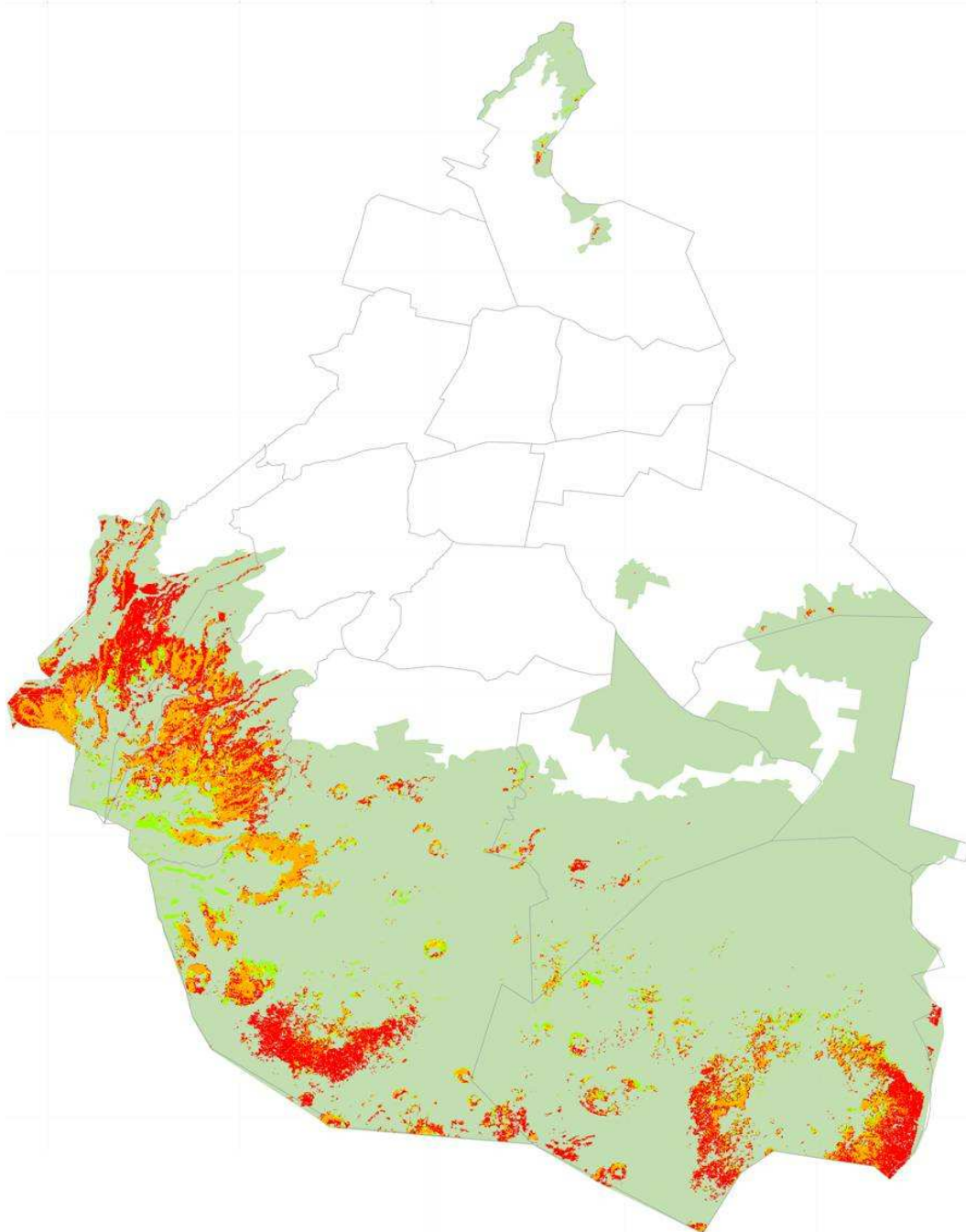




PROCURADURÍA AMBIENTAL
Y DEL ORDENAMIENTO
TERRITORIAL DEL D.F.

EOT-15-2010

MODELO DE ANÁLISIS TENDENCIAL SOBRE LA PÉRDIDA DE CUBIERTA FORESTAL EN EL SUELO DE CONSERVACIÓN DEL DISTRITO FEDERAL



Mtra. Diana Ponce Nava Treviño
Procuradora.

Lic. Francisco Javier Cantón del Moral
Subprocurador de Ordenamiento Territorial.

Lic. Teresa Angélica Flores Godínez
Directora de Estudios, Dictámenes y Peritajes de Ordenamiento Territorial.

D.A.H. Edgar Sánchez Barrientos
Subdirector de Estudios, Informes y Reportes de Ordenamiento Territorial.

Elaboración:
Centro Geo

Responsables del estudio:
María Nájera, Alejandro Mohar Ponce, Gabriela Quiroz.

Revisión PAOT:
Berenice Vázquez Balderas, Ulises Pech Rivera.

El presente estudio fue elaborado conforme al Artículo 5º de la Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, recibiendo recursos del Programa de Desarrollo Institucional Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Se permite la reproducción total o parcial de este documento sin que sea necesario obtener autorización por parte de esta Procuraduría siempre que se cite correctamente la fuente.

La PAOT apreciará se le envíe una copia de toda publicación o material en el que se utilice este trabajo como fuente.

2010
Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F.
Medellín No. 202, Col. Roma Sur, C.P. 06700
Delegación Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel: 52 65 07 80
www.paot.org.mx

Contenido

I. PRESENTACIÓN.....	7
ANTECEDENTES	7
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
MODELO CONCEPTUAL	8
COMPONENTES METODOLÓGICOS.....	10
METODOLOGÍA.....	10
BIBLIOGRAFÍA.....	16
II. SEGUNDO INFORME.....	17
Definiciones.....	19
Recursos de información.....	23
Métodos	26
Corrección geométrica	27
Corrección atmosférica	29
Datos de campo, selección de puntos y precisión espacial	32
Análisis de regresión logística multivariada	39
Porcentaje de bosque	43
Esquema de validación.....	43
Edición cartográfica.....	47
Resultados esperados del análisis tendencial.....	48
Proyecciones de la cubierta forestal	51
AVANCES REPORTADOS	52
Prueba de concepto	52
Visitas a campo.....	54
Recopilación de la información multitemporal de zonas forestales.....	55
Análisis tendencia de pérdida de cubierta forestal.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	59

III. DIAGNÓSTICO Y MODELO	64
Presentación.....	64
1. ELABORACIÓN DEL MODELO DIGITAL DE PÉRDIDA DE CUBIERTA FORESTAL.....	64
2. Introducción	66
3. Antecedentes	67
4. Objetivos	68
Objetivo General	68
Objetivos Particulares	68
5. Descripción del modelo.....	69
6. Análisis de pérdida de cubierta forestal.....	74
DESCRIPCIÓN DEL MODELO TENDENCIAL.....	91
Comentarios preliminares.....	91
Análisis Tendencial de la Pérdida de Cubierta Forestal	93
Escenarios propuestos	93
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	97
IV. conclusiones.....	100
ANALISIS DE LA PRESIÓN URBANA Y AFECTACIÓN POR TALA CLANDESTINA.....	100
I. Importancia de la cobertura forestal del suelo de conservación.....	102
II. Aproximaciones conceptuales	103
III. Presiones urbanas sobre el suelo de conservación.....	108
a. Expansión urbana: suburbanización e informalidad	108
b. Presiones demográficas	114
c. Presión de los dueños de la tierra por cambiar los usos agropecuarios o forestales por renta urbana.....	116
d. Presión que ejercen los habitantes que residen en el suelo de conservación	119
e. Aproximación a las tendencias futuras de presión urbana por asentamientos.....	125
2. Zonas de cobertura forestal amenazadas por asentamientos humanos en 2010.....	125
3. Zonas de cobertura forestal amenazadas por asentamientos humanos en 2030.....	132

Conclusiones	141
Propuesta de políticas para revertir el proceso de pérdida forestal del Suelo de Conservación del Distrito Federal.....	151
I. Enfoques necesarios para la construcción de una política pública para una efectiva gestión del SC.....	160
1. Enfoque Territorial	160
2. Enfoque de desarrollo rural territorial (DTR)	162
3. Desarrollo territorial rural y ordenamiento territorial.....	164
II. Componentes específicas de la política pública para el Suelo de Conservación	164
1. La revalorización social del espacio rural del Distrito Federal desde una perspectiva de servicios de los ecosistemas.....	166
Descripción de los servicios ecosistémicos estratégicos.....	172
a. Servicios explícitos de los ecosistemas	172
b. Deterioro de los ecosistemas y sus servicios y su vinculación con riesgos para la población.....	175
c. Servicios ecosistémicos colectivos vs servicios ecosistémicos particulares.....	177
2. Una nueva visión patrimonial de los recursos naturales del Suelo de Conservación	179
3. Consensar y adoptar una visión renovada de los recursos naturales del Suelo de Conservación y por lo tanto de las tareas de conservación como una actividad de interés público.....	186
4. Conservación de los recursos naturales entendida de forma integral	187
5. Hacia una nueva visión del Suelo de Conservación: un enfoque de integración territorial	190
III. Instrumentos	196
1. La resolución de la cuestión agraria en el Suelo de Conservación.....	196
2. Mecanismos que reconocen y proyectan los esfuerzos de gobernanza.....	198
2.1 La emergencia de nuevos productores como agentes de conservación	199
2.2 REDD+	202

2.3 Instrumentos legales PRIVADOS para la protección de sitios críticos propiedad de ejidos, comunidades y pequeños propietarios en el SC.....	203
2.3.1 Servidumbres ecológicas.....	205
2.3.2 Usufructo con fines de conservación	212
2.3.3 Arrendamiento de Tierras.....	213
2.4 Áreas voluntarias de conservación.....	214
2.5 Fideicomisos con fines de conservación	217
2.6 Certificación de Productos	218
2.7 Compra de Derechos de Desarrollo o Transferencia de Potencial	218
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	220

I. PRESENTACIÓN

Según lo establecen los Términos de Referencia, firmados entre la PAOT y el Centro GEO, el 1 de Abril de 2010, este primer informe da cuenta de la Metodología que sustentará la elaboración del Modelo de Análisis Tendencial sobre la Pérdida de Cubierta Forestal en el Suelo de Conservación

El propósito general del estudio consiste en desarrollar un modelo digital de análisis tendencial, que facilite el monitoreo de la cubierta forestal a lo largo de diversos periodos de tiempo; tomando en cuenta factores físicos y ambientales, así como, procesos urbanos y sociales. El modelo también permitirá predecir los polígonos con cubierta forestal que son proclives a ser afectados por la actividad humana. Se pretende que esta herramienta ayude a mejorar la comprensión de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo en el tiempo y en el espacio.

Para fines de las recomendaciones de política, el trabajo también considerará los procesos causantes de esta problemática, lo que desde un primer acercamiento, apunta hacia la extensión de la frontera agrícola, urbanización, asentamientos humanos irregulares, incendios, entre otros. Esto es, el trabajo no se reducirá a detectar los impactos de diversos tipos sobre la zona forestal, sino tendrá que analizar por qué se generan. Con ello, se podrán realizar las recomendaciones de políticas, capaces de revertir los procesos de pérdida de cobertura forestal, ello desde la visión de PAOT que entiende estos procesos como una afectación de los derechos ambientales, colectivos e intrageneracionales.

En la primera parte de este documento, se presentan los antecedentes que justifican este proyecto, y posteriormente los objetivos. En seguida, se aborda el modelo conceptual que dará coherencia e integralidad al proyecto, para más adelante exponer la metodología y las actividades a desarrollar. Queda claro que el desarrollo del proyecto alcanzará mayores rendimientos si se realiza en consonancia con especialistas de la PAOT, cuyas opiniones y sugerencias siempre serán consideradas.

ANTECEDENTES

La importancia de este estudio radica en que el Suelo de Conservación es un espacio estratégico para la ciudad, dado que de ahí se obtienen variados servicios ambientales que garantizan la viabilidad de la ciudad, y que son imprescindibles para la calidad de vida ambiental de la población, y que a su vez, son determinantes para garantizar los derechos ambientales de los habitantes del Distrito Federal.

Del total de la superficie del Distrito Federal, el 59 % está considerado como suelo de conservación y más de la mitad de éste último es zona forestal. Los ecosistemas forestales son los de mayor valor ambiental, dado que protegen el suelo, almacenan carbono, inciden en la regulación del clima, detienen las

partículas suspendidas y son el hábitat de numerosas especies, así como sitios para la recreación y de enorme valor cultural. A pesar de su enorme valor, la tasa de deforestación promedio anual en el DF se estima con una variación de entre 240 y 500 hectáreas, y si esta tendencia no se modifica, en menos de cinco años se estaría acabando con una superficie forestal semejante al tamaño del Parque Nacional del Desierto de los Leones (Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal, 2000).

Los procesos que generan estas pérdidas se relacionan, en mayor medida, con el cambio de uso de suelo que provoca la agricultura y los asentamientos humanos, aunque también destacan los incendios, la erosión, entre otros.

Si bien se cuenta con información que advierte sobre la pérdida de zonas forestales, es necesario, contar con un modelo digital de análisis tendencial, conforme a las características físicas del suelo de conservación, para predecir qué zonas pueden ser afectadas por la actividad humana y formular, con certeza y oportunidad, las estrategias que permitan revertir estos procesos.

OBJETIVO GENERAL

Generar un modelo digital de análisis tendencial para monitorear y calcular las modificaciones y tendencias de la pérdida de cubierta forestal en el Suelo de Conservación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Generar un análisis multi-temporal de pérdida de cubierta forestal en el Distrito Federal
- b) Analizar conforme a las tendencias de expansión urbana y cambios de uso de suelo la pérdida de suelo forestal en los próximos treinta años
- c) Generar propuestas para revertir el proceso de pérdida de cobertura forestal en el suelo de conservación del Distrito federal

MODELO CONCEPTUAL

Abordar esta problemática implica considerar toda la superficie del Distrito Federal como un ecosistema urbano, en donde no existen divisiones tajantes entre “lo urbano y lo rural”, ya que todos los componentes del territorio interactúan y se modifican mutuamente. Ello, en franco desequilibrio para la zona forestal, ya que las principales presiones que atentan contra los bosques son los procesos urbanos y las actividades productivas que ocurren en el suelo de conservación, y que significan la multiplicación de asentamientos irregulares, la extensión de la frontera agrícola, y la generación de incendios y de otros fenómenos de degradación, derivados principalmente de inadecuadas prácticas productivas.

Por ello, para el desarrollo de este trabajo, se adoptará el marco conceptual Modelo de Servicios Eco sistémicos-bienestar humano desarrollado por el *Millennium Ecosystem Assessment* (2005).¹ Esta conceptualización de los servicios ambientales muestra el profundo vínculo entre las dimensiones ambiental y social, en el sentido de la relevancia de los servicios ambientales para el bienestar humano.

Los bosques ofrecen diferentes servicios ecosistémicos a diferentes escalas. Los más importantes son sus funciones como protectores de suelos y cuencas hidrográficas, fijadores y almacenadores de carbono, así como la conservación de la biodiversidad, y la calidad del agua. A nivel local también es importante su papel como amortiguador de ruido y de partículas suspendidas.

Este modelo muestra también que existe un enorme potencial para acciones de respuesta innovadoras frente al deterioro y para el enriquecimiento y réplica de procesos locales exitosos, como es el caso de las comunidades que han logrado un manejo forestal sustentable.

Para una adecuada adaptación del modelo de servicios ecosistémicos-bienestar humano y con la finalidad de expresar con mayor claridad el papel de la densa zona urbana en las interacciones con este modelo conceptual, se optará por el esquema simplificado que plantea la CONABIO (2006), mismo que se presenta en su forma básica en el siguiente gráfico.

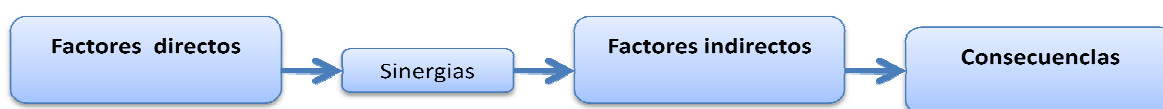


Figura 1. Diagrama simplificado del Modelo de Servicios Eco sistémicos-bienestar humano

Como parte de esta adaptación, y a manera de convención conceptual, se considera que los factores indirectos son, en términos generales, equivalentes al concepto de procesos causales, mientras que los factores directos son, en términos generales, equivalentes al concepto de procesos de deterioro. La adopción de estos términos equivalentes es importante, ya que en México los análisis más comprensivos sobre la situación y las tendencias que presenta el capital natural recurren a esta distinción entre procesos causales y procesos de deterioro para una mejor valoración tanto del origen de las problemáticas como del tipo y los alcances de las políticas necesarias para contener o mitigar el deterioro ambiental.

Esta adaptación del modelo de servicios ecosistémicos-bienestar humano también busca reconocer e incorporar a la valoración las más recientes evoluciones conceptuales, particularmente las que han enriquecido el concepto de **sistema socioecológico**; entre estos aportes destaca el papel de la iniciativa internacional *Resilience Alliance*, que ha desarrollado innovadores enfoques sobre resiliencia, manejo y el fomento de iniciativas de acción

¹ Auspiciado por la ONU, en él se encuentran representados más de una docena organismos internacionales: PNUMA, PNUD, UNESCO, además de la participación de otras organizaciones y el apoyo de convenciones de carácter global como la Convención sobre la Diversidad Biológica, la Convención contra la Desertificación, la Convención de Cambio Climático y la Convención de RAMSAR sobre Humedales

pública. De hecho, la finalidad de esta iniciativa es compartir y fomentar esquemas de manejo y gobernabilidad que permitan mantener el **sistema socioecológico** dentro de una configuración (régimen del sistema) que garantice la preservación de los servicios ambientales deseados.

COMPONENTES METODOLÓGICOS

Con el propósito de establecer un mecanismo que permita la obtención sistemática de información de las modificaciones y tendencias en la dinámica de la cubierta forestal para el suelo de conservación del Distrito Federal, se perfilan los siguientes componentes:

- Recopilar información sobre las zonas forestales de la Ciudad de México en diversos años
- Analizar la tendencia que se ha generado en las últimas décadas, *identificando (en la medida de la información disponible) los procesos socioeconómicos* que determinan la modificación de la cubierta forestal
- Generar un modelo digital que permita analizar la tendencia a futuro sobre la pérdida de cubierta forestal en suelo de conservación
Elaboración de cartografía
- Desarrollo de propuestas para revertir el proceso de pérdida de cubierta forestal.

Para el cabal cumplimiento de los componentes establecidos, resulta fundamental mantener como ejes rectores y complementarios los objetivos específicos del proyecto, arriba descritos.

Se trata de una propuesta para el mapeo y caracterización de la cubierta forestal basada en el proceso de percepción remota, el empleo de imágenes de satélite, la aplicación de correcciones atmosféricas y algoritmos para la extracción de rasgos espaciales y espectrales. Para con ello dar paso a la aplicación de un método de reconocimiento de patrones que permita la generación de una clasificación binaria de cubierta forestal. Finalizando con la aplicación de técnicas novedosas de validación de resultados, basados principalmente en la relación distribución y cantidad de los sets de datos para evaluación (Stheman, 2009; Foody, 2009).

METODOLOGÍA

En función de los objetivos del proyecto y de acuerdo con los componentes planteados, a continuación se perfila la metodología propuesta para el modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal. Se hace un recuento de las principales actividades a desarrollar durante los trabajos del presente proyecto con el propósito de estructurar una adecuada metodología. Cabe aclarar, que el diagrama con la metodología se integrará en un segundo informe, ya que

hayan quedado perfectamente definidos los procesos, a fin de evitar omitir algún paso.

1. **Recopilación de información.** Búsqueda y obtención de información documental y cartográfica, que den cuenta de la cubierta forestal en el Distrito Federal.

La obtención de información acerca de la cubierta forestal, su dinámica y sus tendencias llevada a cabo con el uso de las imágenes de satélite tiene como principal objetivo proveer de información espacial y estadística para la estimación de los cambios de cubierta forestal entre más de dos periodos de interpretación. El proceso de percepción remota permite conocer mediante la estimación de la cubierta forestal, la magnitud con la que los bosques han sido degradados o fragmentados, dando cuenta con ello de las áreas más críticas de la deforestación; o por el contrario, aquellas áreas que a lo largo de los años han mostrado una preservación y/o recuperación significativa. Es decir, se trata de la obtención de información espacial y multi-temporal a escala razonable para el estudio de las masas forestales.

2. **Obtención de imágenes y establecimiento de definiciones.** Conjunción de un *set* de información con imágenes de satélite, pertenecientes a la familia de sensores ópticos de rango visible e infrarrojo que permitan la obtención de información acerca de la cubierta forestal en por lo menos los últimos 25 años. Determinación también de las clases de masas forestales que conforman la definición de cubierta forestal para el Suelo de Conservación del Distrito Federal.

Existen diferentes sensores y plataformas que pueden utilizarse para la actualización y la generación de este tipo de información. Estas incluyen el uso de imágenes de sensores ópticos pasivos (como Landsat, SPOT, AVHRR, Terra y Aqua) con información en el visible y el infrarrojo primordialmente para aplicaciones temáticas y biofísicas que involucran a la cobertura vegetal (Wulder, 1998; Fuller, 2006; Leblanc et al., 2010) En la actualidad, existen coberturas de imágenes gratuitas Landsat TM, Landsat ETM; para la década de los 90's (Landsat 5, con el sensor TM); y para la década del 2000 (Landsat 7, con el sensor ETM). Por otro lado se tiene en México el programa ERMEXS, operado por la Secretaria de Marina, que nos permite obtener imágenes de los satélites SPOT desde 2004 para todo el territorio nacional, principalmente del sensor SPOT-5. De acuerdo a las imágenes revisadas hasta ahora, el monitoreo podría tener como año base de inicio 1986, lo que nos permitiría contar con un horizonte 25 años para la construcción de escenarios tendenciales para los próximos 25 a 30 años. Sin embargo, resulta necesario que el número de imágenes y sus fechas sean establecidos con mayor precisión durante el desarrollo de este proyecto.

Para tales efectos, es primordial la definición de cubierta forestal que le dé sentido a los objetivos planteados en el proyecto. De acuerdo con la FAO (2005) la definición de cubierta forestal incluye aquellas tierras de

más de 0.5 hectáreas, con una cubierta de copa de más del 10 por ciento. Es decir, bajo esta definición, los bosques están determinados tanto por la presencia de árboles y la ausencia de otros usos de suelo predominantes como el urbano y el agrícola principalmente.

No obstante en el caso del suelo de conservación del Distrito Federal, la definición de bosque tiene que ser construida de acuerdo a sus particularidades: En ese sentido la definición de bosque tiene que construirse en función de la distribución y la altura de los diferentes grupos arbóreos presentes en la zona de estudio. Tomando en cuenta las áreas de reforestación y plantaciones productivas, al igual que las zonas temporalmente despobladas, como resultado de la intervención humana o por causas naturales, que se espera se regeneren. Para ello será de gran importancia el estudio acerca de la captura de carbono de los bosques en el DF en manos de la PAOT (INIFAP, 2010. *“Estimación de captura de carbono e infiltración como indicadores del estatus del derecho de los habitantes del DF a gozar de áreas verdes adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar”*).

El término por construir incluye específicamente: las clases de bosques de pino y encinos, bosques mixtos e inducidos, además de algunas plantaciones forestales, zonas de restauración y pequeñas áreas abiertas. Así como bosques de los parques nacionales, reservas naturales y otras zonas protegidas, como las de determinados sitios históricos, culturales o de interés social. Todas definidas bajo la premisa de ser grupos de árboles con una superficie de más de 0.5 hectáreas y una anchura de más de 20 m que presentan una cubierta de copa mayor a la planteada por la definición de FAO para cubierta forestal a nivel mundial. En este sentido, el CentroGeo entregará la metodología detallada para la definición de cubierta forestal y su prueba metodológica en la segunda entrega, apegado a lo que se establece en los términos de referencia.

Una vez establecida esta definición, es posible en función de diversos recursos de información disponibles, generar información homogénea acerca del estado que guarda la cubierta vegetal en los diferentes periodos de interpretación. De esta manera, se podrá contar con el material necesario para establecer el análisis de la dinámica presente y tendencial, que permita establecer los tiempos adecuados y pertinentes para el monitoreo del recurso forestal. Explorándose con ello la pertinencia de incorporar elementos que perfilen el comportamiento de los asentamientos humanos, así como del desplazamiento de la superficie agrícola. En su caso, la incorporación de estos modelos y sus respectivas metodologías estarán disponibles en la fase final de este proyecto.

- 3. Procesos para obtener la cobertura forestal.** Consistirá en la identificación de tratamientos específicos a las imágenes de satélite para la obtención de información sobre la cubierta forestal, tales como procedimientos de pre-procesamiento, realces espaciales y espectrales,

integración de información auxiliar de apoyo y campo, así como estrategias de verificación y validación de los productos generados.

Aunque las características espaciales y espectrales de los satélites Landsat y SPOT son diferentes entre sí; es posible, sin embargo, plantear una metodología que permite en conjunto generar información consistente de la cobertura general a partir del empleo de diferentes satélites con un grado suficiente de comparación entre ambos (Malik & Husain, 2006). Lo que por un lado permite el análisis de un periodo de tiempo más largo y por el otro permitir la comparación y la construcción de escenarios tendenciales. Desde finales de los 90's datos de satélite de Landsat TM, ETM+ y SPOT han sido extensamente empleados en el estudio de masas forestales como parte de un trabajo operativo de monitoreo e inventario (Rosengren & Willen, 2006).

A partir de la corrección atmosférica, se realizarán las transformaciones necesarias para la extracción de rasgos espectrales. Es importante mencionar, que para el caso de este tipo de aplicaciones, las correcciones atmosféricas son críticas, ya que buscan filtrar los efectos atmosféricos. Estas transformaciones consistirán en la estimación de índices de brillo (TCTbrillo) vegetación (NDVI, TCTgreenes), índices de humedad (TCTwetness, burn index) para el caso de imágenes Landsat. Mientras que para el caso del sensor SPOT, las transformaciones consisten, exclusivamente, de índices de vegetación, que sumados a la información espacial de las propias bandas, más la información de contexto obtenida a partir de datos de elevación proveídos por el Modelo Digital de Elevación.

Toda esta información se utilizará como descriptor de los patrones de reflectancia/absorción de los diferentes rasgos en la superficie terrestre, y permitirá la diferenciación de la cubierta forestal a 30 metros de resolución espacial. Para ello será de vital importancia la información de caracterización de sitios con cubierta forestal mencionados anteriormente.

La técnica de reconocimiento de patrones empleada para la obtención de la cobertura forestal está basada en la aplicación de modelos de regresión logística (Ecuación 1). Esta ecuación plantea, en este caso, como variable dependiente, la probabilidad de que un píxel pueda ser considerado cobertura forestal explicada a partir del número de factores independientes planteados anteriormente para cada uno de los diferentes sensores. Clasificando con ello pixeles en las categorías de "bosque" o "no-bosque" a partir de la selección del 50% o más de probabilidad.

$$P = \frac{1}{1 + e^{(a + b \cdot x_1 + \dots + n \cdot x_n)}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Lo anterior permitirá generar una serie de mapas sobre la cubierta forestal para los últimos 24 años, lo que permitirá identificar patrones espaciales acerca de la dinámica de la cubierta forestal en rangos de entre 3 o 5 años; cabe apuntar que este rango podría ajustarse, de

acuerdo a los avances obtenidos relacionados con el proceso de deforestación, constituyendo con ello el periodo de estudio del proyecto Cabe mencionar que estos rangos de tiempo podrán variar en función de los cambios observados lo largo del periodo de tiempo mencionado.

4. **Análisis temporal de la dinámica de la cubierta forestal.** Desarrollo de análisis temporal que permitan identificar las tasas de deforestación o recuperación de la cubierta forestal en el DF, así como la búsqueda e identificación patrones espaciales acerca de la dinámica de la cubierta forestal.

Consiste en la implementación de una serie de algoritmos que permitirán la cuantificación e identificación de aquellos sitios con mayores valores de deforestación o recuperación de cubierta forestal a lo largo del periodo de evaluación. Cabe mencionar que uno de los mayores intereses en la obtención de una serie de datos de 24 años a cerca de la cubierta forestal para el suelo de conservación del Distrito Federal, consiste en la identificación de patrones espaciales que puedan dar cuenta de los cambios más significativos acerca de la misma. Esta etapa del estudio, incluirá el cálculo de tasas de deforestación, la identificación de patrones de fragmentación y consolidación de la cubierta, así como la identificación de los sitios más vulnerables por tipos de vegetación mediante el análisis de cambios en los patrones de la cubierta forestal.

5. **Elaboración del modelo tendencial a futuro de la cubierta forestal.** Construcción de escenarios tendenciales de la cubierta forestal para los próximos treinta años, considerando para ello el comportamiento de la propia dinámica observada en la actividad anterior y conforme las tendencias de expansión urbana y de cambios en el uso del suelo.

A partir de los valores estimados para la tasa de deforestación del suelo de conservación del Distrito Federal y los patrones de cubierta forestal para el periodo de estudio, se realizarán proyecciones de la cubierta forestal para los próximos 10, 20 y 30 años. Empleando para ello un modelo de agotamiento exponencial, donde la tasa de deforestación, es la tasa continua de cambio (Puyravaud, 2003). Incluso, es posible y se explorará la generación de algunos escenarios para intervalos más cortos, lo que se tendrá que evaluar en el transcurso de la investigación.

Respecto a esto último, se explorarán modelos de expansión de asentamientos humanos y de zonas de agricultura, basados en la metodología de autómatas celulares, mismo que ha mostrado su riqueza en proyectos anteriores. Lo que permitirá la construcción de una serie de tendencias con información más certera acerca del fenómeno de la pérdida de cubierta forestal.

A partir de lo anterior, se tendrá el acervo necesario para el establecimiento de escenarios tendenciales que en primera fuente, serán construidos a partir de las variaciones por vecindario de tendencias de deforestación o forestación, según corresponda. Pudiéndose enriquecer con los resultados de los modelo de expansión

urbana, que a la par de este trabajo se desarrollen ex profeso. Lo anterior permitirá generar escenarios tendenciales, entre 10 y 30 años, más adecuados a los procesos urbanos presentes en el suelo de conservación.

6. **Diseño de productos cartográficos.** Elaboración de cartografía específica de resultados, que incorpore las representaciones geo-espaciales empleadas y generadas durante la ejecución del proyecto.

