores Román D., Rodríguez Gamiño Ma. Palma Muñoz M. García Cornejo A. (2004). Propiedades edáficas y calidad de sitio de áreas reforestadas en la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal. UAM. Xochimilco. Laboratorio de Edafología y Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México.
-  **Velásquez**, A., Mas, J., Díaz G. J., Mallorga S. R., alcántara. P.C., Castro R., Fernández, T., Bocco G., Ezcurra E., Palacios, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta Ecológica, número 062. INE.
-  **World Commission on Environment and Development** (1987). From One Earth to One World: An Overview. Oxford: Oxford University Press. <http://www.wsu.edu/~susdev/WCED87.html>

ANEXO FOTOGRAFICO EN CAMPO

Fotografía 1. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe en Ecatepec



Fuente: Fotografía propia. Ecatepec de Morelos, Sierra de Guadalupe

Fotografía 2. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



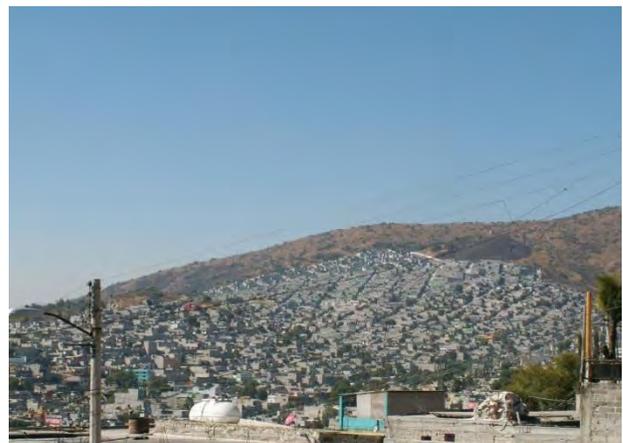
Fuente: Fotografía propia. Ecatepec de Morelos, Sierra de Guadalupe

Fotografía 3. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Ecatepec de Morelos, Sierra de Guadalupe

Fotografía 4. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. La Palma en Ecatepec de Morelos, Sierra de Guadalupe

Fotografía 5. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Ecatepec de Morelos
Sierra de Guadalupe

Fotografía 6. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. San Andrés de la
Cañada. Vista, Cañada

Fotografía 7. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. San Andrés de la
Cañada. Vista, Cañada Sierra de Guadalupe

Fotografía 8. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe y muro de contención



Fuente: Fotografía propia San Andrés de la
Cañada. Vista, Cañada Sierra de Guadalupe

Fotografía 9. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe en Ecatepec



Fuente: Fotografía propia. San Andrés de la Cañada, Vista de la Cañada Sierra de Guadalupe

Fotografía 10. Cañada en Sierra de Guadalupe sobre crecimiento urbano



Fuente: Fotografía propia. San Andrés de la Cañada, Vista de la Cañada

Fotografía 11. Cañada en la Sierra



Fuente: Fotografía propia. San Andrés de la de Cañada, Vista de la Cañada en Sierra de Guadalupe

Fotografía 12. Crecimiento urbano sobre la Sierra



Fuente: Fotografía propia. Ecatepec de Morelos

Fotografía 13. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe en Ecatepec



Fuente: Fotografía propia. El Mirador en Ecatepec de Morelos, Estado de México. Sierra de Guadalupe

Fotografía 14 Crecimiento urbano sobre Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. El Mirador en Ecatepec, Estado de México.

Fotografía 15. Crecimiento urbano sobre la Sierra Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. El Mirador en Ecatepec, de Morelos, Estado de México Sierra de Guadalupe

Fotografía 16. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Tablas del Pozo Ecatepec de Morelos, Estado de México

Fotografía 17. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe en Ecatepec



Fuente: Fotografía propia. Tablas del Pozo, Ecatepec de Morelos, Sierra de Guadalupe

Fotografía 18. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Cuauhtepac, en Gustavo A. Madero, D. F. sobre la Sierra

Fotografía 19. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Cuauhtepac, en Gustavo A. Madero, D. F. sobre la Sierra

Fotografía 20. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Cuauhtepac, en Gustavo A. Madero, D. F. sobre la Sierra

Fotografía 21. Crecimiento urbano sobre la
Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Cuauhtpec, en
Gustavo A. Madero D. F.

Fotografía 22. Crecimiento urbano sobre la
Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Cuauhtpec, en
Gustavo A. Madero D. F.

Fotografía 23. Crecimiento urbano sobre la
Sierra de Guadalupe



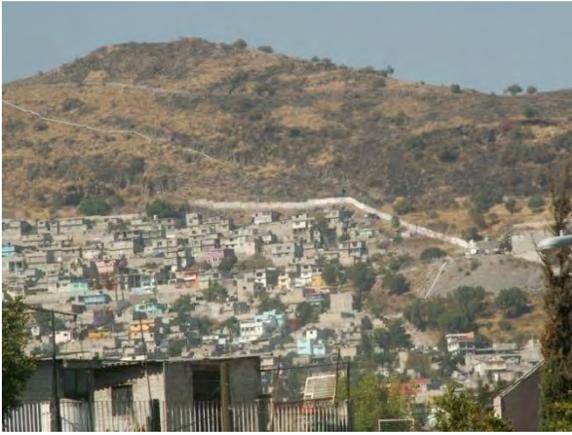
Fuente: Fotografía propia. Cuauhtpec, en
Gustavo A. Madero D. F.

Fotografía 24. Crecimiento urbano sobre la
Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Cuauhtpec, en
Gustavo A. Madero D. F.

Fotografía 25. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe y muro de contención



Fuente: Fotografía propia. Cuauhtepéc, en Gustavo A. Madero D. F.

Fotografía 26. Crecimiento urbano sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Fotografía propia. Cuauhtepéc, en Gustavo A. Madero D. F.