Se plantea la elaboración de cartografía temática, acerca de la cubierta forestal, tanto para el periodo de estudio como para los resultados de los escenarios tendenciales. Las especificaciones de dicha cartografía (escala, extensión, información de contexto, simbología, etc.); estarán listos, consensados e incorporados en la segunda entrega del proyecto.

7. **Escritura de *narrativas* que acompañen a los productos cartográficos resultantes del proyecto.** La intención consiste en facilitar un mayor entendimiento para aquéllos que no están familiarizados con el lenguaje cartográfico, además de ir conformando un discurso conceptual que pondere las dimensiones de la problemática de la cobertura forestal; y así, poder posicionar esta temática en la agenda pública y en la agenda de gobierno.

Paralelo a la integración completa del informe final, los productos entregables se acompañarán de información de carácter divulgativo, que permita la contextualización de los resultados obtenidos durante el proyecto.

8. **Elaboración de propuestas que permitan revertir el proceso de pérdida de cobertura forestal.** En forma complementaria, y como una tarea fundamental, esta Metodología contempla el estudio de los procesos causales que determinan los cambios de usos de suelo y la pérdida de cobertura vegetal, así como el análisis de la cartografía que genere este proyecto; de esta forma se procederá a confirmar o modificar las hipótesis planteadas (los procesos determinantes de estos cambios son las actividades productivas que ocurren en el suelo de conservación y la extensión de asentamientos irregulares); precisar sus alcances, y con este sustento se podrán desarrollar las propuestas y recomendaciones de política.

Lo anterior desde la perspectiva PAOT de defensa de los derechos ambientales de los habitantes del Distrito Federal, y bajo un enfoque territorial con una óptica que considere al Suelo de Conservación como parte activa e integral de la ciudad, y no como un espacio geográfico separado.

Se espera que este esfuerzo ayude a sustentar el monitoreo del Suelo de Conservación como parte integrante de la gestión pública, y con la posibilidad de detonar estrategias de protección, rescate, conservación y

aprovechamiento sustentable, que enriquezcan la calidad de las intervenciones públicas y una mejor toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

CONABIO 2006. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, México

FAO. 2005. Global forest resources assessment 2005. *Progress towards sustainable forest management*. FAO Forestry Paper 147. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2005.

Foody, G. 2009. *Sample size determination for image classification accuracy assessment and comparison*. *International Journal of Remote Sensing*. 30(20). 5273–5291.

INIFAP, 2010. *Estimación de captura de carbono e infiltración como indicadores del estatus del derecho de los habitantes del DF a gozar de áreas verdes adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar*.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being*. Island Press, Washington, D.C.

Malik, R. N y Husain S. Z. 2006. *Land-cover mapping: a remote sensing approach*. *Pak. J. Bot.*, 38(3), 559-570

Mohar, A. y Rodríguez Aldabe, Y. 2008. El papel de las ciudades en los procesos causales que determinan el uso y la conservación de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. III: *Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad*. CONABIO, México.

Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal. 2000. Gobierno del Distrito Federal. Versión abreviada para difusión

Puyravaud, J. P. 2003. *Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation*. *Forest Ecology & Management*. 177, 593-596

Stehman, S. 2009. *Sampling designs for accuracy assessment of land cover*. *International Journal of Remote Sensing*. 30(20), 5243–5272

Wulder, M. 1998. *Optical remote-sensing techniques for the assessment of forest inventory and biophysical*. *Progress in Physical Geography* 22(4), 449-476.

II. SEGUNDO INFORME

Con el propósito de monitorear la cubierta forestal del Suelo de Conservación del distrito Federal, es planteado el proyecto denominado “Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el Suelo de Conservación del Distrito Federal”. El monitoreo de la dinámica de la cubierta forestal, es una práctica que apoya la gestión del territorio. Es un instrumento que permite medir el impacto de los programas de conservación de capital natural, reconversión productiva, entre otros. Permite además, la obtención de datos sistematizados para la comparación entre periodos de tiempo de los cambios observados.

Para evaluar la cubierta forestal a la escala de paisaje, a través de la aplicación del proceso de percepción remota, y establecer estimaciones precisas acerca de la extensión de los bosques mediante información satelital, es necesario realizar evaluaciones continuas de la misma, bajo un marco metodológico que permita generar información actualizable sobre la dinámica de la cubierta terrestre.

Específicamente, es de interés analizar los rasgos que puedan asociarse al cambio de uso de suelo, deforestación y fragmentación de la cubierta forestal. La disponibilidad de información sobre las características espectrales de la cubierta terrestre en formato digital permite la implementación de metodologías de mapeo y caracterización basadas en la aplicación de técnicas de procesamiento digital. Estas incluyen las correcciones de diferente naturaleza, la extracción de rasgos espectrales (transformación lineal y no-lineal de bandas) y la aplicación de técnicas de reconocimiento de patrones.

La cubierta forestal es una variable básica fácil de comprender, que da una primera indicación de la importancia relativa de los bosques en un país o región. Mientras que las estimaciones sobre los cambios de la cobertura a través del tiempo ofrecen una indicación de la demanda de tierra para la agricultura y otros usos de la tierra, pueden por otra parte ilustrar también los efectos de las grandes catástrofes y alteraciones del medio ambiente sobre los ecosistemas forestales. El área de bosque es relativamente fácil de medir, y por ello esta variable es seleccionada como uno de los 48 indicadores en el proceso sobre indicadores de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ONU, 2005)



Figura 1. Esquema de la dinámica en el cambio de la cubierta forestal

La Figura 1 muestra un modelo simplificado que ilustra la dinámica de los cambios forestales. Tiene solo dos clases: bosques y todas las demás tierras. Una reducción de la cubierta forestal puede operarse por dos procesos distintos. La deforestación, con mucho el más importante, implica que el bosque es talado por acción humana y la tierra es destinada a otro uso, como agricultura o infraestructuras. Las catástrofes naturales también pueden destruir los bosques, y cuando la zona no puede regenerarse naturalmente y no se hace nada para plantar de nuevo en ella, pasa también a la categoría de otras tierras. Un aumento en la cobertura puede también ocurrir de dos maneras: por forestación, o sea plantación de árboles en tierras que no eran forestales, o por expansión natural de los bosques, por ejemplo en tierras agrícolas abandonadas, lo que es muy frecuente en algunos países europeos. Cuando una parte del bosque es talada pero se vuelve a plantar (reforestación), o cuando el bosque se repone por sí solo en un plazo relativamente corto (regeneración natural), no hay cambios en el área de bosque.

La información sobre los tipos de bosques existentes, más o menos naturales o producto de prácticas intensas de silvicultura y ordenación forestal, se presentan en una gama gradual desde los bosques primarios sin indicación alguna –al menos visible– de actividad humana pasada o presente hasta las plantaciones forestales de especies introducidas que reciben atenciones intensivas y de las que se obtiene un solo producto, a menudo en rotaciones de ciclo relativamente corto. Entre estos dos extremos hay numerosos escenarios, y no hay claras distinciones entre posibles clases dentro de la serie.

Existen sin embargo diferentes clases que ayudan a aclarar en qué medida los bosques son formados o alterados por el hombre, proporcionando al mismo tiempo una indicación de la intensidad de ordenación y del potencial para la producción. El bosque alterado típico es un bosque en el que se han realizado cortas selectivas, pero no se han tomado medidas silviculturales que hayan influido sobre la regeneración natural de las especies. El bosque seminatural típico es aquel en el que las extracciones son mucho más intensas, retirándose un mayor volumen y número de árboles por hectárea, y con intervenciones específicas dirigidas a asegurar para el futuro una combinación de especies deseable mediante regeneración natural asistida, siembra o plantación de

especies nativas. Las plantaciones forestales establecidas para diferentes fines, se dividen en dos clases, las plantaciones para la protección y las de producción a menudo en una mezcla de especies dispuestas en rotaciones largas o bajo una cubierta continua.

El deterioro de la cubierta forestal, como parte de los grandes ecosistemas terrestres, es en general el resultado de tendencias diversas, incluso contrarias, dentro de un marco en el que la deforestación es planteada un evento cualitativo. Es decir, entre un ecosistema conservado en buenas condiciones y un terreno desprovisto de toda su cubierta forestal natural, existen muchos grados que obedecen a dos grandes procesos: por una parte la alteración como consecuencia de las actividades humanas y por el otro la regeneración natural, entendida como la tendencia de los ecosistemas a reconstituirse permanentemente. Así lo que denominamos deforestación es una situación extrema que constituye un primer indicador de los procesos más específicos en la compleja dinámica de la cubierta forestal.

Por tal, la descripción de la deforestación es entonces la representación de cambios más drásticos de lo que en realidad es un continuo. Así el concepto de cubierta forestal planteado en este estudio, permite la construcción, a partir de los diferentes porcentajes de masas arbóreas, de diferentes grados de cubierta forestal, desde los más cercanos al estado natural, incluyendo también asociaciones en diferente grado de alteración por clareo, fuego y otros muchos procesos, así como masas forestales en diferentes estadios de regeneración y conservación bajo manejo hasta coberturas por reforestación y plantaciones.

Esta clasificación gruesa de un proceso que es mucho más complejo no permite un acercamiento más fino al deterioro ecosistémico. Pero si constituye un indicador general cuyo conocimiento permite un manejo más adecuado del recurso forestal. Lo que significa un avance notable en el conocimiento de la importancia ambiental de la cubierta forestal dentro del ciclo hidrológico, la protección de la erosión, la recarga del acuífero, la distribución de las especies y el resguardo de la biodiversidad.

Definiciones

La definición de cubierta forestal planteada para este trabajo, está basada en la necesidad de estimar de manera explícita el porcentaje cubierto de una masa forestal. Tradicionalmente la cobertura de copas, o el cierre de la corona, se define a nivel de árbol, como el porcentaje de la superficie del terreno que sería objeto de una proyección descendente sobre la copa de los árboles. Dos son las dificultades que pueden surgir de esta definición. En primer lugar, las diferencias en los métodos empleados para llevar a cabo dicha estimación. En segundo lugar, esta definición podría potencialmente llevar a un cierre de más de 100% cuando las copas de los árboles se superponen (Kleinn, 2001).

Existen algunas confusiones en cuanto el empleo de los términos cierre de la corona, también conocido como cobertura de dosel y cobertura de copas, o cierre del dosel. Aunque ambos conceptos se definen como el porcentaje de

dosel que cubre el suelo del bosque. La cobertura de copas representa el conjunto de todas las copas de los árboles de proyección vertical sobre la superficie del suelo, mientras que el cierre de corona representa la cantidad del cielo oscurecido por el dosel de un cierto punto sobre el suelo en todas direcciones (Figura 2).

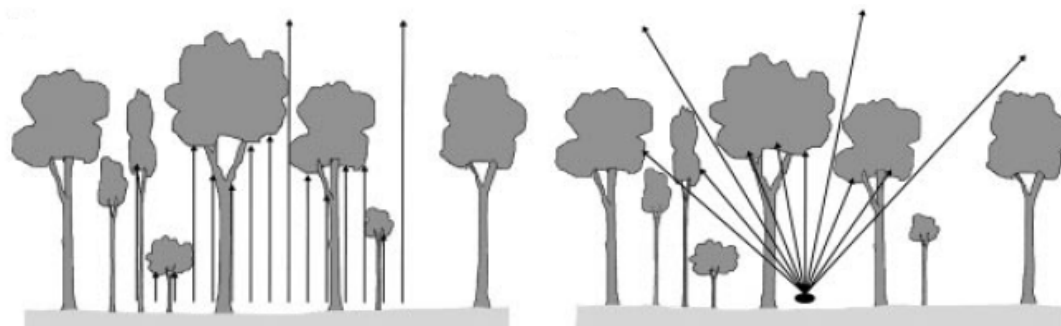


Figura 2. Cobertura de copas y Cierre de la corona

En gran medida porque el cierre de la corona depende significativamente de la altura de los árboles, este parámetro ayuda a predecir el volumen, densidad de la masa, tamaño de la corona, y el factor de la competencia de la corona. Desafortunadamente, la estimación del porcentaje del cierre de la corona mediante la medición directa en campo requiere un importante esfuerzo (Williams *et al.*, 2003); por lo que se han desarrollado métodos alternativos que emplean imágenes captadas mediante sensores remotos en múltiples plataformas presentes tanto dentro como fuera de la atmósfera.

El cierre de la corona es determinado a menudo mediante métodos indirectos (fotogrametría y percepción remota), que establecen los siguientes rangos y que a su vez constituyen las clases de la Tabla 1 (Brack, 1999).

CLASES	RANGOS
Muy escaso	1-9
Escaso	10-29
Bajo	30-49
Medio	50-69
Denso	70-84
Muy denso	85-100

Tabla 1. Clases y rangos para el establecimiento del cierre de la corona

De acuerdo con la bibliografía, para las estimaciones en campo generalmente se realizan mediciones de cada árbol para calcular el área proyectada por la corona en el suelo. Sumando las áreas de la corona de todos los árboles medidos en un área de trazado fijo y dividiendo por el área de terreno dará el cierre de las copas (Fiala *et al.*, 2006). Otros métodos para la estimación de la corona de cierre incluyen el uso de la fotografía hemisférica (Paletto & Tosi, 2009).

Es recomendable sin embargo, que estas mediciones se incluyan en el sentido vertical, o de lo contrario el porcentaje de cobertura será sobreestimada. Para evitar esos problemas, se sugiere la definición de las copas en el nivel de

soporte, es decir, el porcentaje de la superficie del terreno que sería objeto de una proyección vertical descendente del dosel del árbol (Jennings *et al.*, 1999). Esta diferencia sin embargo, puede no ser significativa, sobre todo en áreas con bosques de coníferas en donde la diferencia entre el cierre de la corona y la cubierta de copas es mínima, mientras que la cobertura de copas puede ser algo más alto que las copas de los bosques caducifolios, especialmente para árboles pequeños. Sin embargo, las masas forestales que califican como bosque bajo los criterios de cierre de la corona también pueden incluirse dentro de los criterios de la cobertura de copas. Siempre y cuando se considere que el cierre de la corona puede experimentar variación estacional, especialmente en un bosque de hoja caduca (Ganey *et al.*, 2008).

De acuerdo con lo anterior, es indispensable considerar cual será la variable biofísica adecuada sobre la cual se hará la estimación de la cubierta forestal así como la extensión mínima sobre la cual se obtendrá información pertinente que permita conocer el estado que guardan dichas masas forestales. Para dar respuesta a lo anterior, se revisan a continuación una serie de definiciones realizadas sobre cubierta forestal, con el propósito de establecer algunos valores de referencia.

Cubierta forestal de acuerdo con la definición expresada en el Protocolo de Kioto (UNFCCC, 2004) se entiende como “una extensión mínima de tierra de 0.5 a 1.0 ha con una cubierta de copa de los árboles (o una densidad de población equivalente) de más del 10 al 30%, con árboles que tienen posibilidades de alcanzar una altura mínima en el lugar de 2 a 5 metros en su periodo de madurez”.

En este caso, un bosque puede incluir tanto formaciones forestales densas donde los árboles de diferentes cubiertas de dosel y sotobosques cubren una gran parte del suelo, como bosques abiertos. Los bosques naturales jóvenes y todas las plantaciones que aún tienen que alcanzar una densidad de copa del 10 al 30% o una altura en sus árboles de 2 a 5 metros son también considerados dentro del término bosque, al igual que las zonas que normalmente forman parte de una zona forestal que está temporalmente desprovista de árboles debido a la intervención humana como las cosechas o a causas naturales, pero que se espera vuelva a convertirse en bosque.

Otra definición, probablemente la más empleada es la que se propone en el *Forest Resources Assessment Program* de la FAO, en cuyo caso “Bosque” se define como las tierras de más de 0.5 hectáreas, con una cubierta de copa de más del 10%, que no son principalmente aprovechadas bajo uso agrícola o urbano (FRA, 2000)

Bajo esta perspectiva, los bosques están determinados tanto por la presencia de árboles y la ausencia de otros usos predominantes de la tierra. Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 5 metros *in situ*. Pueden no ser bosque las áreas de reforestación que aún no han alcanzado una densidad de copas del 10% o una altura de 5 metros, al igual que las zonas temporalmente despobladas, como resultado de la intervención humana o por causas naturales, que se espera se regeneren como el caso de áreas quemadas. El

término “bosque” para la FAO incluye específicamente: viveros forestales y huertos semilleros que forman parte integral del bosque; caminos forestales, cortafuegos y otras pequeñas áreas abiertas; bosques de los parques nacionales, reservas naturales y otras zonas protegidas, con determinado valor científico, histórico, cultural o espiritual; cortavientos y fajas protectoras de árboles con una superficie de más de 0,5 hectáreas y una anchura de más de 20 m; plantaciones utilizadas principalmente para fines forestales, incluidas las plantaciones de caucho y rodales de alcornoque. El término excluye específicamente los árboles plantados principalmente para la producción agrícola, por ejemplo en las plantaciones frutales y sistemas agroforestales.

Existe otra categoría definida por la FAO denominada “Otras Tierras Boscosas” y se refiere a la tierra no clasificada como “Bosque”, que se extiende por más de 0.5 hectáreas; con árboles de una altura superior a 5 metros y una cubierta de copas de un 5 a 10 por ciento, o árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos in situ; o que cuentan con una cubierta mixta de matorrales, arbustos y árboles superior al 10 por ciento. No incluye la tierra que se encuentra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano. (FRA, 2000).

De acuerdo con la autoridad encargada del monitoreo de la cubierta forestal en Canadá (CCRS, 2004) se define la cubierta forestal como cualquier zona terrestre que abarque al menos 1 hectárea con al menos 10% de cierre de la corona arbórea.

Esta última definición que atiende a la estimación de la cubierta forestal a partir de recursos de información provenientes del empleo de imágenes de satélite, incluye en su definición una característica importante en donde a la distancia a la cual ocurre la detección de las señales, no es posible distinguir las diferencias entre las copas de los árboles, por lo que este dato de cierre de la corona o cobertura del dosel no puede ser determinado con precisión. Para evitar estos problemas, se sugiere que la definición de las copas se realice en el nivel de soporte, es decir, el porcentaje de la superficie del terreno que estaría cubierto por una proyección vertical descendente de todos los topes de los árboles.

Tomando en cuenta las definiciones señaladas hasta ahora, así como el tamaño y características de las masas forestales del Suelo de Conservación del Distrito Federal, su ubicación geográfica y siendo coherentes con las definiciones de bosques más comúnmente utilizados, la definición de cubierta forestal empleada en este estudio puede incluir:

Zonas cuyo porcentaje de la superficie de terreno cubierta por una proyección vertical arbórea varían ascendentemente a partir de un 10 o 20%, sobre una extensión mínima de aproximadamente una hectárea. Esta definición aplica a vegetación arbórea (puede incluir una fracción mínima de matorrales, arbustos o árboles pequeños) fotosintéticamente activa en la época de evaluación y no hace referencia alguna al tipo de uso de cobertura vegetal (p. e. plantaciones, aéreas forestales bajo manejo, etc.), ni al estado sucesional de la misma (diferenciación entre vegetación primaria o secundaria).

De acuerdo con esta definición, es factible identificar la cubierta forestal en función de la densidad de la cobertura de copas, expresada a manera de porcentaje. En cuyo caso no se hace referencia a zonas arbóreas definidas por varios techos o topes de árboles superpuestos unos sobre otros.

Esta definición se acota a definir fechas de toma de imágenes predefinidas con el fin de tener tiempo suficiente para adquirir imágenes satelitales libres de nubes que cubran todas las zonas forestales del Suelo de Conservación del Distrito Federal. Dentro de las fechas establecidas es importante asegurar la comparación entre las mismas, para la estimación de la cubierta forestal en una temporada con una condición estacional estable, es decir una misma época del año con el potencial de vegetación fijo para todas las escenas. Ya que esta condición representa la mejor opción para la adecuada estimación de las masas forestales, otorgándole una característica de homogeneidad en la estimación de la cubierta forestal.

Recursos de información

El recurso de información para la estimación y el análisis de tendencias de la cubierta forestal del Suelo de Conservación del Distrito Federal es la colección de imágenes satelitales de los sensores *Landsat TM* y *Landsat ETM+* para el periodo 1986-2002, que proveen información de la cobertura terrestre en formato digital y orto-rectificado (es decir, con correcciones por desplazamientos de relieve), para todo el paisaje de la cuenca de acuerdo a los parámetros propios del producto Geocover de NASA (Tucker *et al.*, 2004).

Se trata de la conformación de una serie de 6 escenas individuales correspondientes al *Path 026* y *Row 047* del WRS-2 de *Landsat* con 28.5 metros de tamaño de pixel y cuyas características principales se muestran de acuerdo con Tabla 2.

Estas imágenes corresponden a una selección de escenas disponibles libres de nubes correspondientes a los meses de enero a marzo para las diferentes fechas de toma. Dichas imágenes fueron tomadas del acervo del proyecto NALC (*North American Landscape Characterization*) dependiente de la NASA y bajo resguardo del CentroGEO.

SENSOR	FECHA DE TOMA	ELEVACION SOLAR	AZIMUTH SOLAR
TM	23/03/1986	52.02	113.58
TM	03/02/1989	41.24	133.80
TM	22/02/1993	43.57	125.09
TM	18/03/1996	46.92	112.26
TM	22/01/1999	40.31	138.79
ETM+	06/01/2002	40.36	144.71

Tabla 2. Características principales de las imágenes *Landsat* empleadas para derivar cubierta forestal

De la misma manera, se cuenta también con la colección de escenas del sensor HRG-2 de SPOT-5 para los K/J 588/311, 588/512, 589/311 y 589/312 del GRS-2 del programa francés para la observación de la tierra, los cuales comprenden un mosaico completo para el Suelo de Conservación del Distrito Federal para los años 2006 y 2010, cuyas características principales se muestran de acuerdo a la Tabla 3.

SATELITE	FECHA DE TOMA	ELEVACION SOLAR	AZIMUTH SOLAR
SPOT 5	29/12/2005	Sin dato	Sin dato
SPOT 5	09/01/2006	Sin dato	Sin dato
SPOT 5	20/02/2006	Sin dato	Sin dato
SPOT 5	20/02/2006	Sin dato	Sin dato
SPOT 5	25/02/2010	51.72	136.96
SPOT 5	25/02/2010	52.03	136.43
SPOT 5	28/03/2010	62.67	125.66
SPOT 5	28/03/2010	62.89	124.75

Tabla 3. Características principales de las imágenes *SPOT-5* empleadas para derivar cubierta forestal

Estas imágenes corresponden a una selección de escenas disponibles prácticamente libres de nubes correspondientes al mismo periodo de tiempo que el de las escenas del satélite *Landsat*. Todas las escenas SPOT, se obtuvieron de la Estación de Recepción México de la constelación Spot (ERMEXS) a cargo del Gobierno de México representado por la Secretaría de Marina (SEMAR) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

De esta forma se conforma una serie de 8 escenas para diferentes fechas que conforman el periodo de estudio comprendido entre 1986 y 2010, para un aproximado de separación entre fechas de entre 3 o 4 años. Cabe destacar que todas las escenas son coincidentes a la época de invierno, lo que corresponde al periodo de mayor visibilidad y presencia de cielos despejados para el Distrito Federal. La Figura 3 muestra la extensión de cubrimiento de las escenas empleadas para la realización del presente estudio.

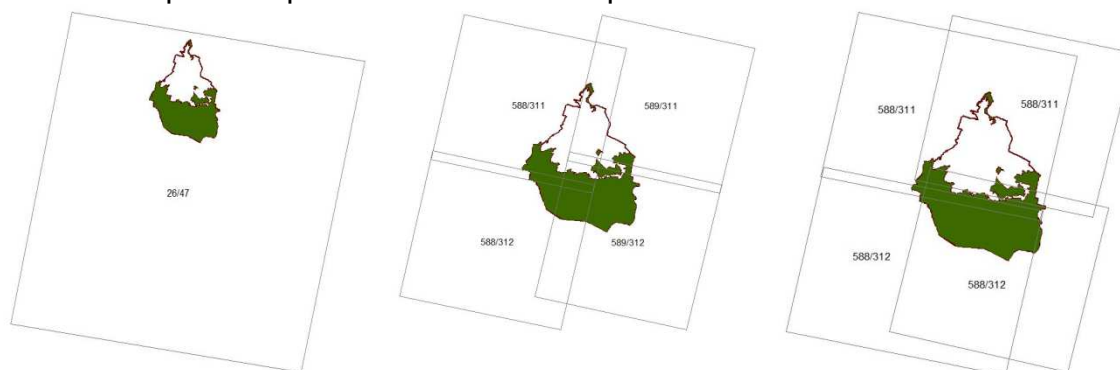


Figura 3. De izquierda a derecha, extensión de cubrimiento para *Landsat* y SPOT-5 (2006 y 2010)

Finalmente se incorpora información multiespectral del sensor *Quickbird*, para el Distrito Federal correspondiente al año 2008. Con el propósito de emplearla como imagen de referencia. El mosaico de imágenes *Quickbird* está constituido de 22 imágenes en composición RGB de 3 bandas con una resolución espacial de 0.6 m, en cuyo reporte RMS-orto imagen se detalla el proceso con la incorporación de 49 puntos de control (GCPs) un RMS general de 6.5 m con una proyección en la vertical de 3.42 m y horizontal de 5.53 m. El sistema de coordenadas definido corresponde a la proyección UTM Zona 14 *Norte Datum WGS84*.

La idea principal es utilizar la imagen *Quickbird* como base cartográfica, lo que permitirá homogenizar toda la cartografía generada a un mismo sistema de geo-referencia, definido en principio, por el error intrínseco de la propia imagen, el grado de precisión logrado en el proceso de orto-rectificación de cada una de las imágenes y la selección del sistema de proyección cartográfico definido para el presente estudio.

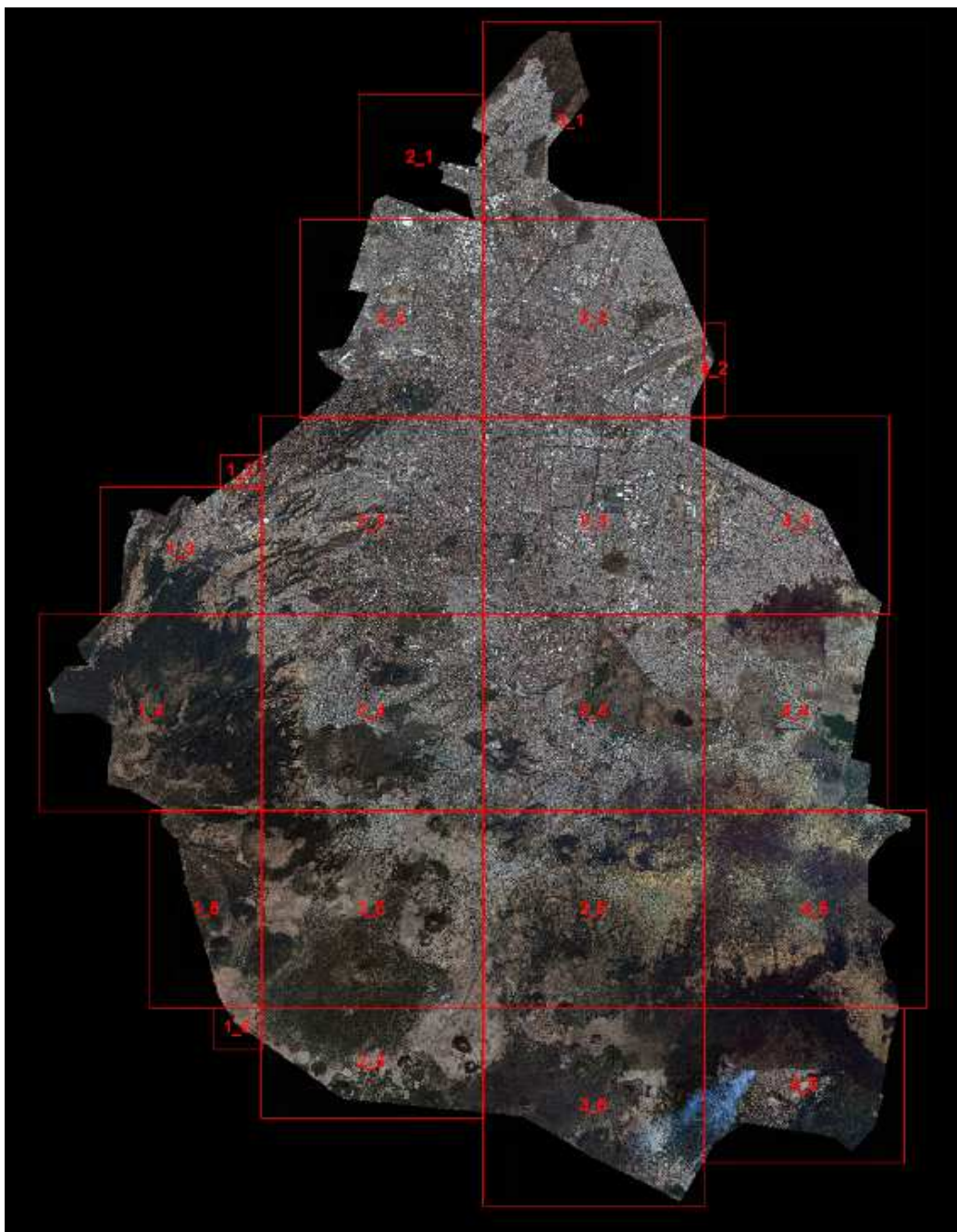


Figura 4. Ortoimagen Quickbird

Métodos

A partir de las imágenes del satélite *Landsat* de los sensores TM, ETM+ y datos del satélite *SPOT 5* respectivamente, la metodología planteada en este estudio consigue valores homogéneos de reflectancia a partir de correcciones geométricas (a) y la generación de una corrección atmosférica mediante un proceso de ortorrectificación (b); que permiten la obtención de una serie de imágenes satelitales de alto contenido de información, que en combinación con datos recopilados en campo (c), permiten la selección de sitios de muestreo, monitoreo de precisión y validación, que son empleados para buscar patrones de reflexión/absorción a partir de una serie de variables independientes (d) que

contienen información espectral y espacial a cerca de la cubierta forestal (e) y cuyos resultados son corroborados de acuerdo a un esquema de validación que cumple con los criterios del diseño de muestreo establecidos (f) para con ello generar cartografía (g) que dé cuenta del estado de la cubierta forestal para el periodo de estudio 1986-2010 (ver Figura 5).

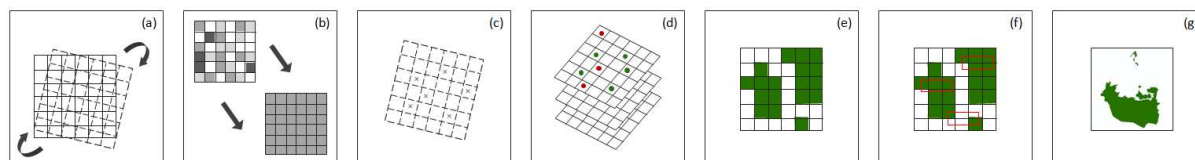


Figura 5. Procesos involucrados en la metodología general para derivar información de la Cubierta Forestal mediante el proceso de percepción remota

Durante las secciones posteriores, se desarrollara de manera detallada cada uno de los procesos que completan la metodología general para derivar cubierta forestal utilizando imágenes satelitales de diversos sensores remotos y otras fuentes de datos.

Corrección geométrica

Las correcciones geométricas de las imágenes digitales, son transformaciones puntuales consistentes en cambiar de posición los pixeles originales de la imagen sin alterar sus valores digitales. En general, el proceso aplica un par de funciones diferentes como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\begin{cases} U = f_1(x,y) = f_2(c,1) \\ V = g_1(x,y) = g_2(c,1) \end{cases}$$

Donde (x,y) y $(c,1)$ son las coordenadas del pixel en forma vectorial y matricial, respectivamente, y (u,v) las coordenadas corregidas. El proceso de la corrección geométrica puede llevarse a cabo en dos niveles diferentes:

1) Riguroso, mediante el cual se pretende ajustar la imagen a un mapa de la zona o a otra imagen utilizada como referencia

2) Menos preciso, consistente en corregir solamente las anomalías sistemáticas derivadas de la inclinación de la órbita, del giro de la tierra y del tiempo de barrido, para lo cual no se requiere el conocimiento del terreno (Sobrino, 2000).

La corrección geométrica de las imágenes adquiridas para el proyecto, se corrigen hacia la imagen de referencia Geocover 2000 de Landsat con una resolución de 14.25 metros. Se realiza en el software PCI Geomatics con el modulo OrthoEngine; para realizar dicho proceso se tienen que definir parámetros cartográficos y tamaño de pixel de entrada y salida de la imagen, posteriormente se despliega la imagen no corregida y a su vez se despliega la

imagen de referencia, una vez que están desplegadas ambas imágenes se empieza con la identificación de posibles rasgos para la colocación de puntos en ambas imágenes, ya que se tiene un buen rasgo identificado en ambas imágenes se coloca el punto y así sucesivamente hasta tener una buena distribución de puntos y un error medio cuadrático menor a un pixel.

Es importante señalar que en el proceso de corrección geométrica se cuenta con las funciones de transformación y varían en cuanto al número de puntos colocados; procurando que para todas las imágenes se emplee una función de transformación con grado de polinomio de segundo orden. Una vez que se han colocado los puntos y elegido la función de transformación adecuada, se realiza el proceso de registro de la imagen y se elige el método de remuestreo mediante el cual se trasladan los valores digitales de sus posiciones en la imagen transformada a las posiciones definitivas en la imagen corregida, en este caso se elige el método de Interpolación Bilineal que en general se emplean en todos los procesos de remuestreo dentro de este estudio, salvo que se especifique lo contrario.

A continuación se muestra un esquema del proceso de la corrección geométrica (Figura 6); el cual muestra la secuencia de pasos a seguir en el primer proceso de la metodología general para derivar información de la Cubierta Forestal mediante el proceso de percepción remota.

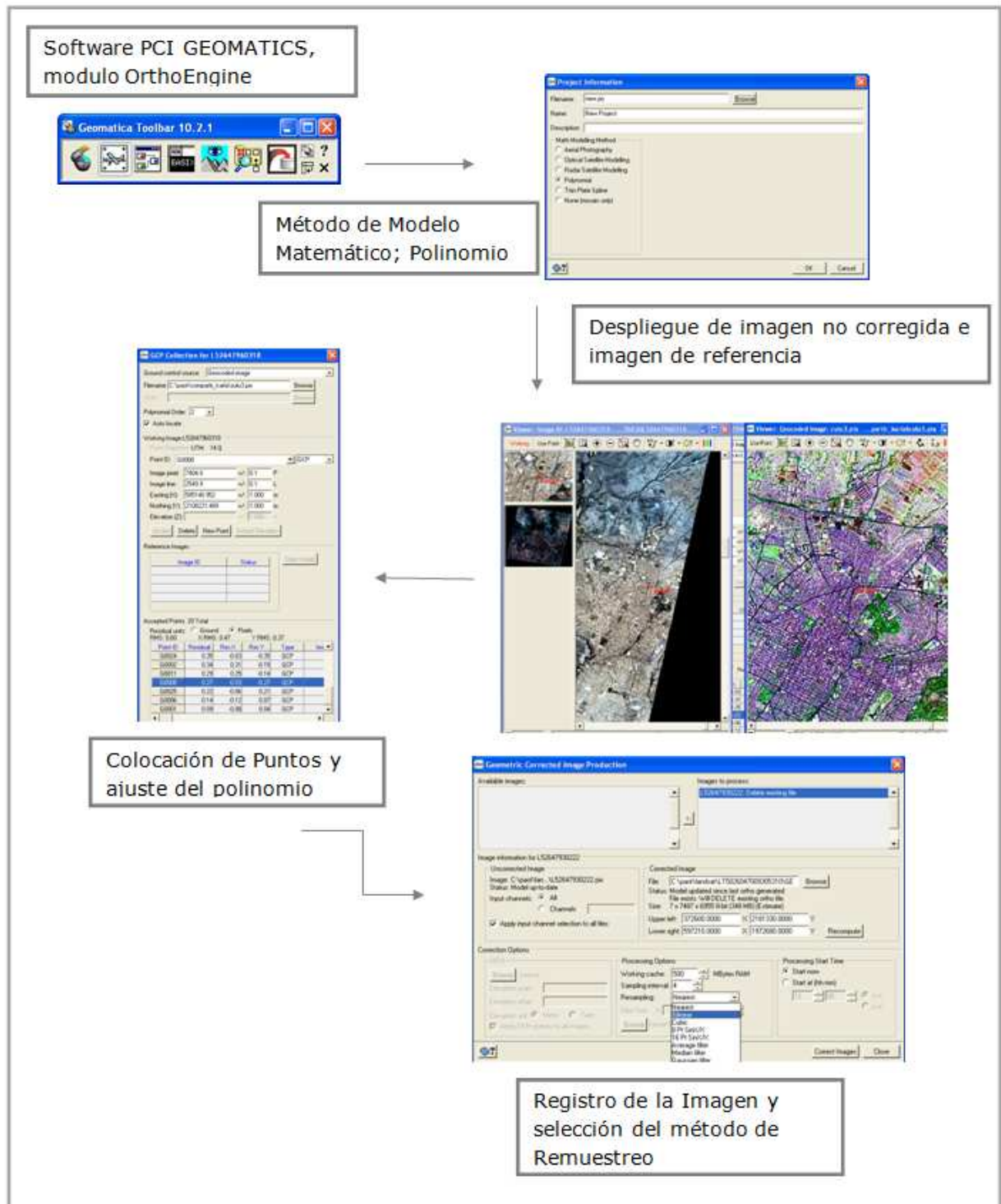


Figura 6. Esquema del Proceso de Corrección Geométrica

Corrección atmosférica

Los datos obtenidos principalmente por los sensores de satélites ópticos de alta resolución espacial se han convertido en una herramienta invaluable para muchos grupos interesados en el estudio, gestión, desarrollo y protección de nuestra población, el medio ambiente y los recursos. Por desgracia, las imágenes de satélite son a menudo oscurecidas por efectos atmosféricos como

por ejemplo la niebla como resultado de condiciones en la atmósfera en el momento en que se capturó la imagen. La corrección atmosférica es un proceso utilizado para reducir o eliminar los efectos atmosféricos y revelar valores más reales de reflectancia de la superficie.

El modo particular en que la atmosfera afecta las imágenes de satélite, depende de las características de los sistemas de teledetección, desde este punto de vista, debe prestarse especial interés a las siguientes características; resolución espacial, resolución espectral y características de polarización. Para conseguir la corrección de la imagen captada deben estimarse las magnitudes de los procesos que contaminan la imagen; en el caso de los efectos atmosféricos, estos procesos son los de dispersión y absorción por gases, aerosoles y nubes. El conocimiento de sus características ópticas puede obtenerse de diversas fuentes:

- a) Climatología del área
- b) Imágenes de satélite
- c) Medidas del Suelo

Debe considerarse que las diversas aplicaciones presentan requerimientos diferentes y, por ello, necesitan distintos algoritmos de corrección atmosférica (Sobrino, 2000).

Dos procesos de corrección atmosférica están disponibles: ATCOR2, que se utiliza para la corrección de imágenes de satélite sobre terreno plano, y ATCOR3, que se utiliza para la corrección de imágenes de satélite sobre el terreno agreste. Ambos son algoritmos que trabajan con una base de datos de las funciones de corrección atmosférica, que se almacenan en tablas de búsqueda. Los algoritmos se han desarrollado principalmente para sensores de los satélites con un ángulo de barrido pequeño tales como Landsat y Spot, pero algunos sensores de amplio campo de visión (FOV), como el IRS-WIFS se apoyan también en estos modelos de corrección.

La corrección atmosférica de las imágenes empleadas en este estudio se realiza con el algoritmo ATCOR3 el cual utiliza datos de elevación para la adyacencia y la corrección de efectos de reflectividad bidireccional (Richter, 1996 (a); Richter, 1996 (b); Richter, 1998)

El proceso se realiza en el software *PCI Geomatics*. Para realizar dicho proceso es necesario contar con ciertos insumos como son: el archivo de los metadatos de la imagen a procesar, la imagen a procesar y el Modelo Digital de Elevación; es importante mencionar que el archivo que contenga el modelo digital de elevación debe de ser transferido a la imagen a procesar; ya que se tienen los insumos, se despliega la imagen a corregir en el visualizador *Focus* del software *PCI Geomatics*, posteriormente se elige en la barra de herramientas del visualizador la opción *Analysis* y después *Atmospheric Correction*, se despliega una ventana que se llama *Atmospheric Correction*

Configuration en la cual se pide que se ingresen algunos de los metadatos de la imagen, llenando las siguientes opciones de la ventana de configuración:

- a) Imagen a Procesar, archivo al que se le aplicara el proceso
- b) Configuración de la Información de Elevación; se elige *DEM(ATCOR3)* se elige la imagen a procesar para definir el canal en donde se encuentra el modelo digital de elevación y se definen las unidades
- c) Información del Sensor; se define el tipo de sensor, el tamaño de pixel, la fecha y el archivo de calibración
- d) Información Atmosférica; se define el tipo de cobertura al que se le aplicara la corrección y el periodo al que corresponde la imagen
- e) Parámetros de Corrección; se define el Zenit Solar, el *Azimuth* solar, visibilidad y adyacencia

Ya que están definidos todos los parámetros de esta ventana de configuración se elige la opción de aplicar, para continuar con la opción del nombre de *ATCOR MetaLayer* en donde con botón secundario se despliega un submenú en donde se elige la opción *Run Atmospheric Correction* y se despliega una nueva ventana de configuración en donde se llenan las siguientes opciones:

- Tipo de corrección, se elige la opción de Condiciones de variación espacial para *SPOT* y condiciones constantes para *Landsat*.
- Nombre de salida de la imagen, se le define un nombre al archivo
- Valores agregadas a los datos de salida, sólo se elige la opción de Albedo y se le asigna un nombre de salida

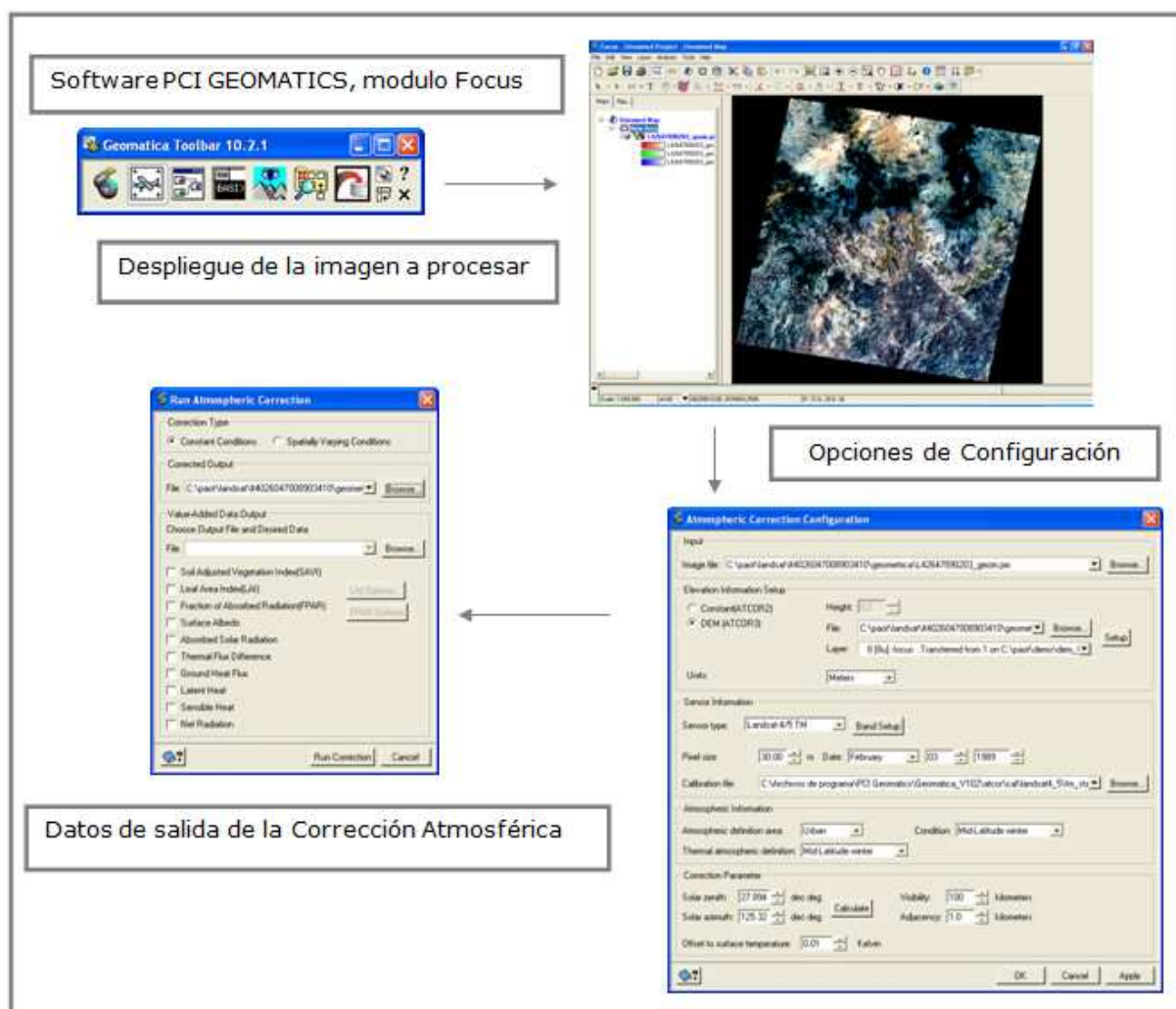


Figura 7. Esquema del Proceso de Corrección Atmosférica

El resultado de la corrección atmosférica es una imagen de la superficie de reflexión a escala con un rango de 0 a 255 para los datos de 8-bits y 65.535 para los datos de 0 a 16-bits. Si usted desea los valores sin escala o los valores en porcentaje de reflectancia, habrá que dividir los valores escalados datos de 8-bits por 4 y por 10 para los datos de 16-bits. Por ejemplo, 150 dividido por 10 es igual a 15% de reflectancia para una imagen de 16-bits. La Figura 7 presenta un esquema del proceso de Corrección Atmosférica.

Datos de campo, selección de puntos y precisión espacial

El empleo y la selección de datos de campo empleadas para el presente estudio, están basados en la información cartográfica y dasométrica de 296 conglomerados, información proporcionada por la Procuraría Ambiental y de Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT), con participación de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA-Distrito Federal), la Comisión de Recursos Naturales del Distrito Federal (CORENA) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Para el análisis selección y empleo de esta información, se decidió clasificar el universo completo de conglomerados en dos sistemas (Figura 8).

El sistema primario está basado en un inventario realizado por el INIFAP (2010a) dentro del proyecto *Estimación de captura de carbono como indicador del estatus del derecho de los habitantes del Distrito Federal a gozar de áreas verdes urbanas adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar*, el cual consta de 50 conglomerados obtenidos durante los meses de enero a marzo del 2010 dentro del componente “Estimación de almacenamiento de carbono en el Suelo de Conservación del Distrito Federal”. El sistema secundario consta de los 246 puntos restantes con información dasométrica proporcionada por la PAOT proviene del estudio denominado “Inventario y Monitoreo de los Ecosistemas Forestales en el Suelo de Conservación del Distrito Federal” realizado por la SMA-Distrito Federal (2008).

Cabe mencionar sin embargo que a partir de todos estos conglomerados, se estimó el contenido de carbono en las áreas forestales y agrícolas del Suelo de Conservación del Distrito Federal, por lo que el contenido de información de cada uno de los conglomerados se considera como mínimamente suficiente.

Todos los conglomerados, entendidos como unidades de muestreo son los elementos empleados para seleccionar las muestras de densidad de cubierta, parámetro obtenido del trabajo de campo reportado en las hojas de campo entregadas a CentroGEO, para cada uno de los conglomerados y sitios de acuerdo con la descripción realizada en el reporte final del proyecto “Estimación de captura de carbono como indicador del estatus del derecho de los habitantes del Distrito Federal a gozar de áreas verdes urbanas adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar” en su componente “Metodología de selección de sitios de muestreo y procesamiento de datos de almacenamiento de carbono para estimar la tendencia de estos servicios a futuro”.

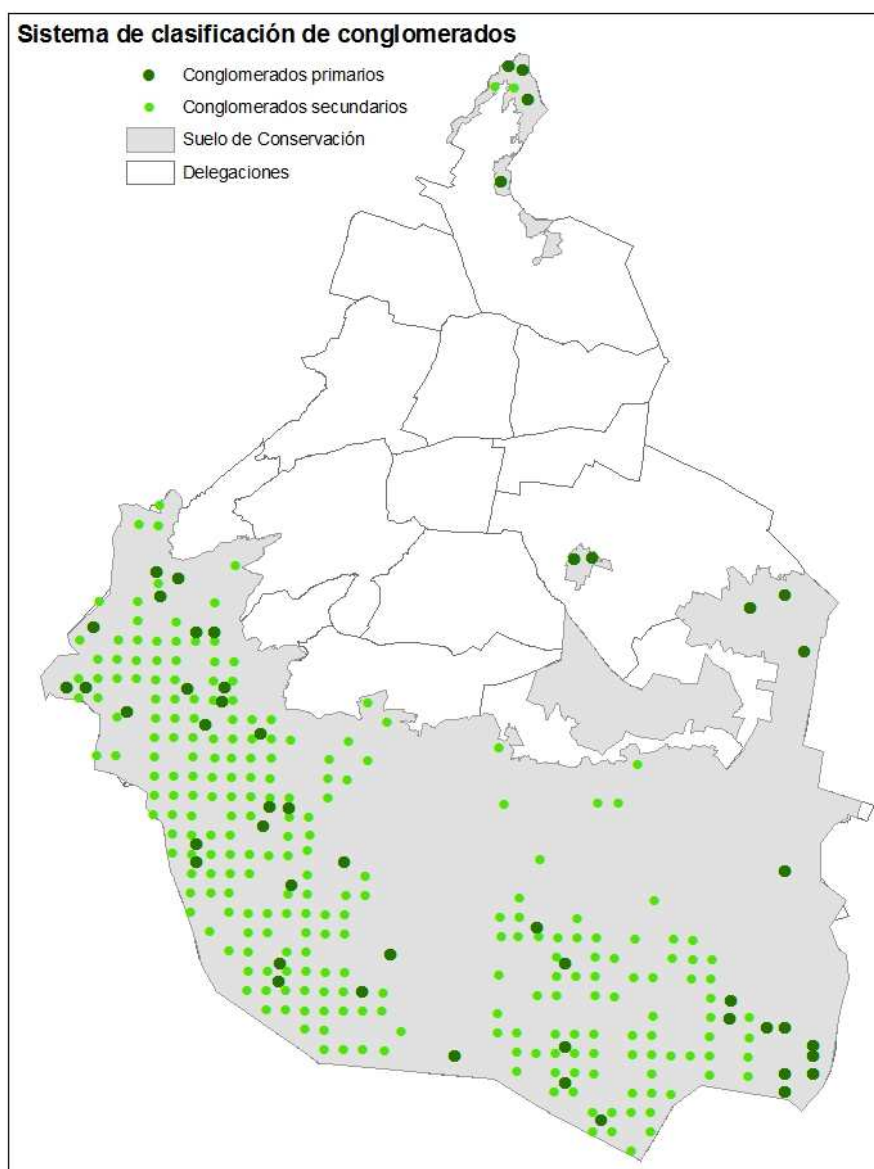


Figura 8. Sistema de clasificación de conglomerados para datos de campo

En dicho documento se define el tamaño y la forma de las unidades de muestreo para la toma de datos de acuerdo con la metodología reportada por el Inventario Nacional Forestal y de Suelos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). En donde cada conglomerado está integrado por cuatro unidades de muestreo secundarias o subparcelas circulares dispuestas en forma de una “Y invertida”; cada una de estos sitios es de 400 m². La parcela circular central identifica al conglomerado y las tres restantes se encuentran a 45.14 m de ella de acuerdo con el esquema mostrado en la Figura 9.

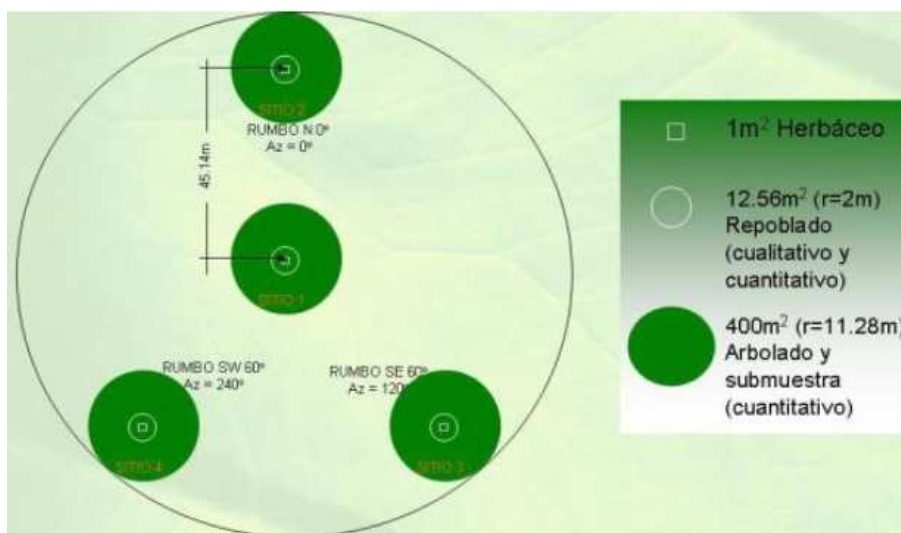


Figura 9. Configuración de conglomerados empleados

De acuerdo con las hojas de campo, para cada unidad de muestreo se evaluaron los elementos arbóreos cuyo diámetro normal fue mayor a 7.5 cm, registrando las siguientes variables: Nombre científico y común de la especie arbolada, diámetro normal (cinta métrica), su altura total (pistola Haga) y en el caso de las coníferas, se registró también la edad (Taladro de Pressler).

Se registra además la pendiente, la cobertura, la exposición, la altitud y la ubicación de la parcela central (sitio 1), y finalmente se reporta el azimut y distancia de cada individuo con respecto del centro de la parcela. Cabe mencionar que la mayoría de las hojas de campo entregadas, no presentan datos suficientes de azimut y distancia, por lo que la reconstrucción de la distribución de individuos por parcela no será en todos los casos posible. Todos los conglomerados incorporados, tanto los primarios como secundarios presentan un patrón sistemático y se distribuyen en los siguientes tipos de vegetación: bosque inducido, bosque mixto, matorral, oyamel, pino, pastizal y áreas agrícolas (Figura 6). Los 50 conglomerados del sistema primario de acuerdo con el reporte y componente mencionados, se asignaron en aquellas regiones en donde la información dasométrica proporcionada por la PAOT carecía de datos.

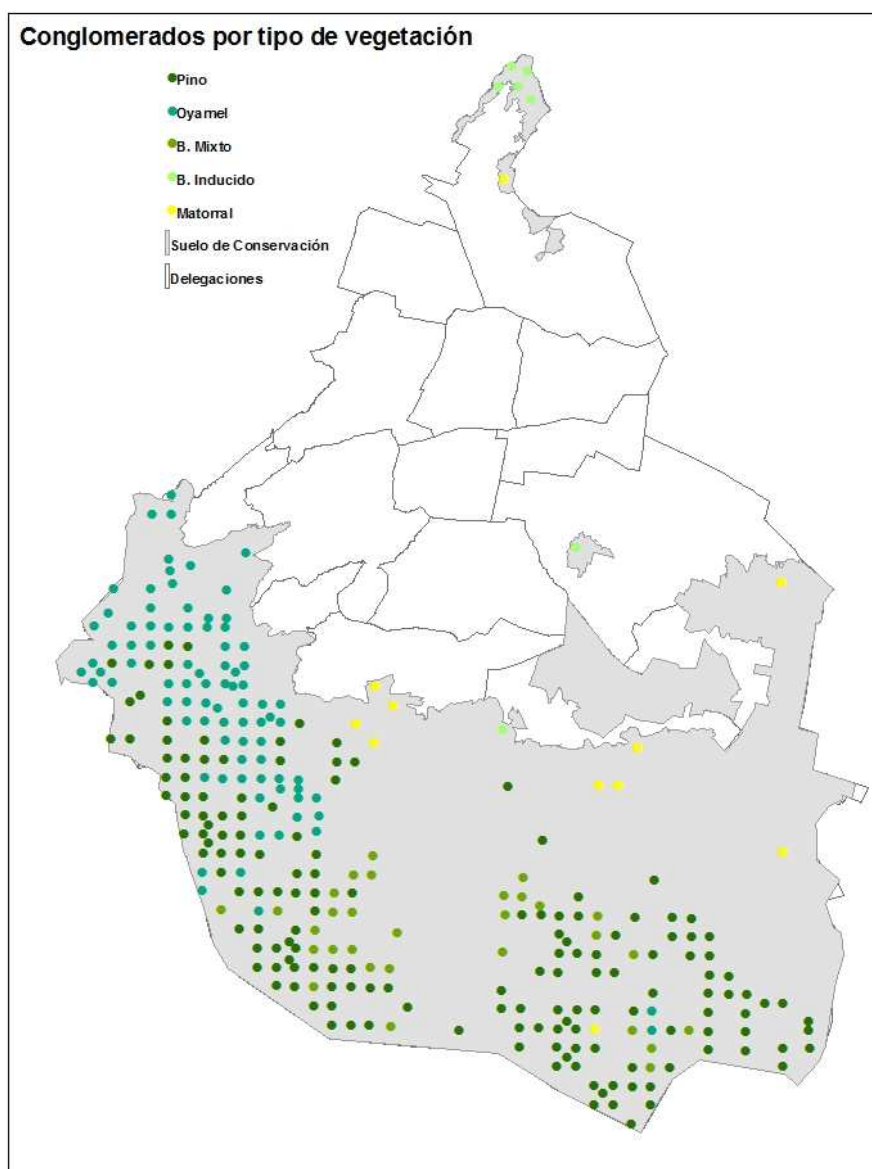


Figura 10. Tipos de vegetación en conglomerados para datos de campo

A partir del análisis de la distribución, cantidad y contenido de información de los conglomerados, se establecen los siguientes criterios para la selección de puntos de los datos de campo proporcionados para la realización de este estudio:

- El sistema primario de conglomerados, se empleará exclusivamente para la validación de los resultados obtenidos sobre cubierta forestal. Es decir, serán los elementos centrales del esquema de validación propuesto
- Los conglomerados del sistema secundario con una densidad arbórea importante, serán considerados como sitios de muestreo de acuerdo con la metodología establecida para el presente estudio

- En función de las pruebas de verificación realizadas en campo, se decidirán las variables a considerar dentro de la construcción del parámetro biofísico de “densidad de cubierta forestal”. Hasta ahora se han seleccionado parámetros de especie, altura, diámetro, densidad y arboles por hectárea

Debido a que en ninguno de los informes entregados, se especifica el tipo de equipo de Posicionamiento Global empleado en el levantamiento de los conglomerados, se asumen de antemano errores de precisión en la ubicación de los sitios. Esperando que estos sean menores a los valores de RMS que se reportaran al final del estudio.

Sin embargo para garantizar valores homogéneos en cuanto a la incertidumbre en la ubicación, se llevará a cabo un proceso denominado precisión espacial que permite ajuste de las imágenes previamente corregidas tanto geométrica como atmosféricamente respecto a una imagen de alta resolución espacial como lo es la imagen *QuickBird* proporcionada por PAOT, se busca que al final de todos los procesos realizados la sobreposición de capas generadas se ajuste de manera precisa a dicha imagen.

Este ajuste se realiza con un proceso de orto rectificación el cual consiste al igual que la corrección geométrica en la colocación de puntos en dos imágenes, sin embargo, este proceso toma en consideración el dato de elevación que se extrae de un modelo digital de elevación de la zona de estudio.

El proceso de ajuste comienza con un recorte de las imágenes tanto *SPOT* como *Landsat*, este recorte se realiza por que la imagen de alta resolución solo cubre el área referente al Distrito Federal dejando fuera área colindante que está presente en las imágenes SPOT y Landsat, con este recorte se elimina un alto grado de distorsión en las imágenes orto rectificadas resultantes.

Una vez que se recortan las imágenes, en el software *PCI Geomatics* en el modulo de *OrthoEngine* se comienza con la transferencia de un archivo *orbit* (archivo digital con datos propios del sensor) para que se pueda realizar la orto rectificación; posteriormente se define el método de modelo matemático que es el de modelo de satélite óptico, se definen parámetros cartográficos, se despliega la imagen no corregida y la imagen de referencia, se inicia la exploración y ubicación de rasgos para la colocación de puntos en ambas imágenes, es importante mencionar que al aceptar cada punto se extrae el valor de elevación de ese punto, se coloca una cantidad de puntos considerables hasta alcanzar un error cuadrático cercano a 1, ya que se tiene ese error cuadrático se registra la imagen definiendo los parámetros de salida, que son:

- a) Canales de entrada de la imagen incorrecta
- b) Nombre de salida de la imagen corregida
- c) Archivo del modelo digital de elevación

d) Método de Remuestreo

Una vez definidos los parámetros de salida, se elige la opción de aceptar y el proceso inicia; la Figura 11 presenta un esquema del método de ortorrectificación para el proceso de Precisión Espacial.

Cabe mencionar que este procedimiento de ortorrectificación, tiene sentido en cuanto es necesario el ajuste entre toda la serie de imágenes empleadas para la estimación tanto de la cubierta forestal, como para los resultados del análisis tendencial de la misma. De tal manera, que para llevar a cabo este procedimiento, además de realizarlo con sumo detalle, origina un retraso en los mismos, incluye la realización de un ejercicio de verificación de precisión con respecto de la imagen *QuickBird* proporcionada por PAOT como referencia espacial.

Lo anterior será llevado a cabo tanto en campo como en gabinete, mediante una serie de ejercicios de cálculo de errores medios (RMS). Lo que permitirá una mejor precisión en el cálculo tanto de áreas de cubierta forestal como estimaciones de deforestación y por consiguiente a los resultados del análisis tendencial de la misma.

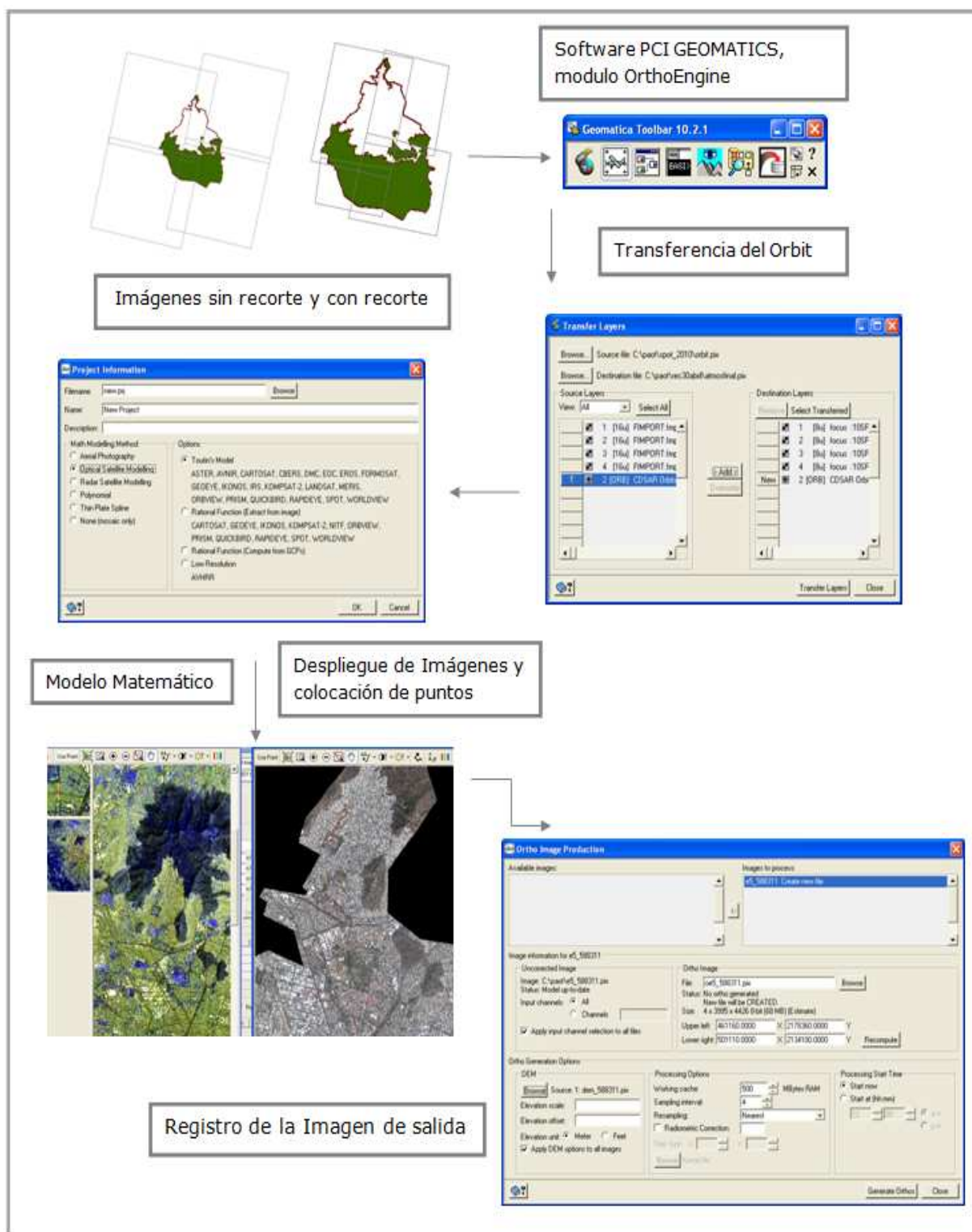


Figura 11. Esquema del Proceso de Precisión Espacial (Orto rectificación)

Análisis de regresión logística multivariada

A partir del año 2003, CentroGeo diseñó e implementó las pruebas de concepto con el propósito de generar información a nivel regional que permitiera la evaluación y el monitoreo de la cubierta forestal. Uno de los requisitos primarios del monitoreo de la cubierta forestal, es contar con evaluaciones

periódicas y consistentes de la cobertura forestal. Durante varios años, el recurso de información del programa *LANDSAT*, ha generado información por varias décadas. Sin embargo, debido a los problemas con el corrector lineal del escáner del instrumento esencial, se originó un grave problema de “bandeamiento” en las imágenes del sensor *ETM+*, lo que repercutió en la imposibilidad de empleo de las imágenes generadas por dicho satélite.

Para este estudio, se propone una metodología que permite la generación de estimaciones de cobertura forestal a partir de imágenes *SPOT*, que fueran comparables con las obtenidas de las imágenes *LANDSAT*. Esta tarea no es un asunto trivial, ya que las características espaciales y espectrales de ambos satélites son muy diferentes entre sí, lo que genera un reto interesante de investigación en el proceso de Percepción Remota (Figura12).

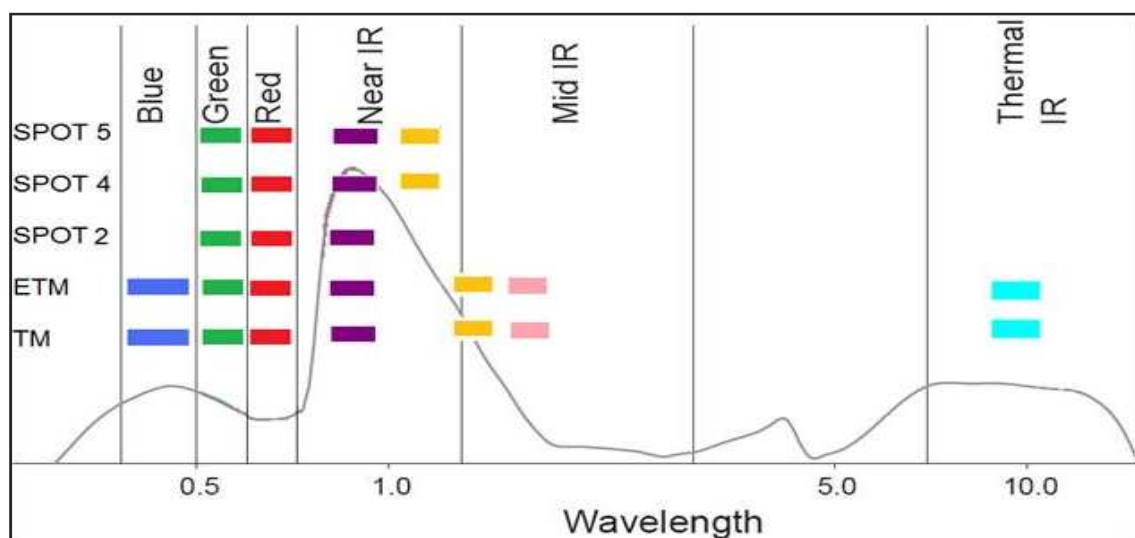


Figura 12. Diferencias espectrales entre los sensores *Landsat* y *SPOT*

Sin embargo, es posible plantear una metodología que permita, en conjunto, generar información consistente de la cobertura general a partir del empleo de diferentes satélites; con un grado suficiente de comparación entre ambos. La manera en la que se realiza este procedimiento es a partir de métodos de regresión logística multivariada.

Éstos métodos se emplean cuando el número de variables explicatorias es mayor a uno; ya que permiten mostrar la relación entre una variable, en este caso la cubierta forestal, y una serie de variables que la definen, determinadas en esta caso a partir de las transformaciones necesarias para la extracción de rasgos espectrales de las imágenes empleadas y variables topográficas extraídas de un Modelo Digital de Elevación.

Dichas transformaciones consisten en la estimación de índices de brillo (TCT *brightness*) verdor (TCT *greenness*) y humedad (TCT *wetness*) para el caso de las imágenes *Landsat*; estadísticas focales de las bandas verde rojo e infrarrojo cercano del sensor *SPOT*; índices de vegetación y variables topográficas.

El caso de las transformaciones TCT (Tasseled Cap Transformation) tanto para *Landsat* en sus sensores *TM* y *ETM+*, son una herramienta útil para la

compresión de los datos del espectro en varias bandas vinculadas a las características físicas de la escena (Crist & Cicone, 1984). Construido originalmente para la comprensión de importantes fenómenos del desarrollo de los cultivos en el espacio espectral (Kauth & Thomas, 1976), la transformación tiene aplicaciones potenciales en la revelación de los atributos clave de bosques incluidas las especies, edad y estructura.

En cuanto a las estadísticas focales para el caso de las imágenes SPOT-5, se trata de operaciones de vecindad que permiten resaltar en vecindades los valores de un conjunto de píxeles, expresados ya sea como su promedio, máximo, mínimo, moda, valor mayor o menor. Son operaciones de frecuencia espacial que representan la tasa de cambio de los valores de reflectancia con sus vecinos dentro de una imagen (Richards & Jia, 1993).

Este procedimiento, permite generar a partir de imágenes SPOT-5 de 10 m de tamaño de píxel, en valores re muestreados en vecindarios de 3 x 3 valores de reflectancia con un tamaño de píxel de 30 m, valores homologables a los obtenidos mediante datos de los satélites *Landsat*.

La mayoría de los índices de la vegetación se agrupan ampliamente en tres categorías. La primera categoría tiene índices intrínsecos, tales como el RVI (*Ratio Vegetation Index*), el GRVI (*Green Ratio Vegetation Index*), y el NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). La segunda categoría están relacionados con la línea de suelo, tales como el SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) y el (*Optimized Soil Adjusted Vegetation Index*). La tercera categoría está constituida por los índices ajustados atmosféricamente, tales como SLAVI (*Specific Leaf Area Vegetation Index*) y NCI (*Normalized Canopy Index*). A continuación se muestran los índices de vegetación propuestos en el análisis de este estudio y que pueden construirse a partir del empleo de dos o más bandas del satélite SPOT-5 (Tabla 4)

Para el presente estudio, se ha optado por incluir exclusivamente índices ajustados atmosféricamente, en particular se realizarán pruebas tanto con *SLAVI* como con *NCI* respectivamente, tratando de resaltar parámetros presentes en la cubierta forestal.

Finalmente se incluyen las variables topográficas de elevación, pendiente, obtenidas a partir del Modelo Digital de Elevación con datos SRTM (Mora *et al.*, 2007).

Toda esta información se utiliza como una herramienta descriptiva de los patrones de reflectancia/absorción de los diferentes rasgos en la superficie terrestre, y permitirá la identificación de diferentes tipos de superficies de diferenciación de la cobertura forestal.

Como se mencionó en un principio la técnica de reconocimiento de patrones empleada para la obtención de la cobertura forestal está basada en la aplicación de modelos de regresión logística multivariada (Ecuación 1). Este modelo empleado para la obtención de probabilidad es un método estadístico que incorpora una serie de variables independientes tales como:

transformaciones espectrales y espaciales, índices de vegetación e información topográfica obtenida de un Modelo Digital de Elevación. Esta ecuación plantea, en este caso, como variable dependiente, la probabilidad de que un píxel pueda ser considerado cobertura forestal explicada a partir del número de factores planteados anteriormente para cada uno de los diferentes sensores. Clasificando con ello la probabilidad de cubierta forestal expresada como porcentaje.

$$P = \frac{1}{1+e^{(a+b*x_1+\dots+n*x_n)}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Acronimo / Índice	Algoritmo *	Descripción y uso	Referencia
RVI: Ratio Vegetation Index	$RVI = \frac{\rho_{NIR}}{\rho_{RED}}$	Relacionado con los cambios en la cantidad de biomasa, contenido y concentración de pigmentos verdes	Jordan (1969)
GRVI: Green Ratio Vegetation Index	$GRVI = \frac{\rho_{NIR}}{\rho_{GREEN}}$	Relacionado con los cambios en la pared verde	Jordan (1969)
DVI: Difference Vegetation Index	$DVI = \rho_{NIR} - \rho_{RED}$	Resalta la condición de vigor de la cubierta vegetal	Tucker (1979)
GDVI: Green Difference Vegetation Index	$GDVI = \rho_{NIR} - \rho_{GREEN}$	Resalta condiciones asociadas a la pared verde	Tucker (1979)
NDVI: Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED})}$. Los valores son normalizados por la cantidad de radiación incidente, reduciendo así el impacto de factores tales como pendiente y aspecto	Rouse <i>et al.</i> (1974)
GNDVI: Green Normalized Difference Vegetation	$GNDVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{GREEN})}{(\rho_{NIR} + \rho_{GREEN})}$	Emplea la banda verde para determinar influencias del nitrógeno en el color de la hoja	Gitelson <i>et al.</i> (1996)
SAVI: Soil Adjusted Vegetation Index	$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED} + L)}$	L se extiende a partir de 0 para cubiertas con mucha vegetación a 1 para cubiertas con muy poca vegetación.	Huete (1988)
OSAVI: Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	$OSAVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED} + 0.16)}$	Optimiza el valor de L en la reducción de los efectos de brillo del suelo	Rondeaux <i>et al.</i> (1996)
NLI: Non-Linear Index	$NLI = \frac{(\rho_{NIR}^2 - \rho_{RED}^2)}{(\rho_{NIR}^2 + \rho_{RED}^2)}$	Apunta a linearizar las relaciones con los parámetros superficiales que tienden a ser no lineales	Goel y Quin (1994)
GILI: Green Non-Linear Index	$GILI = \frac{(\rho_{NIR}^2 - \rho_{GREEN}^2)}{(\rho_{NIR}^2 + \rho_{GREEN}^2)}$	Lineariza parámetros superficiales relacionados con la banda verde	-
GSAVI: Green Soil Adjusted Vegetation Index	$GSAVI = \frac{(1+L)(\rho_{NIR} - \rho_{GREEN})}{(\rho_{NIR} + \rho_{GREEN} + L)}$	Empleado para determinar requerimientos de nitrógeno en los cultivos de maíz	Huete (1988)
GOSAVI: Green Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	$GOSAVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{GREEN})}{(\rho_{NIR} + \rho_{GREEN} + 0.16)}$	Mejor ajuste en la determinación de requerimientos de nitrógeno	Rondeaux <i>et al.</i> (1996)
NDWI: Normalized Difference Water Index	$NDWI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{MIR})}{(\rho_{NIR} + \rho_{MIR})}$	Empleado para determinar presencia de agua en la vegetación	Gao (1996)
SLAVI: Specific Leaf Area Vegetation Index	$SLAVI = \frac{\rho_{NIR}}{(\rho_{RED} + \rho_{NIR})}$	Empleado para determinar el área específica de la hoja	Lymburner (1996)
NCI: Normalized Canopy Index	$NCI = \frac{(\rho_{MIR} - \rho_{GREEN})}{(\rho_{MIR} + \rho_{GREEN})}$	Apunta a linearizar relaciones con parámetros empleando las bandas verde e infrarrojo medio	Vescovo y Gianelle (2007)

* GREEN: Banda Verde; RED: Banda Roja; NIR: Banda Infrarrojo cercano; MIR: banda Infrarrojo medio

Tabla 4. Índices de vegetación obtenibles a partir de SPOT-5

La manera en la que se generan la selección de los valores con los que se ejecuta la regresión, corresponde a la construcción de una máscara binaria de puntos, que incluyen las categorías de “bosque” y “no bosque”, elaborada a partir de los conglomerados del sistema secundario, de donde a partir de los elementos visuales de tono, forma, tamaño, patrón, textura, sombra, y asociación extraídos de dichos conglomerados, se elabora la malla binaria con una densidad de puntos cada 4 km, que se emplean para la regresión.

Finalmente la manera en la cual se validan los resultados de la regresión es a partir del test estadístico Chi-cuadrado, el cual nos permite determinar si las variables están o no asociadas. Si al final del estudio concluimos que las variables no están relacionadas podremos decir con un determinado nivel de confianza, previamente fijado, que las variables empleadas son independientes.

Porcentaje de bosque

A partir de los resultados obtenidos se genera una probabilidad binaria de que un pixel en la imagen corresponda o no a la clase forestal, obteniéndose con ello una cubierta binaria acerca de la cubierta forestal. Esta elección del umbral a partir del cual se define la clase cubierta forestal, está en función de la definición planteada para este estudio en este informe; y que será afinada durante la realización del mismo. Ya que tanto su definición como su eventual verificación y validación, permitirán un ajuste más cercano a la realidad para el Suelo de Conservación del Distrito Federal.

Esta determinación es crucial, ya que de ello depende, tanto el cálculo de los valores de cantidad de cubierta forestal reportado para las diferentes fechas previstas en el estudio, así como sus respectivos cálculos de tasas de deforestación o recuperación según sea el caso. Además de que determinan de manera significativa, los resultados de los análisis tendenciales futuros, planteados en este estudio para un horizonte a futuro de 25 años.

Por tal motivo, la selección del umbral a partir del cual se define cubierta forestal, será definida de manera concluyente hasta el final del proyecto, garantizando con ello que su elección dependa de todo el proceso de trabajo y no sólo de sus primeras etapas. Es decir, es necesario esperar a incorporar todos los resultados del protocolo de acuerdo con el esquema de validación propuesto para este estudio. Sin embargo para efectos del análisis tendencial, este será generado con la definición del umbral del 20%, la cual permitirá la generación de resultados, que posteriormente serán ajustados de acuerdo con los resultados obtenidos.

Esquema de validación

Que un protocolo de muestreo cumpla los requisitos de un diseño de muestreo probabilístico, es el criterio de diseño más importante. Los diseños de muestreo de probabilidad permiten el pleno apoyo de la inferencia basada en el diseño

para justificar el rigor de la exactitud estimaciones derivadas de la muestra (Stehman 1997).

Existen muchos y diversos procedimientos para el establecimiento de un esquema de validación. A continuación se resaltan algunas razones a considerar para la selección de uno u otro. La razón primaria para agrupar píxeles en grupos a la hora de la validación, es reducir el gasto de toma de datos de referencia. Por ejemplo, si los datos de referencia se obtienen mediante visitas sobre el terreno, la agrupación de los píxeles de la muestra por conjunto reduce los gastos de viaje. Si los datos de referencia se obtienen mediante la interpretación de fotografías aéreas, videografía, o imágenes de satélite, la agrupación de los píxeles de la muestra da una ventaja de costos, ya que reduce el número de fotografías o imágenes que podrían ser requeridos. La desventaja potencial del muestreo por conglomerados es que si el error de clasificación está altamente auto-correlacionado, el muestreo por conglomerados puede producir grandes errores con respecto a un diseño sin agrupar del mismo costo. Dos etapas de muestreo por conglomerados pueden reducir considerablemente los costos relativos, la primera es buscar la disminución de la varianza atribuible a la correlación positiva dentro del error de clasificación y la segunda es la generación de expresiones analíticas para la cuantificación de costos y comparaciones en la precisión de los *clústers* de muestreo existentes, pero la aplicación de esta teoría requiere cuantificar la correlación intra e inter *cluster* del error de clasificación, y las estimaciones fiables de estas cantidades son a menudo difíciles de obtener porque los tamaños de muestra que se necesitan son relativamente grandes (Cochran, 1977).

Históricamente, las ventajas del muestreo por conglomerados se han considerado en términos del equilibrio entre la precisión de los estimadores de precisión en función del tamaño del clúster (Moisen *et al*, 1994; Stehman, 1997). Revisar la función de muestreo por conglomerados se justifica porque los objetivos de precisión extendida, por ejemplo, la exactitud del patrón de paisaje y la composición de la cubierta vegetal, y el cambio neto, requieren datos de referencia recogidos para la evaluación de las unidades más grandes que un pixel. El muestreo de conglomerados presenta una estructura natural de recogida de datos de referencia de diferentes unidades de dimensión de evaluación, una necesidad para evaluaciones de precisión multiescala. La decisión de emplear conglomerados ya no puede hacerse únicamente sobre la base de precisión frente a los costos, sino que ahora también es necesario considerar si los requisitos para los datos de referencia de un conjunto ampliado de los objetivos de la precisión buscada, son mejor satisfechos por muestreo único que por conglomerados.

Los estratos son grupos de píxeles concebidos de manera que cada píxel pertenece exactamente a un estrato y forma una partición de los estratos de la población de todos los píxeles. Los estratos más a menudo se construyen sobre la base de la clase mapa (categoría que se pretende evaluar) de cada píxel o basadas en la localización espacial de cada píxel (es decir, la estratificación espacial o geográfica). Normalmente la razón de estratificación

por clases de mapa es asignar un tamaño de muestra desproporcionada en relación con las clases raras de cobertura (categorías que no se evalúan) para el objetivo de la estimación precisa de la exactitud de usuario de clase específico.

La estratificación geográfica también puede ser usada para controlar la asignación de la muestra, como por ejemplo, cuando la intención es aumentar el tamaño de la muestra dentro de una o más áreas geográficas relativamente pequeñas. Otro de los motivos para la estratificación geográfica es construir una muestra espacialmente equilibrada. Al particionar la región de interés en áreas o celdas del mismo tamaño (por ejemplo, cuadrados o hexágonos) y tomar muestras de cada celda con igual probabilidad la muestra se puede garantizar como bien distribuida espacialmente, convirtiéndola en una muestra sistemática (De Grujter *et al*, 2006). La estratificación geográfica se puede utilizar para controlar los costos, por ejemplo, la estratificación por la distancia de una carretera y luego con mayor intensidad de muestreo en el estrato cerca de la carretera (Edwards *et al*, 1998). Dado que la muestra de selección en cada estrato se aplica independientemente de los otros estratos, el muestreo estratificado permite la opción de utilizar diferentes diseños de muestreo en los diferentes estratos. La estratificación por lo tanto proporciona flexibilidad para adaptar el diseño para hacer frente a diferentes necesidades en diferentes estratos.

Una vez que las decisiones de si incluir o no grupos y estratos se han alcanzado, todavía queda por elegir el protocolo de asignación al azar de cómo se seleccionarán las unidades de muestreo. Los detalles de la aplicación de los protocolos de selección aleatoria simple y sistemática se pueden encontrar en los textos básicos de muestreo (Cochran, 1977; Lohr, 1999).

El muestreo aleatorio simple (SRS) es un protocolo general. La selección de uso múltiple que es fácilmente aplicable a seleccionar una muestra de las agrupaciones, una muestra de las unidades dentro de un grupo (de dos etapas de muestreo en racimo), o una muestra de unidades de un estrato. El muestreo sistemático (SYS) es generalmente motivado debido a su facilidad de aplicación en el campo y porque alcanza el criterio de equilibrio territorial, por tanto, también tiende a producir una mejor precisión que la SRS. Las desventajas potenciales de SYS son que puede conducir a una mala precisión si el intervalo de muestreo coincide con la periodicidad en la población (por ejemplo, si el error de clasificación es espacialmente periódico), y no es posible construir un estimador sin sesgo (o robusto) de la varianza. Ambos muestreos SRS y SYS pueden compartir la función de los diseños de muestreo probabilístico (es decir, cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado en la muestra).

Otros protocolos de selección que merecen alguna consideración para aplicaciones de evaluación de la exactitud en racimo son los muestreos adaptativos (ACS) (Thompson & Seber, 1996) y los Muestreo de Teselación General Aleatoria Estratificada (GRTS) (Stevens & Olsen, 2004). ACS es un protocolo de selección de la muestra construida de manera eficiente. Es posible la aplicación de ACS para evaluación de la fiabilidad del cambio porque el

cambio es raro y generalmente espacialmente agrupado. GRTS es un protocolo innovador, que logra el equilibrio espacial y conserva su propiedad de aleatoriedad, incluso cuando haya una considerable falta de respuesta. Una aplicación potencial de GRTS sería cuando se requieren las visitas a campo para obtener la clasificación de referencia, pero muchos lugares de la muestra son inaccesibles porque el terreno es difícil o remoto o un propietario del terreno no permite el acceso.

Si el suelo de referencia para clasificación de la cubierta se deriva de fotografías aéreas o imágenes de alta resolución obtenidas por satélite, entonces el problema de falta de respuesta suele ser menor (la cubierta de nubes frecuentes pueden ser una excepción), y puede ser más sencillo para lograr la ventaja del equilibrio territorial de GRTS mediante el uso de la estratificación geográfica o SYS. Por lo general, la elección de un protocolo de selección distinta del muestreo SRS o SYS incurrirá en un cierto aumento en la complejidad del diseño o análisis, y la desventaja de esto debe ser sopesada en relación con las ventajas que puedan resultar de la elección de un protocolo de selección más complejo.

Para este estudio se propone un esquema de validación, jerárquico, conformado por 3 niveles que constituyen el elemento principal del protocolo de muestreo. Este proceso se realiza en el software ArcGis y consiste en la generación de 3 tipos de coberturas, a) Estrato y regionalización de la imagen en zonas heterogéneas, b). Bloques, cuadrados regulares de 4km x4km dentro de las zonas heterogéneas de manera sistemática, c) Conglomerados de píxeles o puntos, grupos de píxeles distribuidos de manera aleatoria dentro de los bloques dependiendo de la resolución de la imagen de satélite. Mostrado a continuación en la Figura 13.

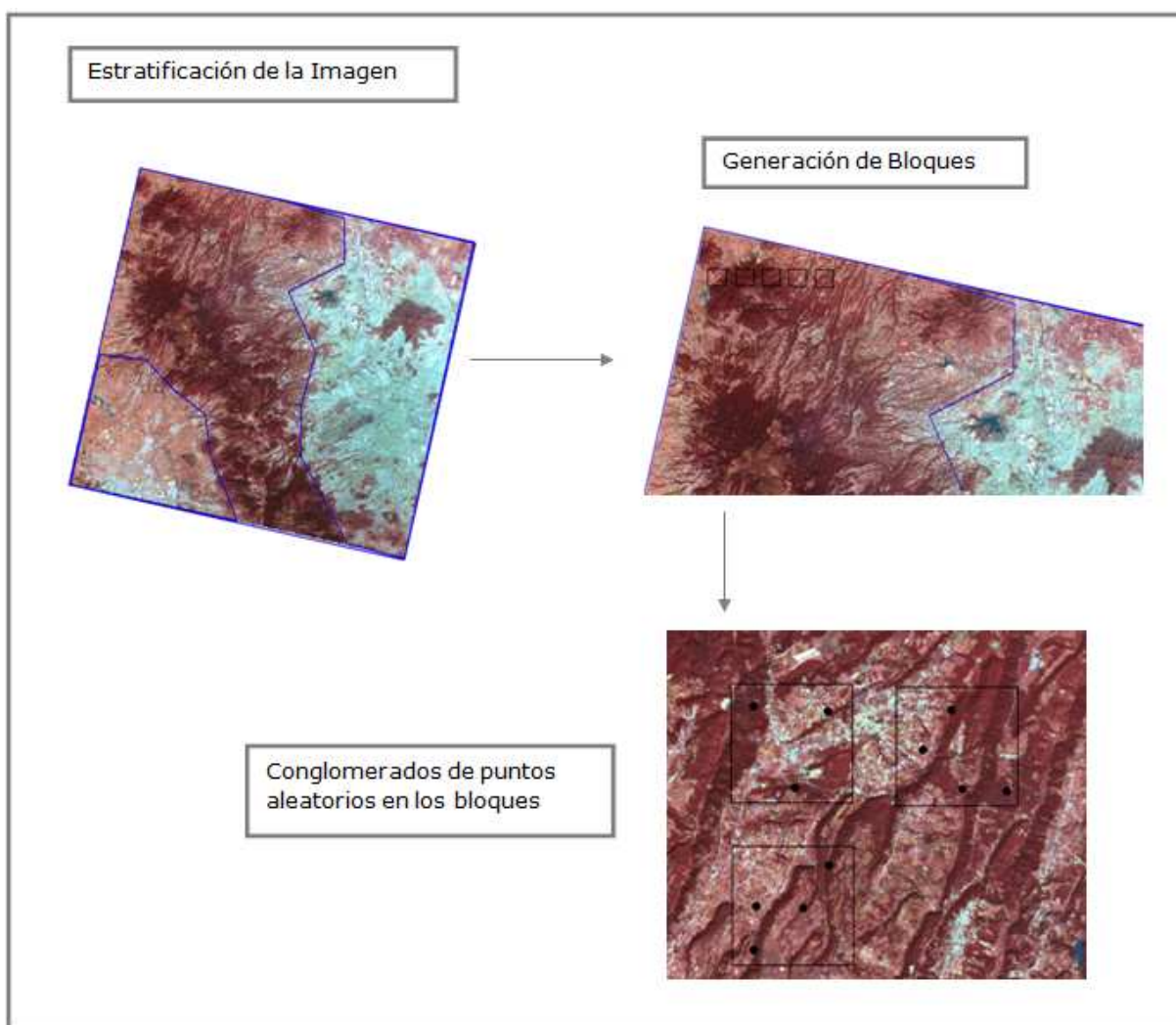


Figura 13. Esquema del proceso de Validación

El proceso comienza con la creación de un archivo formato vectorial con los parámetros cartográficos de la imagen a validar, el archivo debe de ser de tipo polígono y en su base de datos se hace un campo en donde se describirá el tipo de capa a la que corresponde; una vez creado el archivo vectorial se despliega la imagen de satélite y se pone en edición el archivo de las capas, se comienza con una regionalización burda de la imagen, identificando zonas de manera visual que sean separables entre sí, ya que se hace la regionalización se continua con la generación de bloques dentro de los estratos definidos con anterioridad, estos bloques son cuadrados regulares de 4km x 4km generados de manera sistemática; después de crear los estratos y los bloques, se generan los conglomerados de píxeles o puntos ubicados de manera aleatoria dentro de los bloques.

Edición cartográfica

Una vez obtenidos los resultados sobre cubierta forestal, se procederá a editar la información, eliminando todos aquellos parches de bosque menores a una hectárea, de acuerdo con la definición planteada al principio de este

documento. Por lo que el área mínima mapeable corresponderá a grupos de 9 pixeles cuyo cálculo de área es de 0.81 ha.

Los productos cartográficos resultantes, se entregaran en formato *raster* con una resolución espacial de 30 metros en el sistema de coordenadas correspondiente a la proyección UTM Zona 14 Norte Datum WGS84. Reportando para cada uno de ellos el valor de precisión general expresado en metros.

Finalmente para efectos de producción cartográfica, los productos resultantes, se expresarán exclusivamente para los polígonos que definen el Suelo de Conservación del Distrito Federal

Resultados esperados del análisis tendencial

Con los resultados obtenidos, se realizaran los cálculos de las tasas de deforestación anual, calculadas para comparar el área bajo cubierta forestal en la misma región para las diferentes fechas de toma.

De acuerdo con la FAO (2005), la tasa de deforestación anual es derivada de la fórmula de interés compuesto. De la misma forma, se emplea el cálculo estandarizado planteado por *Puyravaud* (2003).

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)} - 1$$

Donde:

A1 = superficie de bosque al inicio del periodo
 A2 = superficie de bosque al final del periodo
 t1 = año de inicio del periodo
 t2 = año final del periodo.

$$r = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \times \ln \frac{A_2}{A_1}$$

El cálculo de las tasas de deforestación, será global y calculado para las fachas promedio de las escenas para el periodo de tiempo de 1986 a 2010.

Otro de los resultados esperados es la obtención de patrones de fragmentación, que caractericen los resultados de cubierta forestal. La fragmentación de bosque se define, en este estudio, como “la desintegración de patrones existentes en la cantidad y continuidad de bosques”. Esta desintegración da como resultado diferentes categorías de bosque remanente:

- bosque interior
- bosque perforado
- fragmentación de borde
- fragmentación indeterminada
- fragmentación en transición

- fragmentación de parches

El análisis espacial de la fragmentación de bosques se realiza a través de un análisis de vecindarios sobre la información categórica de la cobertura forestal, en donde se estiman la cantidad de bosque y su continuidad de acuerdo con la Figura 14.

La cantidad de bosque [Pf] se estima a través del cálculo de la proporción de área que está cubierta con celdas que pertenecen a la categoría de bosque, en relación a una ventana de análisis:

$$Pf = \frac{\# \text{ pixeles de la categoría bosque}}{\# \text{ total de pixeles en la ventana}} = \frac{16}{25} = 0.64$$

Y la continuidad de bosque [Pff] se calcula como la probabilidad de adyacencia, dado que una celda de bosque, sus vecinos sean también bosque:

$$Pff = \frac{\# \text{ pares bosque}}{\# \text{ pares al menos 1 bosque}} = \frac{23}{32} = 0.72$$

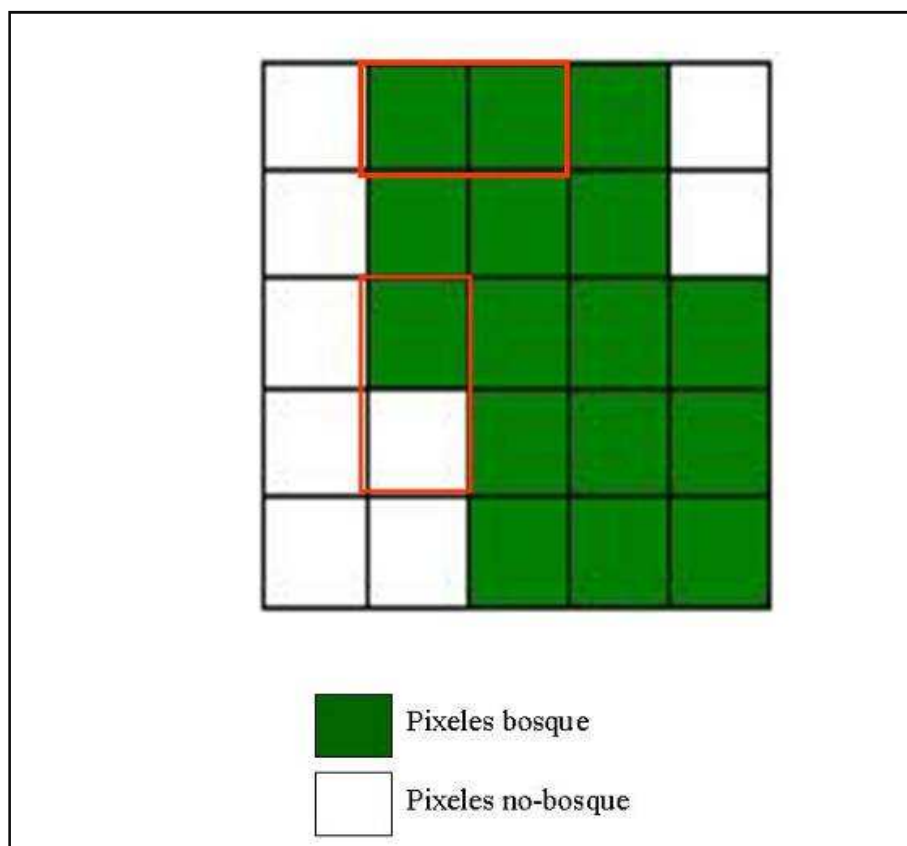


Figura 14. Cálculo de la cantidad de bosque [Pf] y su continuidad [Pff]

generación de cubierta forestal en subsecuentes fechas. Se emitirán también recomendaciones acerca de la periodicidad del monitoreo a futuro en virtud de la dinámica mostrada por los patrones de cubierta forestal. Y en general se acompañara la entrega final con una reflexión acerca de dinámica de la cubierta forestal.

Proyecciones de la cubierta forestal

A partir de los valores estimados para las tasas de deforestación y sus respectivos patrones de cubierta forestal del Suelo de Conservación del Distrito Federal para el periodo de tiempo 1986-2010, se realizarán proyecciones de cubierta forestal para un horizonte de tiempo de 25 años.

La metodología empleada para la estimación de las proyecciones de la cubierta forestal emplea un modelo de agotamiento exponencial, donde los patrones de la cubierta de campo expresados como la tasa de deforestación (r), es la “tasa continua de cambio” (Puyravaud, 2003):

$$CF_p = CF_0 e^{-rt}$$

En donde:

CF_p = cobertura forestal proyectada al tiempo $t+1$

CF_0 = cobertura forestal inicial al tiempo de la proyección

r = tasa anual de deforestación

t = periodo de proyección

Los resultados de las proyecciones obtenidas, tendrán que generarse, teniendo en cuenta todo el periodo de tiempo que comprende el estudio para lograr proyecciones adecuadas a los patrones espaciales que describen el cambio de la cubierta forestal para los últimos 25 años.

Para las estimaciones de las proyecciones a 25 años, se generaran tres escenarios distintos, correspondientes a los valores máximos, mínimos y promedio de las tasas anuales de deforestación para el periodo. De la misma manera, se pueden generar escenarios tendenciales con horizontes más cortos de tiempo, pudiendo variar la selección de fechas empleadas para llevar a cabo la proyección.

NOTA: De poderse incorporar otros insumos que definan de mejor manera la determinación de factores que aceleren la tasa de cambio en los patrones de cubierta forestal, podrán ser incorporadas al modelo de análisis tendencial. Tal es el caso de los asentamientos humanos irregulares.

AVANCES REPORTADOS

Prueba de concepto

Como primer paso en la generación de resultados y con el propósito de contar con un diagrama claro de la metodología propuesta para la derivación de información de la cubierta forestal y darle sentido al estudio denominado “Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal”, se decidió la realización de una prueba de concepto, con el empleo de una imagen satelital del sensor HRG-2 del satélite SPOT-5, que se encuentra fuera de las tomas de fecha seleccionadas para el estudio. La imagen mencionada corresponde al K/J 588/311, correspondiente al poniente del Distrito Federal, con fecha de toma del 13 de noviembre de 2009, la cual fue proporcionada por la PAOT en nivel del procesamiento 1A.

A partir de la imagen seleccionada, se realizaron pruebas para la selección del Modelo Digital de Elevación empleado en los procesos de corrección atmosférica y orto rectificación. Para ello se seleccionaron datos de elevación provenientes tanto de la misión SRTM como del sensor ASTER. Se realizaron pruebas de salida para corrección atmosférica y continuidad en la obtención de variables topográficas; resultando ser más eficientes los datos de la misión SRTM a partir de un tratamiento que permite afinar patrones de cubierta forestal a las formas del relieve a una resolución de 30 m (Núñez & Mora, 2005; Mora *et al.*, 2007).

Una vez seleccionados los métodos de corrección geométrica, atmosférica y orto rectificación, se procedió a la selección de puntos de la máscara binaria de valores de “bosque” y “no bosque”, generados a partir de patrones visuales extraídos del sistema secundario de conglomerados otorgados por PAOT. La máscara resultante consta de 762 puntos de los cuales 382 corresponden a la categoría “bosque, mientras que 380 puntos corresponden a la clase “no bosque”. Cabe mencionar que la distribución de puntos atiende a la definición de estratos planteada en el esquema de validación; sin embargo, ninguno de estos puntos, es empleado en el proceso de validación, ni tampoco forman parte de los sistemas primarios o secundarios de los conglomerados otorgados por PAOT para la realización de este estudio. Los resultados obtenidos de la regresión muestran la probabilidad de la cubierta forestal, expresada como porcentaje, y cuyos resultados se muestran en la Figura 16.

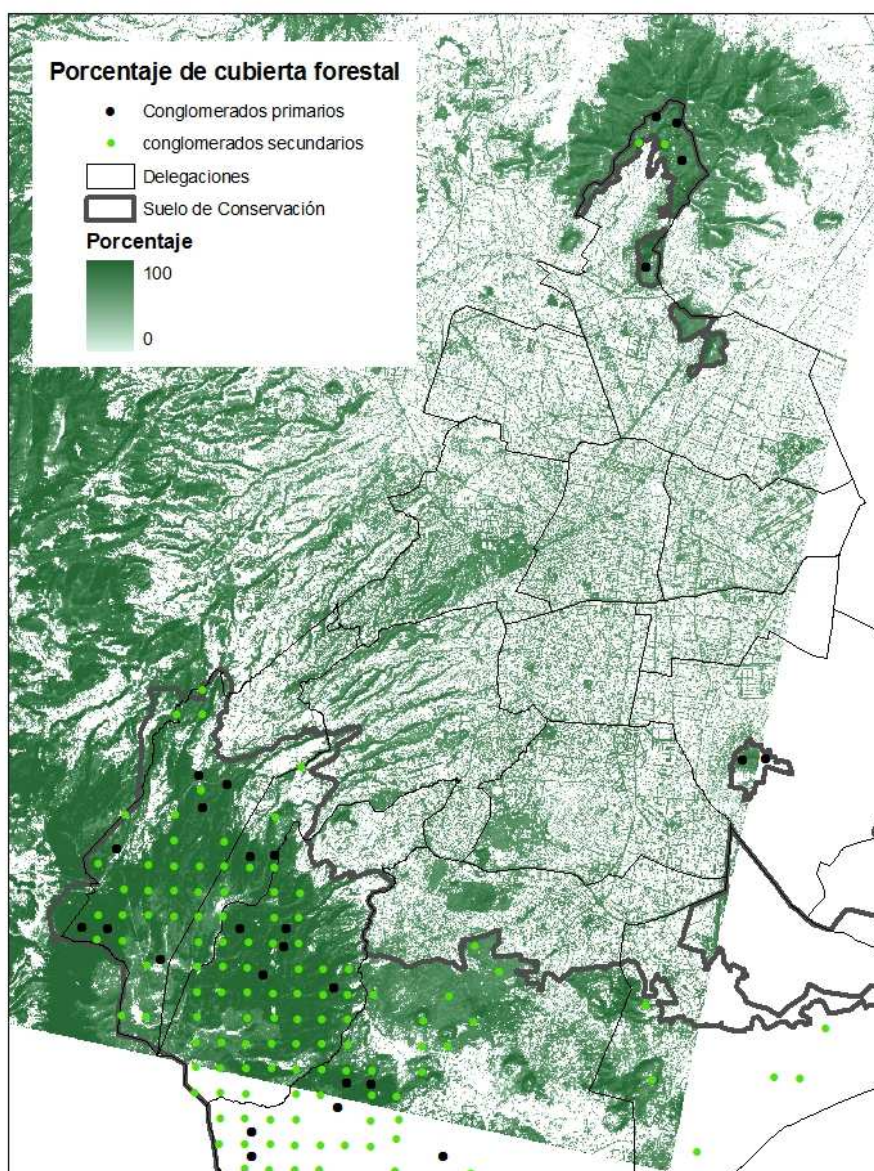


Figura 16. Porcentaje de cubierta forestal para la prueba de concepto.

De manera paralela se seleccionaron las variables independientes para la regresión, las cuales en orden de aparición son: estadísticas focales de frecuencias espaciales de las bandas verde, rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio; el índice SLAVI (*Specific Leaf Area Vegetation Index*) y las variables topográficas de elevación, pendiente y exposición. El resultado de la regresión se evaluó estadísticamente mediante el test Chi-cuadrada, resultando con un rango de confianza de entre el 99% y el 99.5%, el cual puede establecerse como un valor muy alto valor de probabilidad acumulada.

Se realizaron pruebas para determinar el umbral del porcentaje de bosque que será considerado para la determinación de cubierta forestal. Una de ellas fue evaluar los resultados de precisión general de diferentes umbrales (20 y 50 por ciento) a partir del sistema secundario de conglomerados, en cuyo caso se obtuvieron valores de confianza del 96.4% y 95.4% respectivamente, lo cual

muestra el grado de variabilidad que puede tener la selección del valor umbral. En ese sentido, se están realizando otras pruebas tanto en laboratorio como en campo, para determinar el valor de umbral que defina de la mejor manera posible la cubierta forestal.

Visitas a campo

Con el propósito de contar con datos en campo que den sustento al trabajo generado para el estudio denominado “Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal” se diseñó una estrategia de vistas a campo con el propósito de generar información que permitiera la generación de información acerca de la densidad forestal para poder relacionarla como variable biofísica que permite la estimación de la cubierta forestal en función de la definición propuesta. Adicionalmente se pudiera cumplir con la verificación en campo de los resultados generados, al menos en aquellos en donde existiera una duda razonable para tal efecto. Finalmente para la obtención de puntos de control GPS de alta precisión (menores a 50 cm) con los cuales se pueda generar el dato de precisión general para la cubierta forestal

Por tal motivo el día 24 de Junio de 2010, en compañía de personal de la PAOT y de la Delegación de Tlalpan, se realizó una visita a campo al conglomerado con número de identificación 1959, sitio 4 de INIFAP; con la finalidad de verificar los datos de campo obtenidos, la aclaración de criterios para determinar densidad de cobertura forestal, así como para el registro del sitio por parcela y no únicamente por rodal.

En el levantamiento participó personal de la PAOT (3), personal de CENTRO GEO (3) y personal de la Delegación Tlalpan (2), al llegar al punto de muestreo, el personal de la PAOT explicó el proceso de levantamiento hecho por INIFAP, posteriormente, se realizó un levantamiento de un cuadrante de 20m x 20m, se tomaron medidas de diámetro y altura de ciertos individuos arbóreos, a su vez el cuadrante fue delimitado por 4 puntos GPS, en el levantamiento se pudieron observar ciertas características que pueden ser de ayuda para un levantamiento posterior (Figura 17).

Paralelo a la selección de sitios para verificación y validación, en los 50 conglomerados de INIFAP, se pretende que estas vistas a campo, permitan la generación de datos GPS con precisión centimétrica para la verificación del RMS generado por el proceso de ortorrectificación de las imágenes empleadas para el estudio. La determinación del número de conglomerados a visitar, estará en función de los propios resultados generados y del tiempo disponible en función de la temporada de lluvias. Pero al menos deberá de comprender uno por cada uno de los cinco tipos de vegetación que caracterizan principalmente la cubierta forestal en el Suelo de Conservación del Distrito Federal



Figura 17. Visita a campo en el conglomerado 1959 en la delegación Tlalpan

Recopilación de la información multitemporal de zonas forestales

De acuerdo con los estudios realizados por el INIFAP “*Estimación de captura de carbono como indicador del estatus del derecho de los habitantes del Distrito Federal a gozar de áreas verdes urbanas adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar*” y del llevado a cabo por la SMA-Distrito Federal “*Inventario y Monitoreo de los Ecosistemas Forestales en el Suelo de Conservación del Distrito Federal*”, se cuenta con una base de datos de información dasométrica de alrededor de trescientos puntos, obtenidos entre 2008 y 2010; que permitirán llevar a cabo la selección de sitios de referencia para la obtención de cubierta forestal, así como para la validación de los resultados obtenidos. Entre las variables presentes en los puntos de información dasométrica, que serán empleados para la caracterización y validación de la cubierta forestal están:

- el área y la forma de los conglomerados,
- el número de árboles por hectárea y
- la altura y diámetro promedio de los árboles en los sitios.

Además de lo arriba mencionado, esta información, contiene información acerca de los tipos de vegetación sobre los cuales fueron tomados los datos, por lo que los nombres de las especies observadas, pueden permitir la inferencia de otras variables tales como el diámetro de las copas de los árboles, la densidad de cobertura y la inferencia del tipo de vegetación

representativo para esos sitios. Por lo que se considera un recurso de información indispensable en la obtención de resultados del presente estudio.

Además de los datos obtenidos en campo, como parte de la información recopilada, se obtuvo la información cartográfica en formato digital de los resultados del estudio de la deforestación para los Programas de Desarrollo Regional Sustentable (PRODERS) de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) en el año 2003. Dicho estudio comprende un análisis de imágenes de satélite para 24 regiones prioritarias de México. Una de esas zonas es el sur del Distrito Federal, para la cual se cuenta con cartografía de cobertura terrestre para los años 1973, 1985, 1989, 1996 y 2000. De lo anterior, es posible extraer datos para las diferentes clases reportadas y hacer un cálculo de las tasas de deforestación reportada para las fechas antes mencionadas.

A continuación se muestra las hectáreas de la cobertura de las clases de uso de suelo y vegetación reportados para las diferentes fechas (Tabla 5).

CLASES	1973	1985	1989	1996	2000
Áreas Abiertas	35 445	36 799	37 173	35 977	34 443
Bosque de Encino	12 855	7 703	4 605	4 252	3 956
Bosque de Oyamel	12 790	12 703	12 646	12 621	11 982
Bosque de Pino	18 563	18 286	17 374	17 269	17 016
Bosque Mixto	8 609	7 319	6 722	6 507	5 865
Cuerpos de Agua	44	10	17	13	100
Matorral	2 071	1 273	1 076	1 063	1 084
Áreas Urbanas	10 655	16 851	22 173	24 155	25 546

Datos PRODERS reportados por Valentino Sorani para las delegaciones Álvaro Obregón, Tláhuac, Xochimilco, Milpa Alta, Tlalpan, Magdalena Contreras y Cuajimalpa.

La clase bosque mixto corresponde a las combinaciones de pino-encino y oyamel-pino

Tabla 5. Avances repostados en el procesamiento de imágenes

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, las tasas de deforestación para los periodos 1973-1985; 1985-1996 y 1996-2000 corresponden a 1.39%; 1.1% y 1.21% respectivamente. Estos datos reportados, no corresponden a los obtenidos mediante cartografía convencional para el Suelo de Conservación del Distrito Federal que se reportan en la SMA-Distrito Federal para el periodo 1994-2000? y que corresponden a 402 hectáreas anuales de pérdida de bosques, este decremento se encuentra entre los rangos reportados en el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal de 240 hectáreas, y la SEMARNAT de 500 hectáreas para periodos de tiempo similares (Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal, 2000).

Análisis tendencia de pérdida de cubierta forestal

Hasta ahora, los resultados obtenidos del estudio denominado “Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal” basados en la descripción detallada de la metodología, incluyen el pre-procesamiento de todas las imágenes que componen el periodo de 24 años de análisis; es decir, se tiene un avance de 40 % en el procesamiento de las imágenes seleccionadas para el estudio, proceso que consume una cantidad de tiempo considerable. Cabe mencionar que todas las imágenes seleccionadas para el estudio, ya están en disposición del CentroGEO. Sin embargo, las fechas para 2006 muestran un retraso, debido a que fueron las últimas que se incorporaron al estudio. A continuación se muestra la Tabla 6 con el avance de procesamiento de las imágenes seleccionadas para el estudio.

Imágenes			Correcciones		
Satélite	K,J/PathRow	Fecha	Geométrica	Atmosférica	Precisión Espacial
Landsat 5	2647	23/03/1986	√	√	√
Landsat 4	2647	03/02/1989	√	√	X
Landsat 5	2647	22/02/1993	√	√	X
Landsat 5	2647	18/03/1996	√	√	X
Landsat 5	2647	22/01/1999	√	√	X
Landsat 7	2647	06/01/2002	√	√	X
Spot5	588311	29/12/2005	X	X	X
Spot5	588312	09/01/2006	X	X	X
Spot5	589311	20/02/2006	X	X	X
Spot5	589312	20/02/2006	X	X	X
Spot5	588311	25/02/2010	√	√	X
Spot5	588312	25/02/2010	√	√	X
Spot5	589311	28/03/2010	√	X	X
Spot5	589312	28/03/2010	√	X	X

NOTA: No se anexa prueba de concepto

√ = Procesada

X = No Procesada

Tabla 6. Avances repostados en el procesamiento de imágenes

De acuerdo con el cronograma propuesto para este estudio, los meses subsecuentes serán de vital importancia, ya que está por generarse los resultados de cubierta forestal de acuerdo con la verificación de la prueba de concepto para la determinación del umbral que defina la cubierta forestal y la validación en campo, la construcción de las proyecciones de la cubierta forestal y la elaboración de cartografía. En lo que respecta a la generación de imágenes con la precisión requerida para llevar a cabo el análisis tendencial, se tienen listas las imágenes correspondientes a Landsat y se están haciendo pruebas con las imágenes SPOT.

Lo anterior garantizará un resultado homogéneo de los resultados del análisis tendencial y por consiguiente de las proyecciones de la cubierta forestal. A continuación se muestra el resultado del proceso de ortorrectificación para la corrección atmosférica de la imagen Landsat 5 sensor TM para el año 1986, para la cual se colocaron 46 puntos de control y se logró un RMS de 11.55 en horizontal y de 9.54 en la vertical (Figura 18)

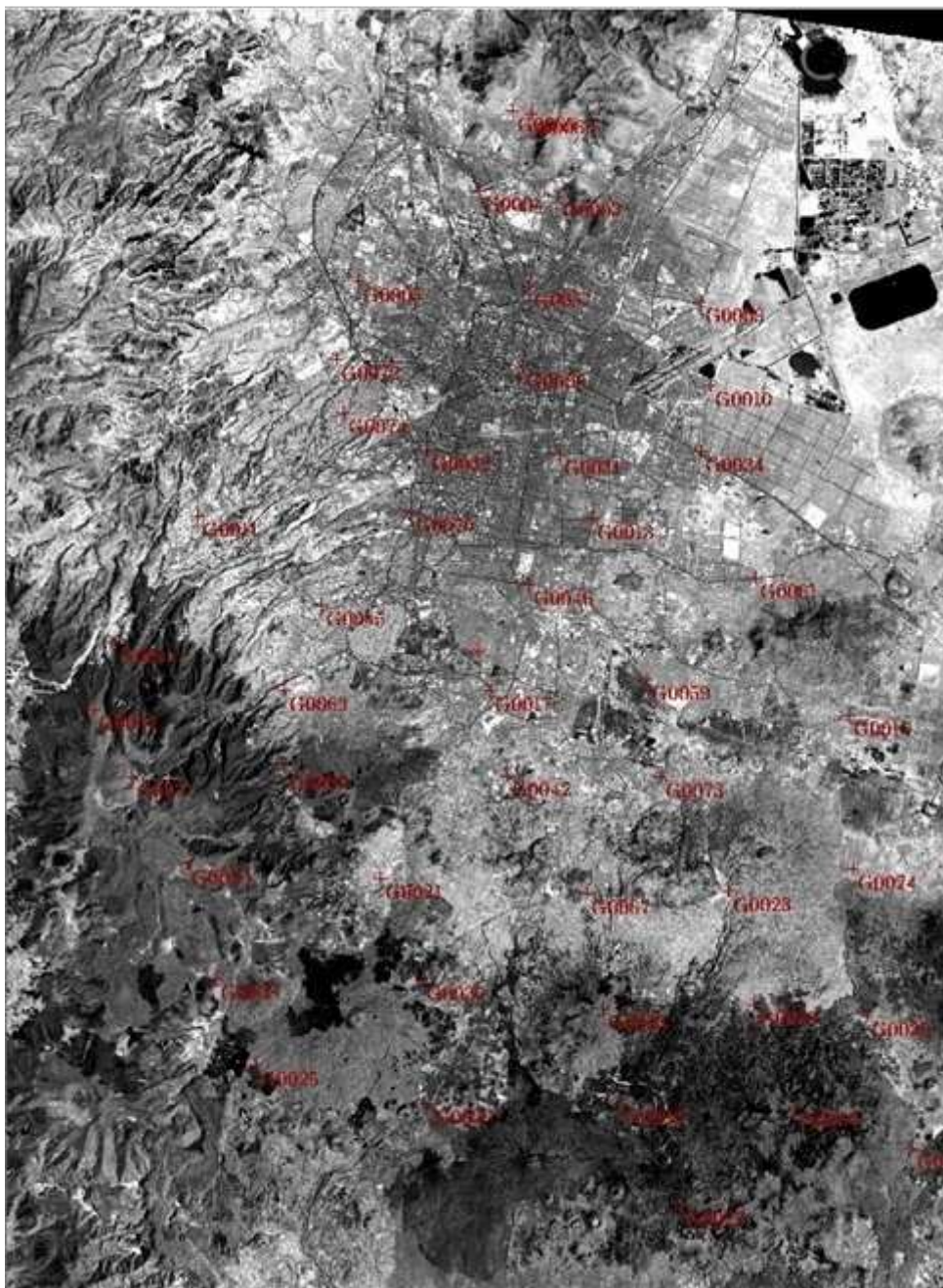


Figura 18. Distribución de puntos de control para imagen Landsat

En resumen, para este segundo informe se pone de manifiesto el avance obtenido en el modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal. Correspondiente en la determinación del número de imágenes que comprenden dicho análisis y que a su vez definen el periodo de tiempo a considerar; la obtención y trabajo de pre-

procesamiento de las imágenes, incluido el trabajo de orto-rectificación considerado crucial para la obtención de resultados adecuados; la generación de resultados de cubierta forestal mediante una prueba de concepto que reproduce de manera fiel la metodología planteada para este estudio; la validación de los resultados mediante el trabajo de visitas en campo y fundamentado en la recopilación de la información multitemporal de zonas forestales para el Suelo de Conservación del Distrito Federal y los resultados de la información dasométrica proporcionados por la propia PAOT. Finalmente, el planteamiento metodológico del análisis tendencial de pérdida de cubierta forestal, permitirá la construcción de escenarios de pérdida de cubierta forestal que podrán ser evaluados en términos de procesos asociados principalmente al crecimiento urbano, en particular a los asociados a los asentamientos humanos irregulares.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Brack, C. 1999. *Forest, Measurement and Modelling*. Australian National University.

CCRS, 2004. *Fores Cover Indicator*, Natural Resources Canada. Canada Centre for Remote Sensing. Canada

Cochran, W. G. 1977. *Sampling Techniques*, 3rd edn (New York, NY: John Wiley & Sons).

Crist, E.P. & Cicone, R.C. 1984. A Physically-Based Transformation of Thematic Mapper Data – The TM Tasseled Cap. *IEEE Transactions of Geoscience and Remote Sensing*, 22(3), 256-263.

Daughtry, C.S.T., Walthall, C.L., Kim, M.S., Brown de Colstoun, E., McMurtrey III, J.E. 2000. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote Sens. Environ.* 74, 229–285.

De Gruijter, J.; Brus, D. J., Bierkens, M. F. P. & Kotters, M. 2006. *Sampling for Natural Resource Monitoring*. Springer-Verlag, 332 pp

Edwards Jr, T.C., Moisen, G.G. and Cutler, D.R. 1998. Assessing map accuracy in an ecoregion-scale cover-map. *Remote Sensing of Environment*, 63, pp. 73–83.

FAO. 2005. *Global forest resources assessment 2005. Progress towards sustainable forest management*. FAO Forestry Paper 147. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2005.

Fiala, A.C.S., Garman, S.L., and A.N. Gray. 2006. Comparison of five canopy cover estimation techniques in the western Oregon Cascades. *Forest Ecology and Management* 232:186-197.

FRA, 2000. Forest Resources Assessment Program Working Paper 33. On Definitions of Forest and Forest Change. FAO. Roma

Ganey, J. L.; Cassidy, R. H. & Block, W. M. 2008. Estimating canopy cover in forest stands used by Mexican spotted owls: Do stand-exam routines provide estimates comparable to field-based techniques? Res. Pap. RMRS-RP-72WWW. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 8 p.

Gitelson, A.A., Kaufman, Y.J., Merzlyak, M.N. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. Remote Sensing of Environment 58, 289–298.

Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, 2008. *Inventario y Monitoreo de los Ecosistemas Forestales en el Suelo de Conservación del Distrito Federal*.

Goel, N.S., Quin, W. 1994. Influences of canopy architecture on relationships between various vegetation indexes and LAI and FPAR: a computer simulation. Remote Sensing of Environment 10, 309–347.

Huete, A.R. 1988. A soil adjusted vegetation index SAVI. Remote Sensing of Environment 25, 295–309.

INIFAP, 2010 (a). Estimación de captura de carbono como indicador del estatus del derecho de los habitantes del Distrito Federal a gozar de áreas verdes urbanas adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar. Componente: Estimación de almacenamiento de carbono en el Suelo de Conservación del Distrito Federal. México DF. 51 p

INIFAP, 2010 (b). Estimación de captura de carbono como indicador del estatus del derecho de los habitantes del Distrito Federal a gozar de áreas verdes urbanas adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar. Componente: Metodología de selección de sitios de muestreo y procesamiento de datos de almacenamiento de carbono para estimar la tendencia de estos servicios a futuro. México DF. 26 p

Jennings, S. B., Brown, N. D., & Sheil, D. 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. Forestry 72(1): 59–74.

Jordan, C.F. 1969. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. Ecology 50, 663–666.

Kauth, R.J. & Thomas, G.S. 1976. The Tasseled Cap – a graphical description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. In Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana, pp. 4B41-4B51.

Kemerer A, Marí N.; Di Bella C. y C. Rebella. 2008. Cultivos a Partir de Información Multie Hiperespectral. *Revista de Teledetección*. 29: 67-72.

Kleinn C. 2001. A Cautionary Note on the Minimum Crown Cover Criterion in Forest Definitions. *Canad. J. For. Res.* 31, 350-356

Lohr, S.L., 1999, *Sampling: Design and Analysis* (New York, NY: Duxbury Press).

Lymburner, L., Beggs, P.J., Jacobson, C.R. 2000. Estimation of canopy-average surface-specific leaf area using Landsat TM data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 66 (2), 183–191.

Moisen, G.G., Edwards Jr, T.C. & Cutler, D.R., 1994, Spatial sampling to assess classification accuracy of remotely sensed data. In W.K. Michener, & J.W. Brunt

Morales D.I., Moctezuma M. and Parmiggiani F. 2004. Urban Edge Detection by Texture Analysis. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing, IGARSS 2004, Anchorage Alaska, Vol. 6*, pp. 3826-3828.

Mora, F. López, D. & Núñez, J. M. 2007. Characterization of forest cover distribution integrating SRTM and Landsat satellite data. *32nd International Symposium on Remote Sensing of Environment*. San José, Costa Rica

Moran, M. S., Inoue, Y. y Barnes, E. M. 1997. Opportunities and limitations for image-based re-mote sensing in precision crop management. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 61, 319-346.

Núñez, J. M. & Mora, F. 2005. Adecuación de modelos digitales de elevación generados mediante interferometría SAR. UGM- SELPER-AGM

ONU. 2005. *Objetivos de desarrollo del Milenio*. Informe de Naciones Unidas. New York.

Paletto, A. & Tosi, V. 2009. Forest canopy cover and canopy closure: comparison of assessment techniques. *Eur J Forest Res.* 128, 265–272

Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal. 2000. Gobierno del Distrito Federal. Versión abreviada para difusión

Puyravaud, J. P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology & Management*. 177, 593-596

Richards, J. A. & Jia, X. 1993. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction* 4th Edition Springer

Richter, R. 1996 (a). A spatially adaptive fast atmospheric correction algorithm. *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 17, 1201-1214

- Richter, R. 1996 (b). Atmospheric correction of satellite data with haze removal including a haze/clear transition region. *Computers & Geosciences*, Vol. 22, 675-681
- Richter, R. 1998. Correction of satellite imagery over mountainous terrain. *Applied Optics*, Vol. 37, 4004-4015
- Rodríguez-Cruz M; Moctezuma-Flores M. 2006. Análisis bayesiano y fusión de datos para la clasificación de escenas urbanas del Distrito Federal, *INGENIERIA, Investigación y Tecnología VII.1.17-28*.
- Rondeaux, G., Steven, M., Baret, F. 1996. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sens. Environ.* 55, 95–107.
- Rouse, J.W., Hass, R.H., Shell, J.A., Deering, D.W. 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS-1. In: *Proceedings 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium 1*, 309–317.
- Seelan, S. K., Laguette, S., Casady, G. M. y Seielstad, G. A. 2003. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 88, 157-169.
- Sobrino, J.A. (2000) *Teledetección*. Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia, 467 pp.
- Stehman, S. 1997. Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy.
- Stehman, S. 2000. Practical implications of design-based sampling inference for thematic
- Stevens, D.L. and Olsen, A.R. 2004. Spatially balanced sampling of natural resources. *Journal of the American Statistical Association*, 99, pp. 262–278.
- Thompson, S.K. & Seber, G.A.F., 1996. *Adaptive Sampling* (New York, NY: John Wiley & Sons).
- Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8, 127–150.
- Tucker, C.J., D.M. Grant y J.D. Dystra. 2004. NASA's global orthorectified Landsat data set. *Photogrametric Engineering & Remote Sensing* 70(3), 313-322.
- UNFCCC. 2004. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: Los primeros diez años*. Secretaría del Cambio Climático. Alemania
- Vescovo, L., Gianelle, D., 2007. Using the MIR bands in vegetation indices for the estimation , *J. Adv. Space Res.* doi:10.1016/j.asr.2007.07.043

Williams, M.S., Patterson, P.L. & Mowrer, H.T. 2003. Comparison of ground sampling methods for estimating canopy cover. *Forest Science* 49(2), 235–24

III. DIAGNÓSTICO Y MODELO

Presentación

A partir de la propuesta de definiciones conceptuales, los parámetros adecuados para la definición de cubierta forestal y en función de los recursos de información pertinentes, se procedió a generar el *Diagnóstico y modelo para el análisis tendencial de la cubierta forestal*.

Los temas que se abordan en este apartado responden a los términos de referencia, y sólo se modifica el orden, ya que se presentan de la siguiente manera:

1. Elaboración del Modelo digital de pérdida de cubierta forestal
2. Introducción
3. Antecedentes
4. Objetivos
5. Descripción del modelo tendencial
6. Análisis de pérdida cubierta forestal
7. Análisis tendencial de cubierta forestal

1. ELABORACIÓN DEL MODELO DIGITAL DE PÉRDIDA DE CUBIERTA FORESTAL

A partir de la propuesta de definiciones conceptuales, parámetros adecuados para la definición de cubierta forestal y en función de los recursos de información pertinentes; se procedió a la generación del *Diagnóstico y modelo para el análisis tendencial de la cubierta forestal*. Para ello se analizaron patrones espaciales de cubierta forestal para el periodo de estudio 1986-2010, con el propósito de establecer un análisis tendencial para los próximos treinta años.

Las pruebas desarrolladas durante la ejecución del proyecto permitieron afinar tanto el periodo de estudio, como el horizonte del análisis tendencial. Por ello

en este informe final se presentan los resultados para el mismo periodo de estudio, en donde el horizonte tendencial se acota a veinte años, es decir, para el periodo de tiempo 1989-2010, por lo cual sólo fue posible generar escenarios tendenciales para el mismo periodo de años.

En este último informe, se plantean los conceptos fundamentales que permitieron elaborar este estudio. Se detalla el análisis de pérdida de cubierta forestal elaborado a partir de ocho imágenes de los satélites *Landsat* y *SPOT* para el periodo 1986-2010. Los resultados obtenidos se presentan y analizan en términos del índice de cubierta forestal, tasas de deforestación, cantidad y número de parches y patrones de fragmentación. A partir de ello, se elaboró un modelo tendencial para los próximos veinte años, mediante la construcción de un modelo de agotamiento exponencial, mismo que ofrece datos para los años 2020 y 2030 respectivamente. Se presenta además una sección final de propuestas, que se acompañan de una narrativa, tanto del análisis, como del modelo tendencial de cubierta forestal, lo que permite tanto contextualizar los hallazgos más importantes del estudio, como perfilar acciones que permitan revertir los procesos de pérdida de suelo forestal. Finalmente, se anexan, todos los procedimientos generados, los resultados obtenidos y los protocolos desarrollados durante la ejecución de los trabajos. Completándose con ello un acervo interesante acerca del conocimiento de la cubierta forestal para el suelo de conservación del Distrito Federal.

Por tanto, el presente documento incorpora los resultados correspondientes a: Descripción del modelo tendencial que consta de: Introducción; Antecedentes; Objetivos; Análisis de pérdida cubierta forestal. En otro apartado se presenta la Descripción del modelo tendencial y el Análisis tendencial de cubierta forestal. Asimismo, y conforme al modelo digital de tendencia de pérdida de cubierta forestal se presenta el tercer apartado: una propuesta de políticas para revertir el proceso de pérdida forestal. Finalmente se incorporan como anexos, las metodologías detalladas de pre-procesamiento empleadas en el presente trabajo, además de anexos estadísticos de los resultados obtenidos.

2. Introducción

De acuerdo con los propósitos de monitoreo planteados en el proyecto “Modelo de Análisis Tendencial sobre la Pérdida de Cubierta Forestal en el Suelo de Conservación”, se presenta el monitoreo de la dinámica de la cubierta forestal que incluye: *el estudio multitemporal de pérdida de cubierta forestal para el suelo de conservación del Distrito Federal; el análisis tendencial de la cubierta forestal para los próximos 20 años y una propuesta de recomendaciones para ayudar a revertir el proceso de pérdida de suelo forestal.*

Para el cumplimiento de dichos propósitos, se procedió a la concepción de un sistema de monitoreo, basado en la estimación de la cubierta forestal, que se deriva principalmente de recursos de percepción remota y análisis espacial. Esta aproximación permite asociar de manera indirecta las variables estimadas del cambio de uso del suelo, deforestación, fragmentación y demás procesos involucrados en el estudio de la dinámica del capital natural que representa el bosque.

Las estimaciones de la cubierta forestal resultantes del proceso de percepción remota permiten la determinación de áreas de bosque de manera relativamente sencilla, reproducible y sistemática. De hecho, se convierten en una de las variables biofísicas más recurrentemente empleadas en la elaboración de indicadores para evaluar capital natural, en particular recursos naturales.

La cubierta forestal es uno de los 48 indicadores en el proceso de evaluación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ONU, 2005). Es también uno de los cinco indicadores de evaluación de capital natural del Gobierno de Canadá dentro de la iniciativa para desarrollar Indicadores de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (ESDI) y que constituye el único indicador nacional periódicamente actualizado (Chen *et al*, 2006).

Lo anterior facilita resaltar algunas características del mapeo de áreas de bosque como indicador que permite evaluar la dinámica de la cubierta forestal.

La primera de ellas y quizá la más importante, es que la definición de cubierta forestal es una construcción elaborada a partir de la asociación a una variable biofísica que puede ser medida de manera directa. La segunda es que su estimación, basada en el proceso de percepción remota, permite sistematizar su obtención lo que genera la posibilidad de reproducción de manera periódica. Por lo anterior y en virtud de cumplir con los objetivos planteados para este proyecto, el monitoreo de la cubierta forestal para el Suelo de conservación del Distrito Forestal, está basado en la estimación de cubierta forestal.

3. Antecedentes

El Distrito Federal con una extensión territorial de 1485 km², reconoce una primera división en su territorio, suelo urbano y suelo de conservación, este último abarca el 59% de la extensión total del Distrito Federal. De acuerdo con datos de la PAOT, en el Suelo de Conservación del Distrito Federal existen alrededor de 50 mil hectáreas de cobertura vegetal, la cual principalmente se distribuye en bosques de pino, oyamel, bosques mixtos e inducidos, y remanentes de bosques de encino principalmente; vegetación acuática y matorrales xerófilos.

De acuerdo con diversas fuentes, las tasas de deforestación varían entre 240 ha y 820 ha anuales. Los periodos de evaluación refieren diferentes periodos de tiempo, que van desde 1970 hasta principios de la presente década (Ver Tabla 1).

Fuentes y año de publicación	Sup. de pérdida (ha/año)	Periodo de estudio
PRODERS (2003)	820	1973-2000
SEMARNAT* (1998)	500	1970-1997
CORENA* (2002)	402	1994-2000
PGOEDF* (2004)	240	2000-2003

Fuente: * Datos tomados de SMA del Distrito Federal, 2010

Tabla1. Estimaciones de superficies forestales perdidas anualmente en suelo de conservación del Distrito Federal

Estos estudios sobre el cambio en la cobertura y uso de suelo muestran discrepancias, por lo que no es posible compararlas del todo, principalmente en categorías de mapeo y escalas de trabajo (espacio-tiempo). Ante esta situación, es recomendable mejorar los mecanismos de evaluación, predicción y seguimiento que permitan un monitoreo más confiable y que describa de mejor manera la dinámica del capital natural que aún resguarda el Suelo de Conservación del Distrito Federal.

Para tal fin, es necesario contar con bases de datos multitemporales, compatibles entre ellas y de alta calidad espacial, que permitan responder a un amplio rango de expectativas. Estas bases de datos se vuelven difíciles de construir y costear en cuanto los objetivos de los sistemas de monitoreo lo son también, sin embargo, es posible pensar en esquemas y protocolos que cumplan con la tarea primaria de conocer la dinámica de la cubierta forestal, sin ser necesariamente procesos muy complicados y costosos. Por el contrario, permiten bajo esquemas claramente definidos, generar información pertinente para orientar la toma de decisiones.

4. Objetivos

Objetivo General

Generar un modelo digital de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal, para calcular las modificaciones y tendencias de la pérdida de cubierta forestal.

Objetivos Particulares

- Generar un análisis multitemporal de pérdida de cubierta forestal en el Distrito Federal
- Analizar conforme a las tendencias de expansión urbana y cambios de uso de suelo la pérdida de suelo forestal en los próximos treinta años
- Generar propuestas para revertir el proceso de pérdida de suelo forestal.

5. Descripción del modelo

El estudio de la dinámica de la cubierta forestal para el periodo 1986-2010 del Suelo de Conservación del Distrito Federal, como hemos dicho, está basado principalmente en la modelación de una variable con sentido físico-biológico que permita estimar la cubierta forestal de forma consistente. A continuación se describen los elementos metodológicos realizados en el presente trabajo para la estimación y análisis de la misma. Por lo que en esta sección se incluyen la definición de cubierta forestal, los insumos empleados y los parámetros resultantes de su manipulación dentro de la etapa de reprocesamiento, los resultados obtenidos así como su validación y el análisis de resultados

Definiciones

La definición de cubierta forestal se sustentó en la variable cobertura de copas. Esta representa el conjunto de todas las áreas de los árboles de proyección vertical sobre la superficie del suelo. La medición física de esta variable se asocia a la medición en campo de mediciones dasométricas sobre individuos arbóreos, principalmente su altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP), lo que permite conocer mediante una ecuación alométrica el diámetro promedio de las copas, lo que aunado a su arreglo espacial en un vecindario de área previamente definida, puede dar cuenta del porcentaje de área cubierta con la proyección vertical de las copas (INIFAP, 2010^a). Es importante considerar que esta definición toma en cuenta únicamente la proyección vertical de las copas, no importando la densidad en el perfil vertical de las mismas. En función de lo anterior y de acuerdo con las referencias globales y regionales acerca de las definiciones empleadas para definir cubierta forestal, se elaboró la siguiente definición de cubierta forestal para el suelo de conservación del Distrito Federal para el periodo de evaluación 1986-2010:

“Zonas cuyo porcentaje de la superficie de terreno cubierta por la proyección vertical arbórea varía ascendentemente a partir de entre el 10 y el 20%, sobre una extensión mínima de una hectárea, y que en promedio los individuos ahí presentes en ese arreglo, tienen una altura promedio cinco metros mínimo *in situ*”.

Esta definición basada en la estimación de la “cobertura de las copas” aplica a vegetación arbórea fotosintéticamente activa en la época de evaluación (puede incluir una fracción mínima de arbustos o árboles pequeños). Integra además la mayoría de los diversos tipos de bosque presentes en el sitio, sin diferenciar el tipo de uso de la cobertura (p. e. plantaciones forestales o áreas bajo manejo, entre otros) ni a la condición estacional (vegetación perenne o caducifolia) o sucesional (diferenciación entre vegetación primaria o secundaria).

Bajo esta perspectiva, la definición presentada está determinada tanto por la presencia de árboles bajo un arreglo espacial establecido y la ausencia predominante de otros usos de la tierra. Pero es importante mencionar que bajo este enfoque, la definición de bosque puede incluir extensiones de viveros forestales a cielo abierto, caminos forestales y áreas de reforestación que estén dentro de la definición establecida.

Insumos empleados y esquema metodológico

A partir del procesamiento digital de imágenes de los satélites *Landsat TM*, *Landsat ETM+* y *SPOT 5* y de acuerdo con la Tabla 2, se puede observar que las fechas empleadas sólo incluyen el periodo enero-abril de los años de toma y el promedio de intervalo de tiempo es de 3.4 años.

Satélite	Sensor	Fecha de toma	Intervalo (años)	Elevación solar	Azimut solar
Landsat 5	TM	23/03/1986	-	52.02	113.58
Landsat 4	TM	03/02/1989	2.87	41.24	133.8
Landsat 5	TM	22/02/1993	4.05	43.57	125.09
Landsat 5	TM	18/03/1996	3.07	46.92	112.26
Landsat 5	TM	22/01/1999	2.85	40.31	138.79
Landsat 7	ETM+	06/01/2002	2.96	40.36	144.71
SPOT 5	HRG-2	27/01/2006	4.06	49.23	136.22
SPOT 5	HRG-2	13/03/2010	4.12	57.33	130.95

Tabla 2. Resumen de características de las imágenes de satélite Landsat y SPOT

Las tendencias de cambio de la cubierta forestal del suelo de conservación del Distrito Federal se analizaron mediante la aplicación de la metodología presentada en el primer y segundo informes. Este análisis del **modelo digital de pérdida de cubierta forestal** consiste principalmente en la aplicación de correcciones y transformaciones a las imágenes de satélite para extraer de ellas mediante un método de regresión logística multivariada, patrones de reflectancia/absorción de los diversos rasgos de la cubierta forestal. El análisis se realizó en diez etapas:

- a) Corrección geométrica,
- b) Corrección radiométrica y atmosférica,
- c) Proceso de ortorrectificación,
- d) Transformaciones espaciales y espectrales,
- e) Regresión logística multivariada,
- f) Obtención de cubierta forestal,
- g) Evaluación de exactitud,
- h) Obtención de resultados,
- i) Análisis tendencial,
- j) Estimación de indicadores de cambio a nivel de clase y paisaje

Se trabajaron todas las imágenes de cada periodo de estudio de manera independiente tanto en su corrección geométrica como en la radiométrica y atmosférica, generándose con ello valores de reflectancia para cada una de las imágenes que corresponden con los periodos de estudio (Ver Anexos Uno y Dos). Todas las imágenes resultantes se acotaron a la extensión mínima del Suelo de Conservación del Distrito Federal y en el caso de las imágenes SPOT, se elaboraron mosaicos con las imágenes necesarias para cubrirlo. Los mosaicos resultantes fueron corregidos por un proceso de ortorrectificación simultánea, contando para ello como insumos con un Modelo digital de Elevación de 30 metros y la imagen *QuickBird* del año 2008 proporcionada por PAOT (Ver Anexo Tres).

Una vez que se procesaron las imágenes, se obtuvieron diferentes transformaciones espaciales, principalmente *Tasseled Cap Transformation*

(TCT) para Landsat TM (Crist & Kauth, 1986) y Landsat ETM+ (Price, et al 2002); además de estadísticas focales y el Normalizad Canopy Index (NCI) para el caso de las escenas SPOT (Vescovo & Gianelle, 2007). La regresión logística multivariada provee el método para la estimación de la variable biofísica de cobertura de copas. Se emplearon para ello en cada regresión, alrededor de 600 puntos binarios de sitios con cubierta forestal (basados en los conglomerados utilizados por la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal e INIFAP² y sin cubierta forestal).

La Tabla 3 muestra los valores de los coeficientes para cada año del periodo de estudio: el estadístico empleados para su evaluación (Chi-cuadrado) y el número de puntos utilizados para cada regresión.

Coefficientes	1986	1989	1993	1996	1999	2002	2006	2010
0	0.979	-5.371	-5.345	-2.155	-1.318	-6.392	-11.548	-4.91
1	-0.222	0.035	-0.216	-0.242	-0.368	-0.289	0.072	0.087
2	0.076	-0.302	-0.142	-0.229	0.371	-0.409	-0.028	-0.237
3	-0.197	0.123	-0.154	-0.324	-0.228	-0.137	-0.091	0.135
4	-0.019	-0.013	-0.024	-0.028	-0.007	-0.029	-0.017	-0.481
5	-0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	-0.002
6	0.073	0.054	0.056	0.051	0.037	0.049	0.001	0.004
7	0.002	0.002	0.001	-0.002	-0.001	-0.002	0.084	0.047
8	-	-	-	-	-	-	0.001	0.001
Chi-Square	19.044	15.457	12.91	15.325	16.062	21.437	30.159	35.137
Pts. Reg.	600	600	600	601	600	601	589	581
Rangos prob.	99.0-99.5	95.0-97.5	90.0-95.0	95.0-97.5	97.5-99.0	95.5-99.8	> 99.9	>99.9

Tabla 3. Coeficientes de regresión y estadísticos de evaluación

De acuerdo con el estadístico de evaluación Chi-cuadrado, se puede concluir que para el ejercicio completo hay un rango de probabilidad mayor al 90%. Con ello, para cada imagen se obtuvieron, de acuerdo con la definición antes mencionada, valores continuos del índice de Cubierta Forestal (ICF), el cuál expresa por cada pixel, el porcentaje de cobertura de copas con respecto a la

² Inifap, 2010 y Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, 2008

superficie del suelo (Wulder *et al*, 2003, 2006, 2008). Para evaluar estos resultados, se emplearon 46 de los conglomerados de muestreo proporcionados por PAOT, de los cuales fue posible extraer los parámetros dasométricos necesarios para construir la estimación de la variable biofísica mencionada (INIFAP, 2010b).

En términos de los resultados obtenidos para 2010, en la Tabla 4 se muestran las diferencias de los valores obtenidos para el ICF y los datos de conglomerados del INIFAP, los cuales muestran un valor de correlación de 0.9542; no obstante es necesario realizar la evaluación, con un mayor número de muestras a lo largo de por lo menos dos periodos de estudio, para considerar establecida una correlación robusta.

Sitio	ICF	INIFAP	Número de conglomerados	Variación porcentual	Tipo de vegetación
GAM	69.7	78.9	3	-11.7%	Bosque inducido
Ajusco	50.5	50.4	16	0.2%	Oyamel y Pino
Milpa Alta	54.3	46.1	7	17.8%	Pino
Sur de Tlalpan	54.4	50.2	4	8.4%	Pino y Bosque Mixto abierto

Tabla 4. Comparativo de valores en grandes parches de bosque en suelo de conservación para

2010

6. Análisis de pérdida de cubierta forestal

A partir de los 285 puntos de validación en bosque proporcionados por PAOT, la altura promedio de los árboles inventariados por conglomerados es de 13.3 m; el diámetro del tronco a la altura del pecho es de 29.6 cm, y la distribución promedio es de 333 árboles por hectárea. Mientras que la caracterización obtenida para los resultados de cubierta forestal para 2010 muestran que la altura promedio es de 13 m; el diámetro a la altura del pecho es de 27.9 cm, y la distribución es de 394 árboles por hectárea en promedio.

Después de este proceso, se realizaron modificaciones espaciales, consistentes en agrupar los píxeles con un tamaño mínimo de una hectárea, reduciendo con ello el número de píxeles aislados. La exactitud de los productos cartográficos generados, se evaluó mediante matrices de error que permiten valorar la exactitud de la clase de cubierta forestal y la exactitud total de la clasificación, de acuerdo con el protocolo de evaluación establecido en el informe anterior. Estas matrices son un arreglo que expresa el número de unidades de muestra asignado a una clase particular, en un esquema de clasificación, con relación al número de unidades de muestras asignadas a la misma categoría, pero en otra clasificación es considerada como correcta (datos de referencia o campo). Estas matrices de error son una manera de representar la exactitud de cada categoría por medio de errores de comisión y omisión (Congalton & Green, 1999; Congalton, 2004). Adicionalmente, la exactitud total de una clase puede ser evaluada a través del índice *Kappa* (K), que es una técnica discreta multivariada que determina estadísticamente si una matriz de error es significativamente diferente a otra. Este índice es una medida de la correspondencia entre los datos de la clasificación y los datos de referencia, con relación a la exactitud de una clasificación generada al azar (Richards & Jia, 1999, Congalton, 2004).

Estadístico	1986	1989	1993	1996	1999	2002	2006	2010
Precisión global (%)	87.2	85.8	86.8	91.9	85.4	92.2	86.2	83.3

Kappa	0.7885	0.7923	0.7660	0.8653	0.7552	0.8440	0.7552	0.7898
-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabla 5. Validación de la confiabilidad mediante estadístico kappa y matriz de confusión

De acuerdo con los datos mostrados en la Tabla 5, se puede deducir que la valoración obtenida para las clases binarias multitemporales es buena; hecho que atestiguan tanto las medidas de fiabilidad global, como los estadísticos obtenidos, conforme al esquema de validación planteado (Ver Anexo Cuatro).

Los resultados para el periodo de estudio 1986-2010 generaron estimaciones de cubierta forestal para cada uno de los ocho años analizados (Figuras 1-8)

Para todo el periodo se observa una pérdida promedio anual de 447ha; sin embargo se observan diferencias importantes a lo largo de estos casi 24 años de análisis.

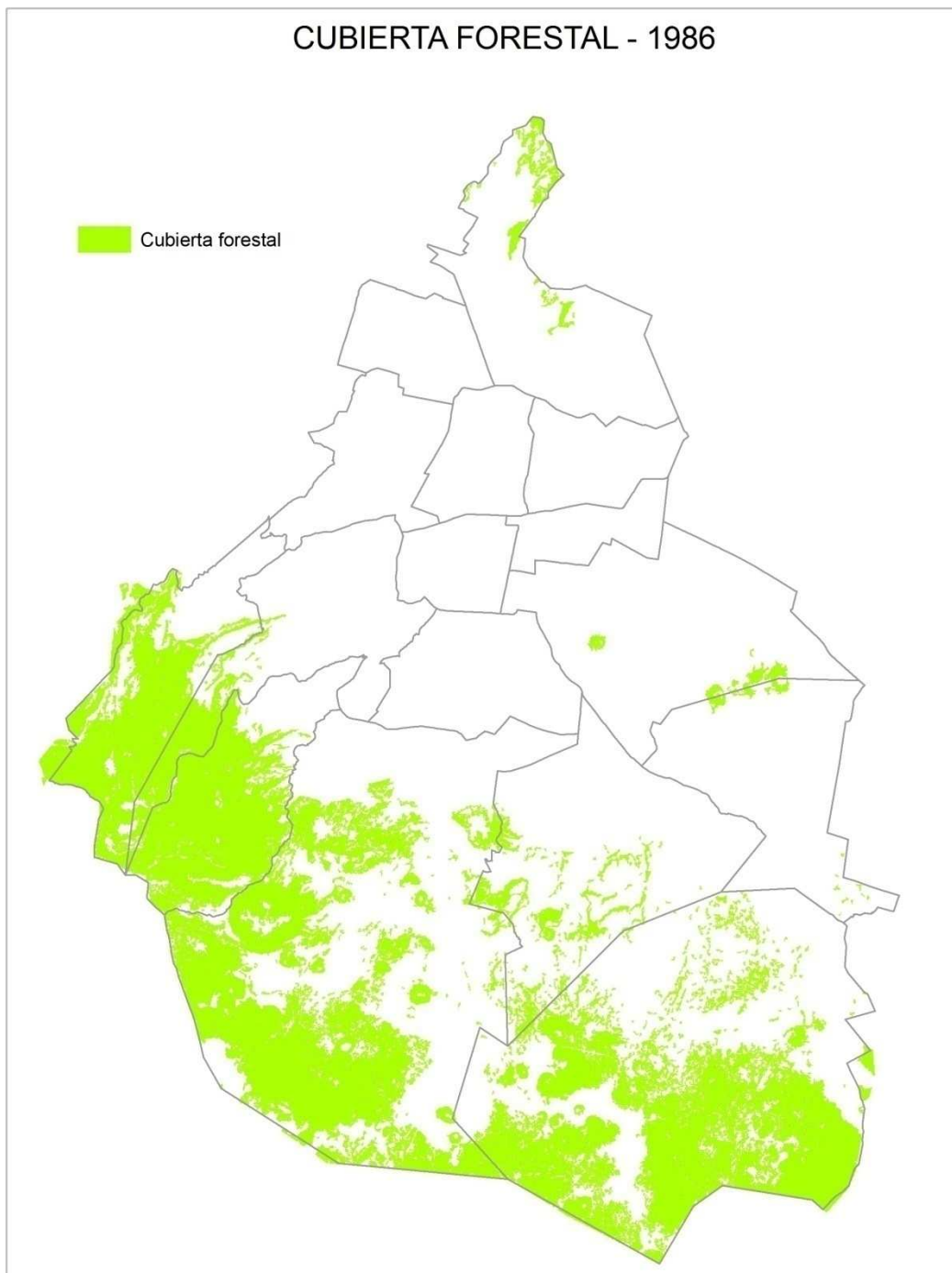


Figura 1. Cubierto forestal 1986

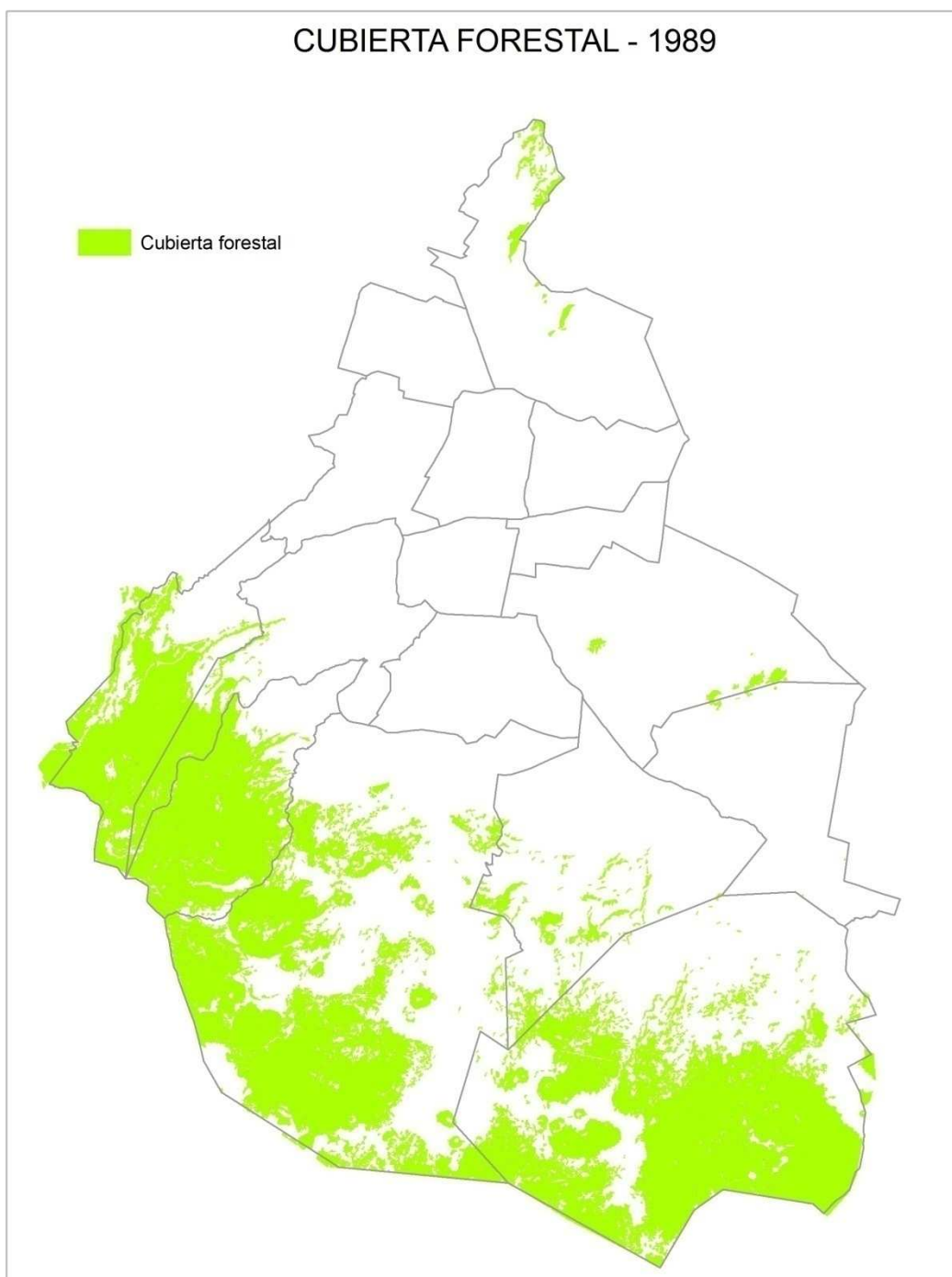


Figura 2. Cubierta forestal 1989

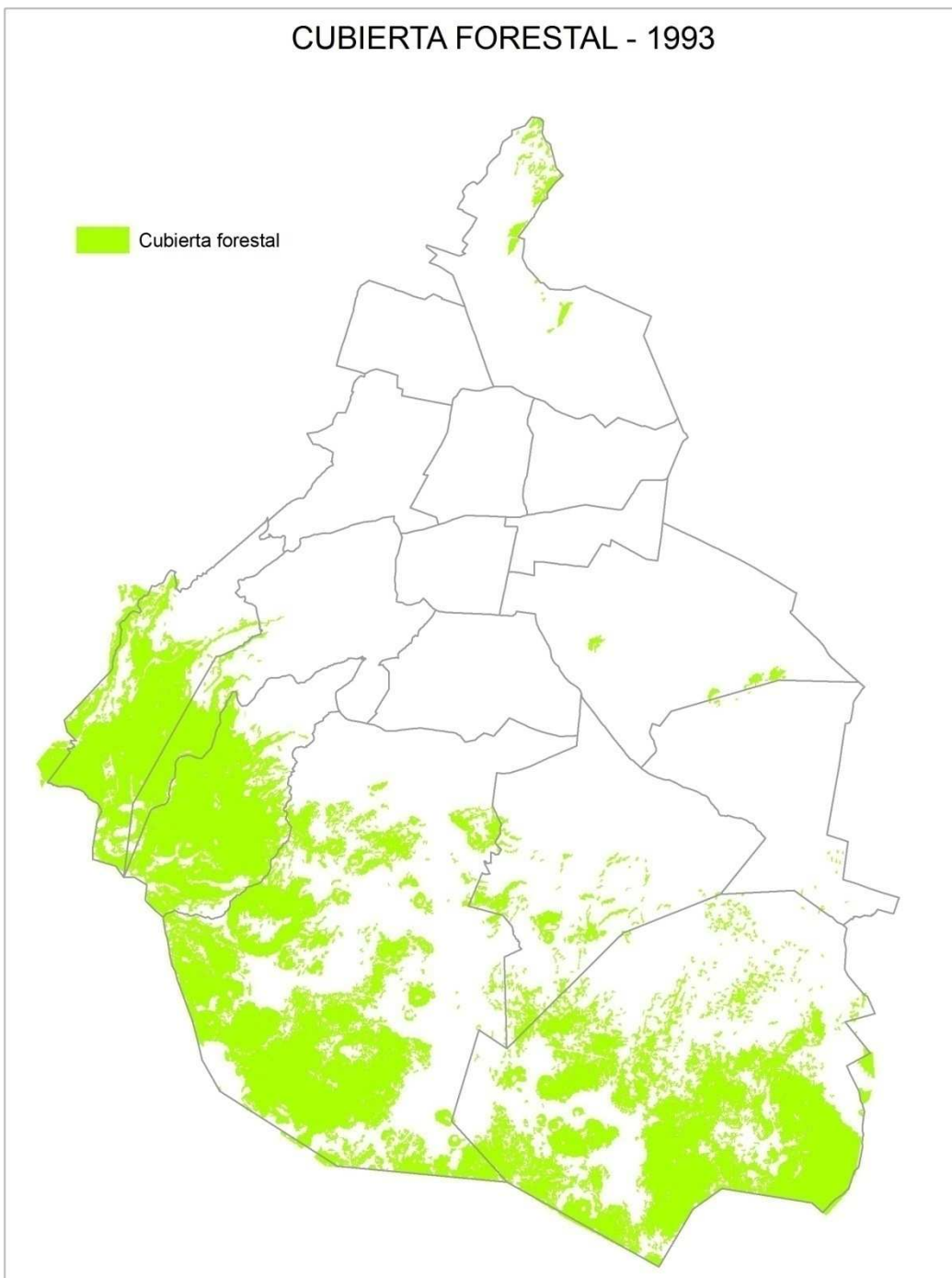


Figura 3. Cubierta forestal 1993

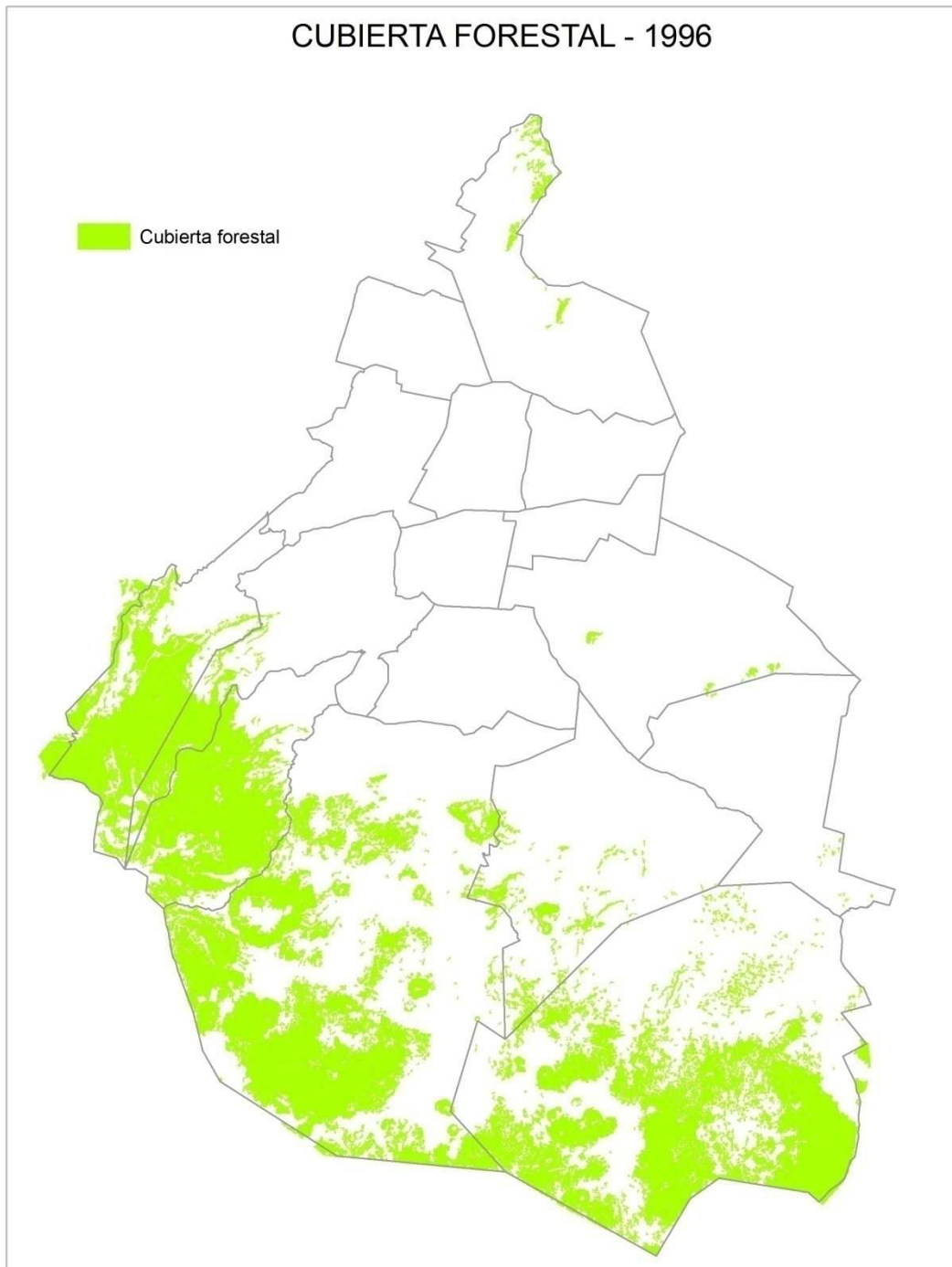


Figura 4. Cubierta forestal 1996

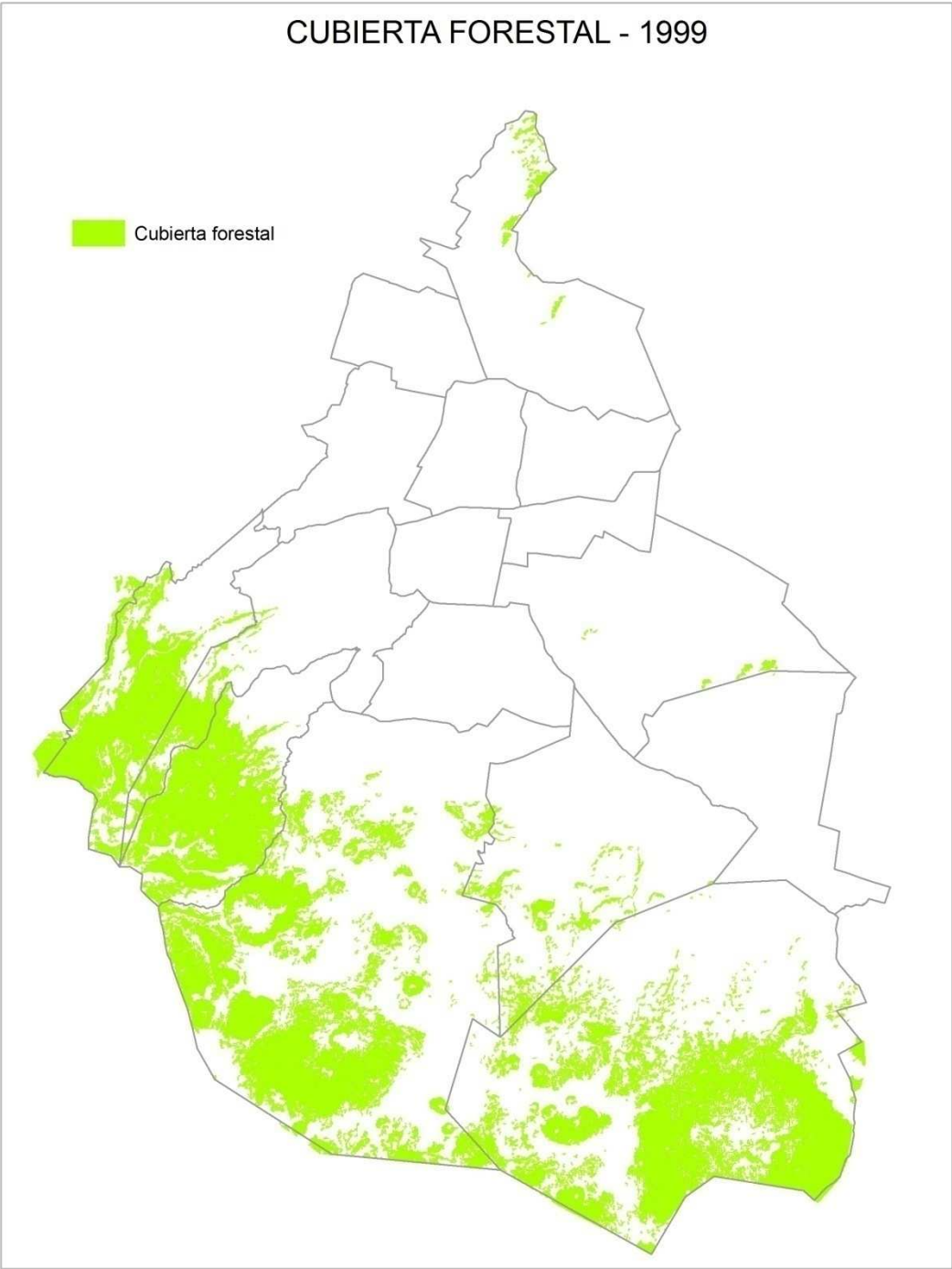


Figura 5. Cubierta forestal 1999

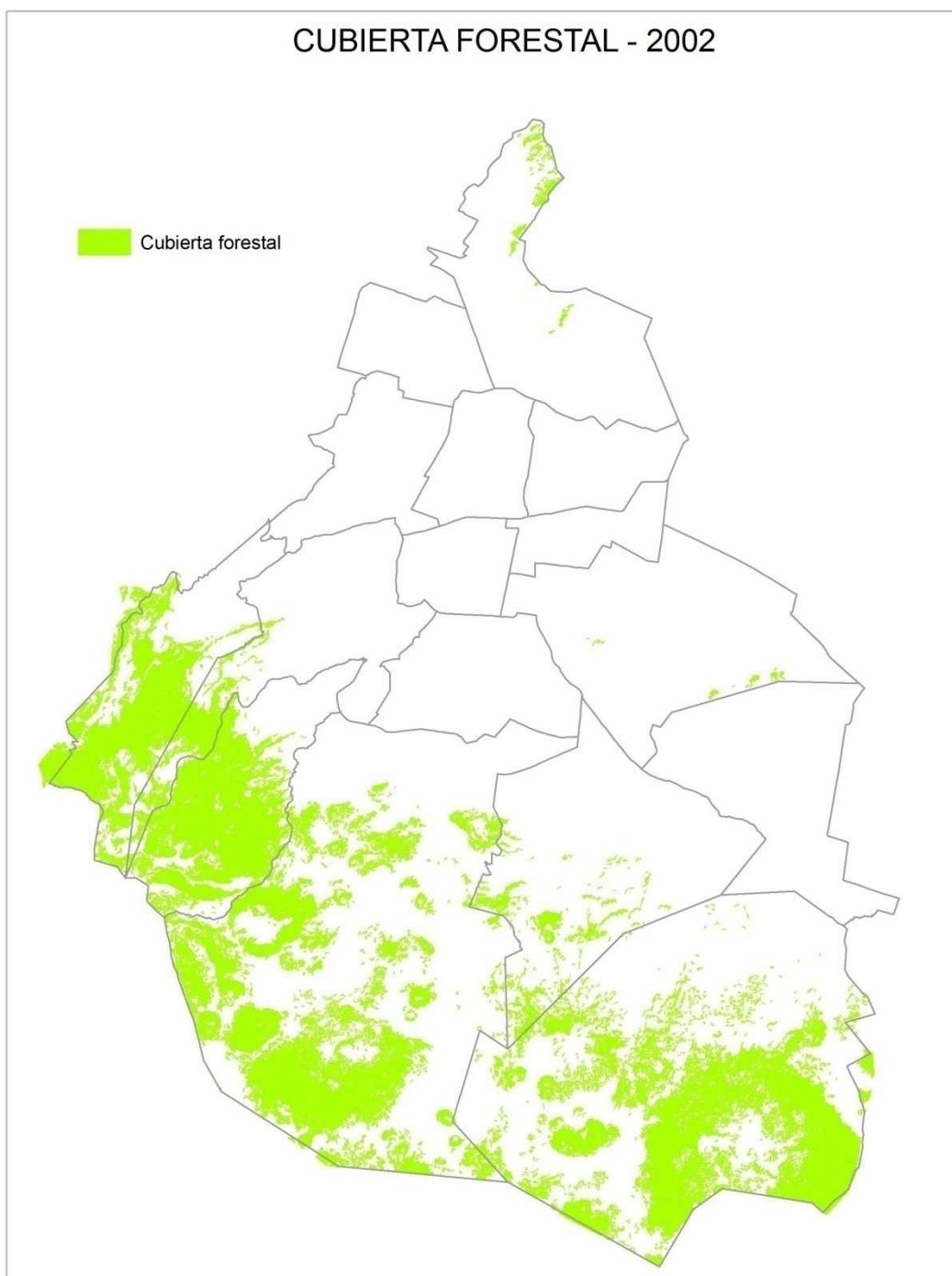


Figura 6. Cubierta forestal 2002

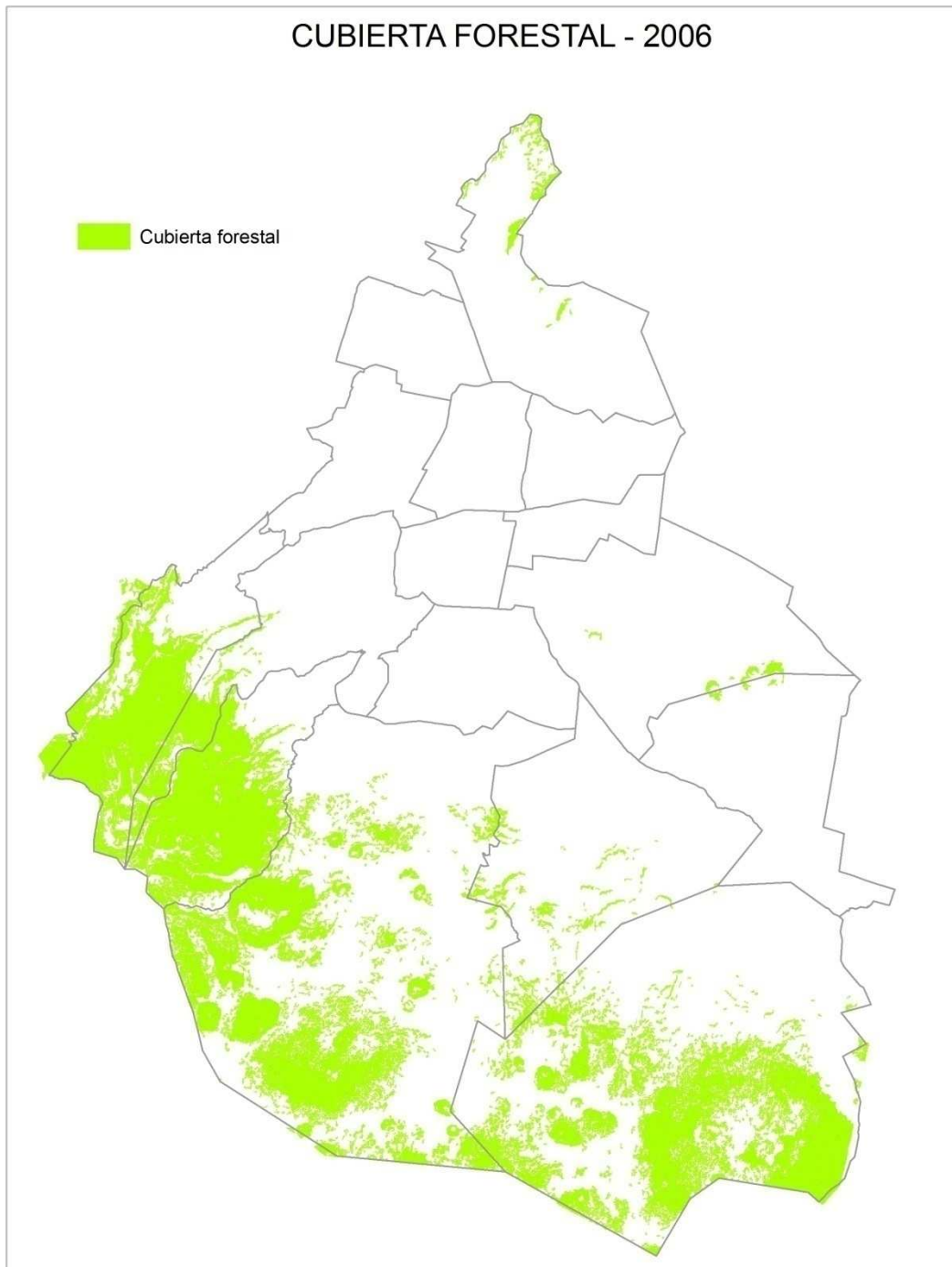


Figura 7. Cubierta forestal 2006

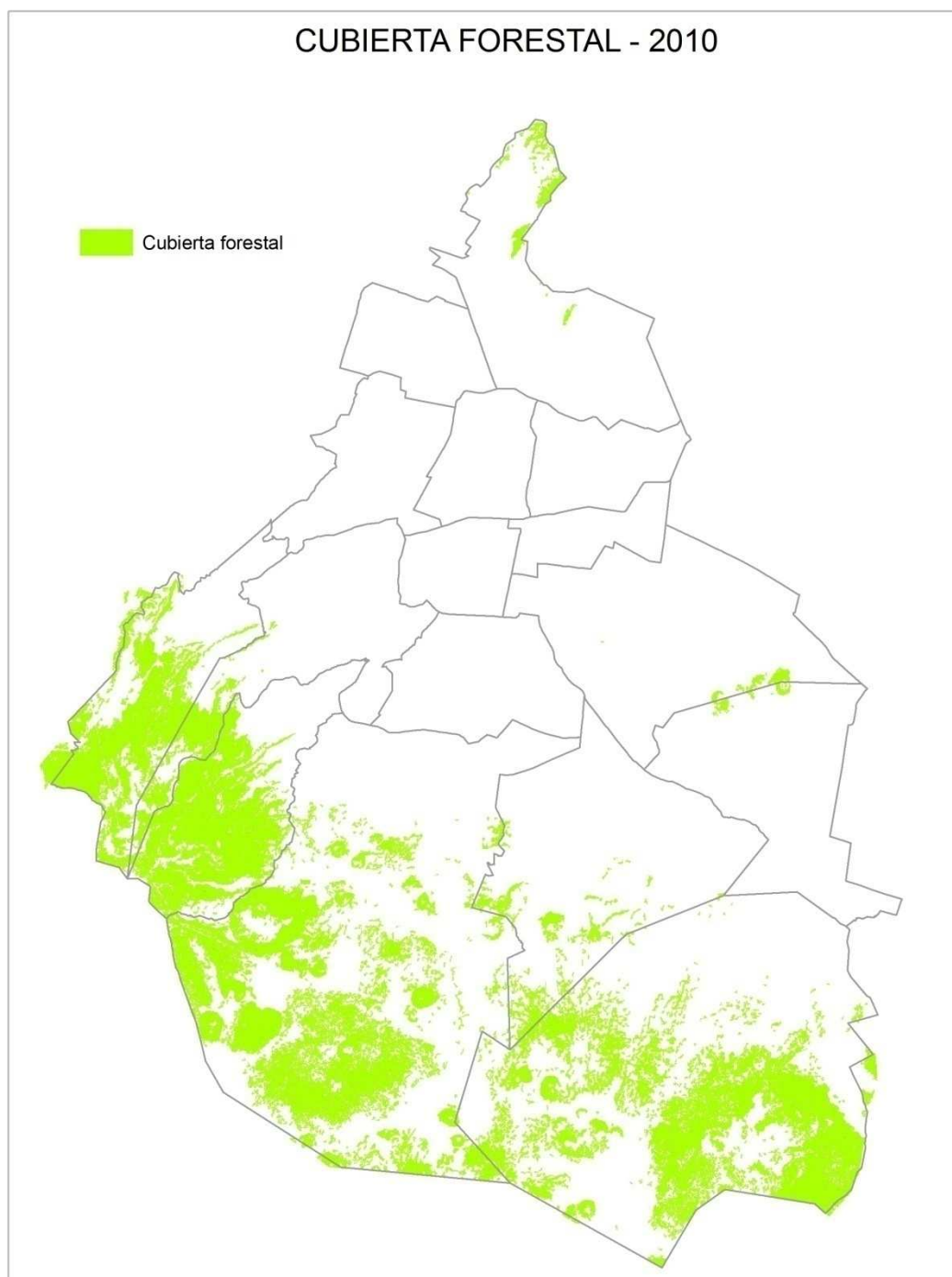


Figura 8. Cubierta forestal 2010

Durante el periodo de 1986 a 1993 se perdieron, en promedio, alrededor de 540 ha por año; mientras que para el periodo de 1993 a 1999 el promedio aumenta a 617 ha por año; para finalmente mostrar una baja en el ultimo periodo de 1999 a 2010 de alrededor de 300 ha de pérdida anual (Figura 9).

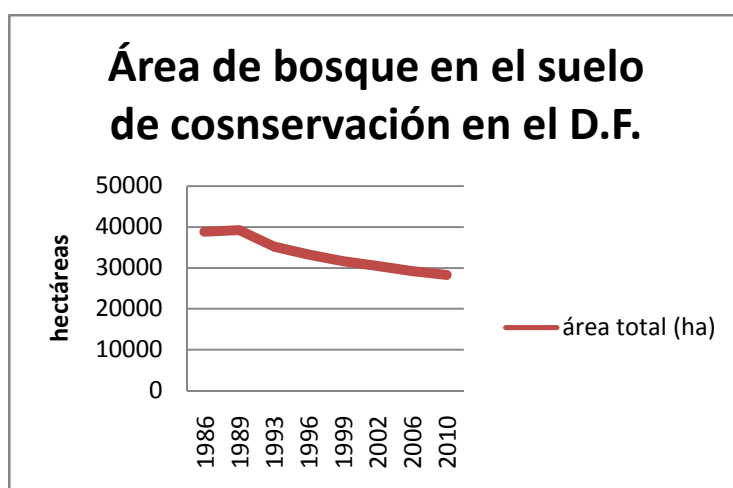


Figura 9. Cubierta forestal para Suelo de Conservación

Asimismo, se observa un proceso de fragmentación del bosque, categorizada por el número de parches y su área promedio a lo largo del periodo (Figuras 10 y 11).

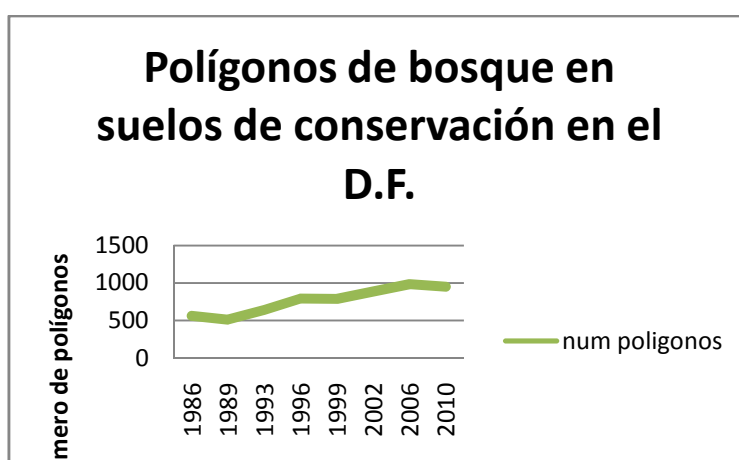


Figura 10. Polígonos de cubierta forestal

Mientras que para el periodo 1986-1993 el número de parches era de 570 con un área promedio de 67 hectáreas; para el periodo 1993-1999 el número de parches aumenta a 790 con un área promedio de 41 hectáreas; para los últimos 10 años el número aumenta hasta 939 parches en promedio con un área de 31 ha. Lo que significa practicante un aumento del doble de parches con su consecuente disminución a la mitad del área promedio en 24 años.

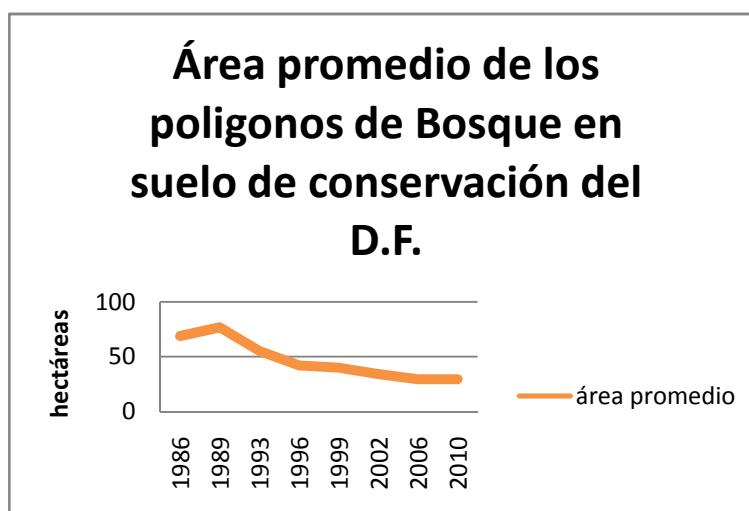


Figura 11. Área en polígonos con cubierta forestal

En cuanto a los valores promedios del índice de cubierta forestal obtenido para cada uno de los años tomados en cuenta, el promedio del índice por año se comporta errático, aunque cuando se agrupa por periodo, parece mostrar un comportamiento constante. Para el periodo 1986-1993 el valor del ICF es de 35.1%; mientras que para el periodo 1993-1999 el ICF aumenta a 47.1 por ciento; para finalmente mostrar un valor promedio de 46.8% para el periodo 1999-2010. Estos valores de es necesario interpretarlos y asociarlos a procesos espaciales de pérdida y ganancia de cubierta forestal, ya que ello puede explicar las variaciones de su comportamiento (Figura 12).

En particular y atendiendo a la gran fragmentación de polígonos de bosque, es necesario ponderar el promedio del ICF por el área de cada uno de los parches de bosque de tal manera que no se muestre la influencia de los pequeños parches, mostrados en los histogramas correspondientes (Ver Anexo Cinco). Bajo esta perspectiva el ICF presenta valores de 49.8% para el periodo 1986-1993; de 49.7% para el periodo 1993-1999; finalmente de 49.5% para el periodo 1999-2010

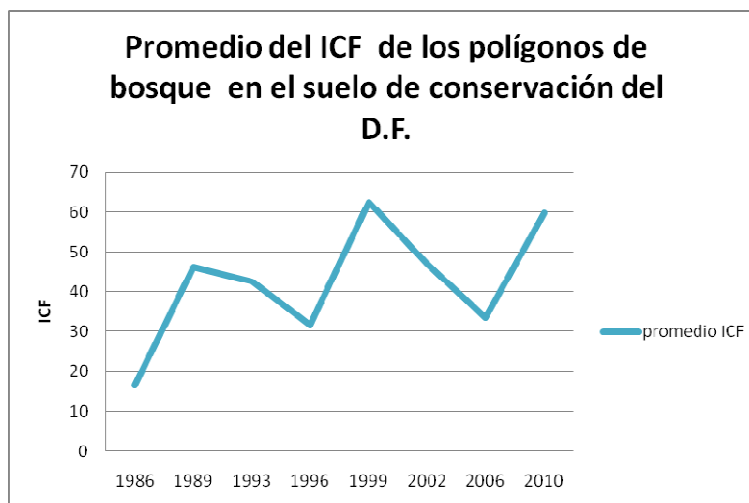


Figura 12. Índice de cubierta forestal

En el análisis tendencial a nivel del paisaje del suelo de conservación del Distrito Federal, puede decirse que aunque se ha logrado disminuir la tasa de pérdida de cubierta forestal anual por debajo de las 300 ha (254 ha anuales para el periodo 2006-2010), los patrones de fragmentación del bosque son alarmantes, y aunque en promedio se ha logrado mantener constante el valor del índice de cubierta forestal, éste muestra variaciones grandes, que permiten suponer un deterioro de la prestación de servicios ambientales, principalmente hábitat disponible, cosecha de agua en follaje, infiltración, biodiversidad y distribución potencial de especies entre otros. El promedio del ICF es bajo para todo el periodo de estudio. Una muestra de ello y tras analizar la extensión de bosque conocida como “El Ajusco”, el cual en 1986 se extendía como un macizo boscoso de más de 21 mil hectáreas entre las delegaciones de Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, La Magdalena Contreras y Tlalpan. En 2010, es una extensión fragmentada en 252 parches con un área total de apenas 16 mil hectáreas, que sin embargo, en promedio se ha comportado con un ICF de 40%, lo que habla de una estructura constante en los parches de bosque remanentes.

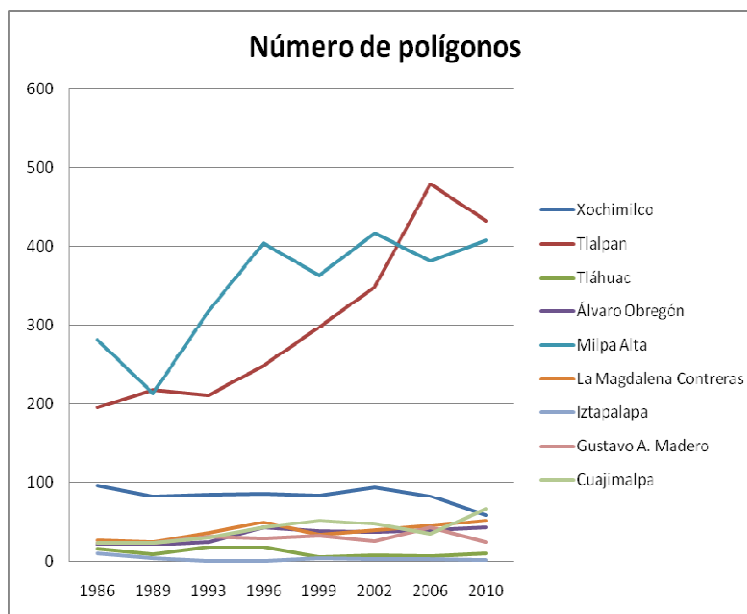


Figura 13. Polígonos de cubierta forestal por delegación

En cuanto a los datos de cubierta forestal por delegación, puede decirse que los patrones de cantidad de parches se mantienen similares a las observadas para todo el suelo de conservación del Distrito Federal, principalmente en las delegaciones de Tlalpan y Milpa Alta, en donde el número de polígonos a lo largo de poco más de veinticuatro años prácticamente se duplicaron; situación que también se observa en Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón y Milpa Alta, pero con una cantidad de polígonos mucho menor que los cuantificados en las dos primeras delegaciones mencionadas.

En lo referente al área promedio de los parches con bosque, los patrones generales de disminución consistente a la mitad del área en veinticuatro años se reproducen en prácticamente todas las delegaciones, con excepción de Xochimilco y Tláhuac, cuyas áreas promedio se mantienen prácticamente iguales a lo largo de todo el periodo de estudio (Figuras 13 y 14).

En cuanto al valor del ICF en las delegaciones, las variaciones observadas a lo largo del periodo de estudio, reproducen prácticamente el mismo patrón observado para el suelo de conservación y en promedio para todo el periodo de estudio el ICF por delegación presenta un valor de 45.4%, lo que corresponde a un valor de densidad arbórea bajo, pero que sin embargo, en las

delegaciones de Cuajimalpa de Morelos y Álvaro Obregón alcanza valores de ICF que corresponde a densidades arbóreas en el rango medio (Tabla 6).

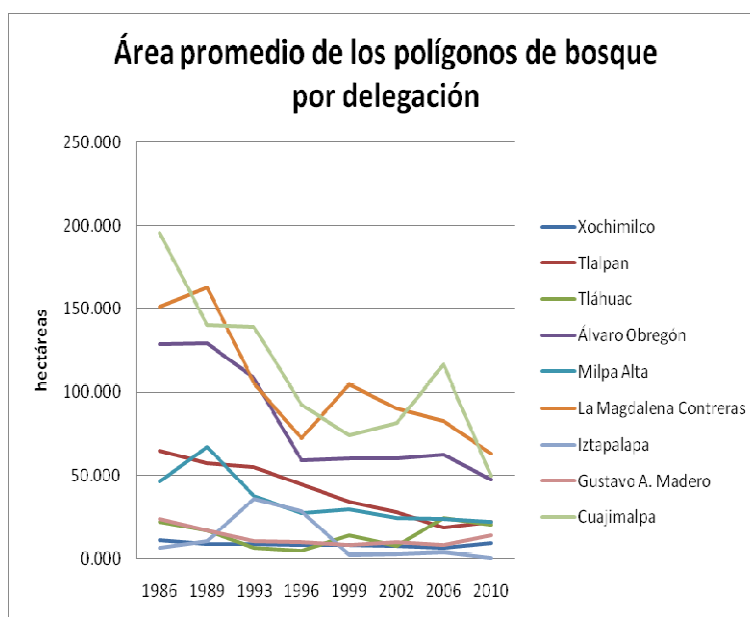


Figura 14. Área en polígonos con cubierta forestal por delegación

En lo referente a la cantidad de bosque por delegación se observa la importancia que tienen algunas delegaciones, en términos la cantidad de bosques (ha) que aportan, en particular Tlalpan y Milpa Alta, además de Cuajimalpa Morelos, Magdalena Contreras y Álvaro Obregón que presentan porcentajes altos con respecto a su área en suelo de conservación (Tabla 7).

DELEGACIÓN	1986	1989	1993	1996	1999	2002	2006	2010
Xochimilco	23.1	50.8	47.9	34.7	66.0	54.1	38.1	60.6
Tlalpan	22.8	47.2	43.7	34.4	61.5	48.5	33.6	60.6
Tláhuac	17.6	46.7	36.7	28.9	63.8	49.1	25.3	56.9
Álvaro Obregón	27.3	50.4	47.1	46.9	56.3	53.8	50.4	56.1
Milpa Alta	16.5	46.0	42.0	29.6	61.1	44.8	34.1	59.2
La Magdalena Contreras	37.0	48.4	48.2	42.1	51.9	49.6	43.6	54.0
Iztapalapa	32.2	55.0	58.6	39.5	58.4	42.3	27.8	63.2
Gustavo A. Madero	16.1	48.0	49.1	34.2	66.5	52.2	21.1	60.3
Cuajimalpa de Morelos	30.7	50.3	44.1	44.8	63.6	52.9	49.8	57.0

Tabla 6. Índice de Cubierta Forestal (ICF) por delegación

DELEGACIÓN	1986	1989	1993	1996	1999	2002	2006	2010
Xochimilco	1,023	700	707	667	670	702	505	537
Tlalpan	12,638	12,457	11,608	11,051	10,091	9,707	8,887	9,523
Tláhuac	328	151	109	80	70	54	147	203
Álvaro Obregón	2,694	2,707	2,596	2,531	2,295	2,219	2,430	2,045
Milpa Alta	12,968	14,325	11,885	11,026	10,764	10,123	9,053	8,961
La Magdalena Contreras	4,076	4,062	3,787	3,610	3,555	3,527	3,736	3,293
Iztapalapa	62	41	36	29	9	8	12	1
Gustavo A. Madero	547	369	317	287	273	258	341	344
Cuajimalpa de Morelos	4,503	4,379	4,175	3,986	3,841	3,835	4,077	3,321

Tabla 7. Área total de cubierta forestal por delegación

Finalmente, como parte de los resultados generados dentro del *Modelo digital de pérdida de cubierta forestal*, se analizó la fragmentación espacial, entendida como la modificación de la cubierta forestal que dan como resultado, además de los efectos directos en la pérdida de bosque, la modificación de los patrones de adyacencia y continuidad de la cubierta forestal (Centro GEO, 2008).

La fragmentación tiene un efecto directo en la distribución de especies, así como en algunos de los servicios ambientales, por lo que evaluarlo es de gran importancia. La fragmentación de bosques se define en este trabajo como la desintegración de patrones existentes en la cantidad y continuidad de bosques, lo que da como resultado diferentes categorías del arreglo espacial de los bosques, desde bosque interior, es decir pérdida a bosques discontinuos; bosque perforado, donde la vegetación tienen una gran pérdida de adyacencia; y a partir de esta categoría, tres más en donde hay progresivamente mayor pérdida de continuidad y adyacencia

Conforme a lo establecido en la metodología, para las cubiertas forestales del periodo de estudio, para todo el suelo de conservación del Distrito Federal. Los resultados muestran un claro patrón de pérdida de continuidad y un aumento constante del bosque perforado. Lo que podría interpretarse como el principal patrón causante de fragmentación. (Figura 15)

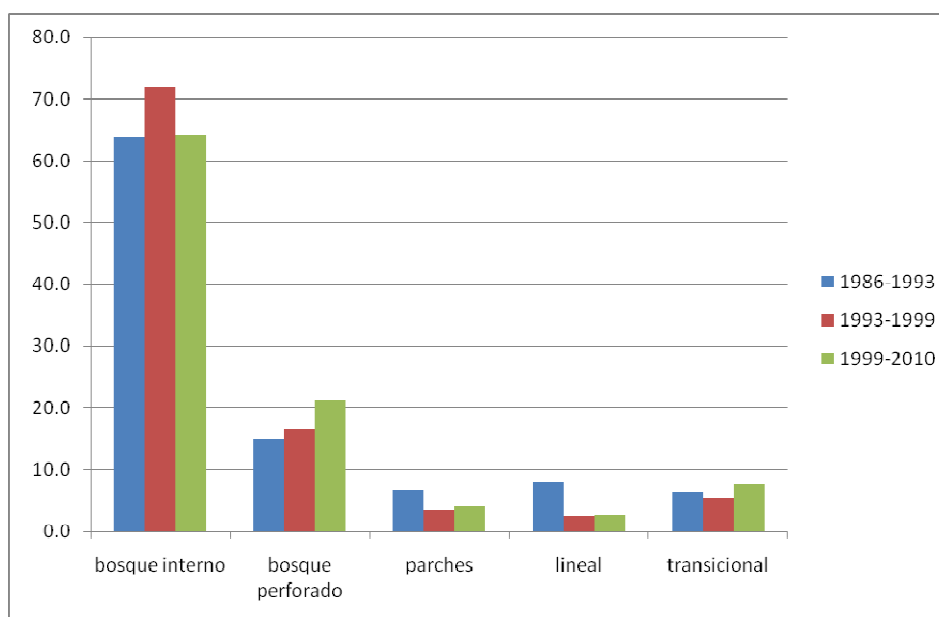


Figura 15. Fragmentación de la cubierta forestal en Suelo de Conservación

De acuerdo con los resultados observados a lo largo del periodo de estudio, pueden indicarse algunos procesos asociados a la dinámica de la pérdida de la cubierta forestal para el suelo de conservación del Distrito Forestal:

- En primer lugar, la pérdida de cubierta forestal muestra una tasa de deforestación a la baja, que sin embargo, refleja claras tendencias de fragmentación, lo que genera mayor cantidad de polígonos con su correspondiente disminución de área promedio.
- Mientras que el proceso de fragmentación asociado a la perforación de bosque se muestra esencialmente en la delegación Milpa Alta; los procesos asociados a pérdida de continuidad se asocian a las delegaciones Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Tlalpan.

Estos dos procesos sin embargo, están acompañados en general por un sostenimiento de los valores del ICF, que en general tienen una muy ligera tendencia al alza, lo que habla sin duda de patrones de reforestación y regeneración de la cubierta forestal del suelo de conservación. No obstante, estos valores caracterizan la cubierta forestal con una densidad forestal baja, lo que corresponde de acuerdo con los tipos de vegetación presentes en suelo de

conservación, a masas forestales con un grado ligero de perturbación, que pueden deberse principalmente a un manejo inadecuado (aprovechamiento excesivo o tala clandestina) y/o a la presencia de factores externos (incendios y plagas principalmente), lo que origina sin duda una disminución en la capacidad de la prestación de servicios ecosistémicos de calidad.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO TENDENCIAL

Comentarios preliminares

De acuerdo con los resultados del análisis del modelo digital de pérdida de cubierta forestal en el periodo de estudio 1986-2010, se presenta también, como parte de los elementos de análisis tendencial, la construcción de escenarios de prospección acerca de la cubierta forestal. Para ello se define el proceso de deforestación a futuro como el agotamiento exponencial de cubierta forestal. Esta aproximación permite la generación de escenarios futuros, basados en los patrones de cubierta forestal que se detectaron, durante el periodo de tiempo observado, que para este ejercicio corresponde a un umbral de aproximadamente veinticuatro años; por lo que se decidió generar escenarios con un horizonte de tiempo de veinte años, permitiendo con ello la construcción de modelos tendenciales para 2020 y 2030 respectivamente, lo que permite dar una idea de cómo se comportarían los patrones de pérdida y ganancia de cubierta forestal de acuerdo con la dinámica observada en el paso reciente.

El análisis del modelo tendencial, permite además darnos una idea del impacto que pueden tener las acciones implementadas en el futuro, ya que permiten hacer una comparación de acuerdo al modelo tendencial establecido. Es decir, la tendencia marcada se puede convertir en un patrón de referencia con el cual poder comparar las acciones implementadas a romper dicha tendencia.

El modelo de agotamiento exponencial

De acuerdo con la metodología planteada, la estimación de las proyecciones de la cubierta forestal emplea un modelo de agotamiento exponencial con tasa continua de cambio (Puyravaud, 2003).

$$CF_p = CF_0 e^{-rt}$$

En donde:

CF_p = cobertura forestal proyectada al tiempo $t+1$

CF_0 = cobertura forestal inicial al tiempo de la proyección

r = tasa anual de deforestación

t = periodo de proyección

Los valores empleados fueron una tasa r de -1.5% para un periodo t de 24 años con una cubierta forestal inicial de 2010. Los resultados de las proyecciones obtenidas, permiten generar escenarios de cubierta forestal a diez y veinte años (Figura 16-19)

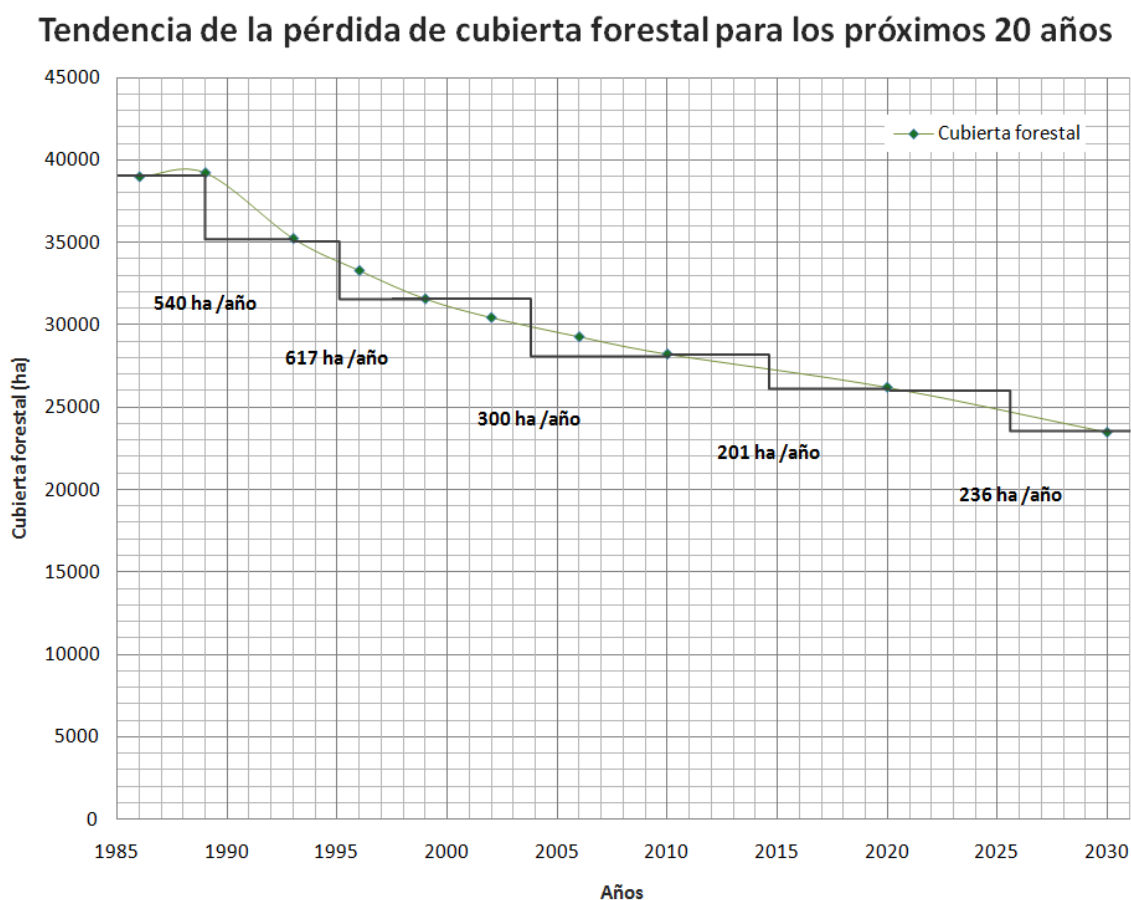


Figura 16. Escenario de tendencia de la pérdida de cubierta forestal

Análisis Tendencial de la Pérdida de Cubierta Forestal

Escenarios propuestos

De acuerdo con los datos empleados para alimentar el modelo de agotamiento exponencial, se puede observar:

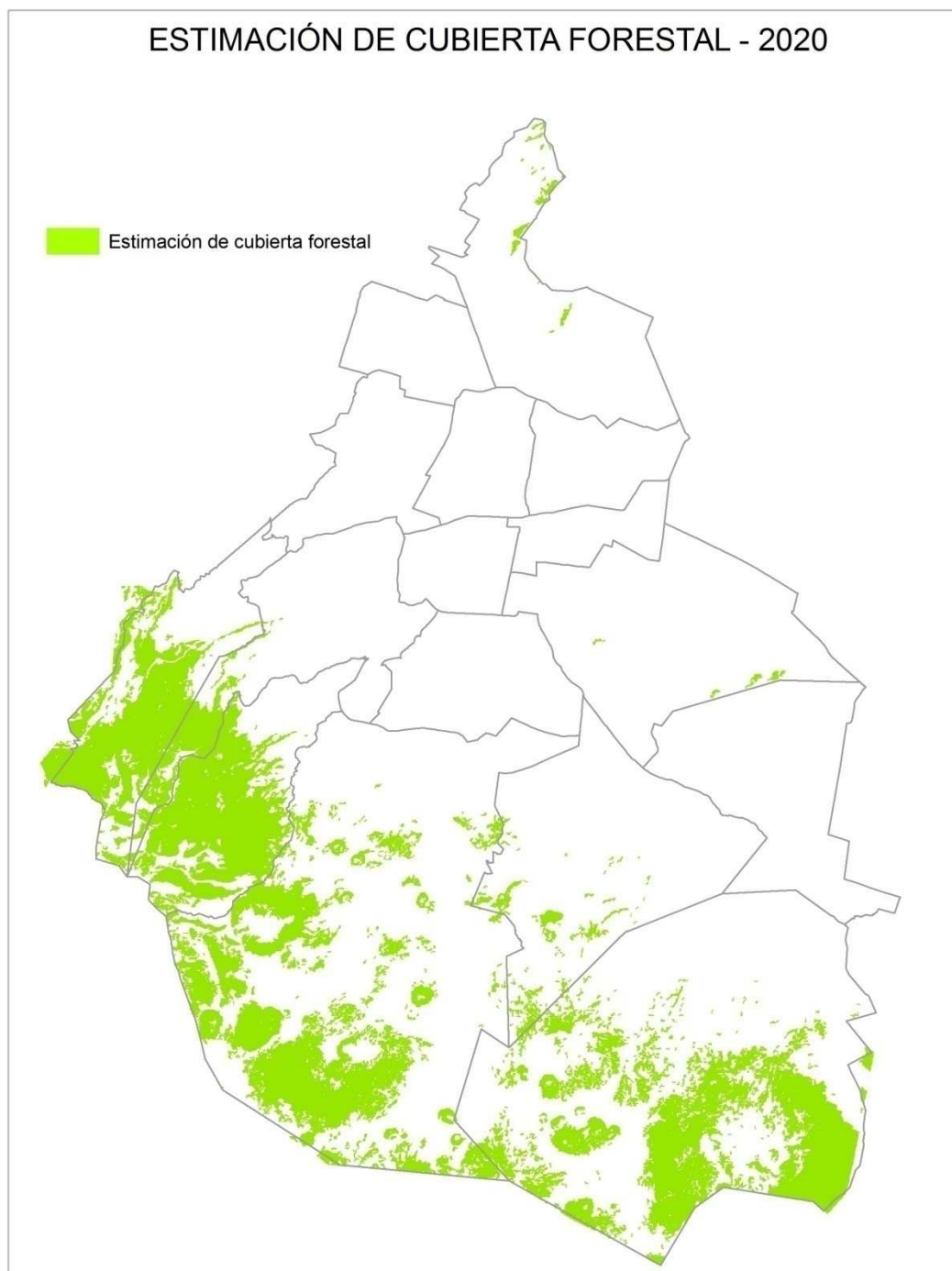


Figura 17. Estimación de cubierta forestal 2020

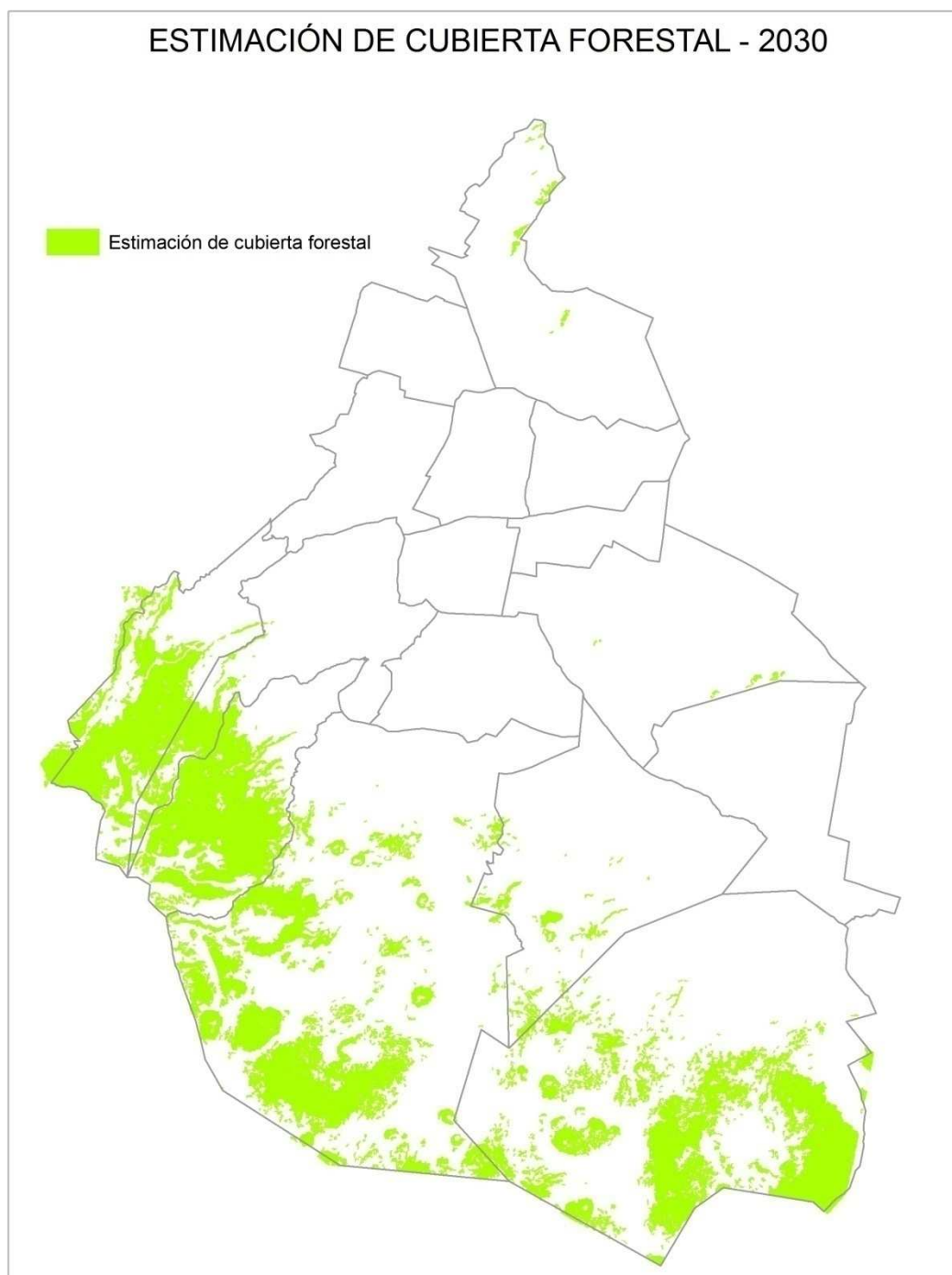


Figura 18. Estimación de cubierta forestal 2030

- una pérdida de en promedio 219 hectáreas anuales para el periodo 2010-2030;

- aunque se aprecia una disminución en el número de hectáreas perdidas, de continuar así, para 2040 se habrá perdido la mitad de la cubierta forestal presente en suelo de conservación del Distrito Federal en 1986.

Es importante mencionar que estos escenarios propuestos únicamente toman en cuenta los patrones de la dinámica de la cubierta forestal encontrados para el periodo de estudio 1986-2010, por lo que las acciones implementadas a futuro, pueden modificar sin duda los resultados hacia la proyección. Sin embargo, es posible mediante el modelo, predecir que:

- Para poder garantizar que para 2030 se mantenga el mismo número de hectáreas con las que se cuenta en 2010, sería necesario de acuerdo con el modelo tendencial, la reforestación con cubierta forestal de alrededor de 98 hectáreas más, de las que la tasa de reforestación vaya marcando anualmente. Este dato se vuelve importante en cuanto se convierte en una meta accesible en cuanto las posibilidades de gestión del suelo de conservación del Distrito Federal lo permitan, sin embargo es necesario considerar que este dato, se obtienen del análisis de las variaciones del modelo tendencial propuesto, por lo que tendrían que cumplirse todos los supuestos del algoritmo
- En cuanto al análisis por delegaciones, es importante recordar que las delegaciones de Milpa Alta y Tlalpan, representan un gran porcentaje de toda la cubierta forestal del Suelo de Conservación, por lo que mantener esquemas eficientes de regeneración de cubierta forestal es imprescindible para lograr el éxito de mantener cubierta forestal. Sin embargo cada delegación, presenta retos diferenciados, en la primera es necesario un esquema intensivo de reforestación en bosques abiertos, que permitan mantener constantes los valores de densidad forestal, mientras que en Tlalpan y sus delegaciones aledañas hacia el noroeste, es necesario un esquema de recuperación de la continuidad del bosque principalmente

- En cuanto a lo sucedido en ANP, Se analiza para el caso del sur del Distrito Federal, los Parques Nacionales Desierto de los Leones y Cumbres del Ajusco y la zona sujeta a conservación ecológica denominada Parque Ecológico de la Ciudad de México; por tratarse de ANP ubicadas completamente en la porción sur del Suelo de Conservación. En total para estas tres ANP, la cubierta forestal representaba en 1986 un total de 2 262 ha, las cuales disminuyeron casi en 50% hasta alcanzar las 1 444 ha para 2010. Sin embargo y de acuerdo con el modelo tendencial elaborado de acuerdo con los patrones de dinámica forestal observados, para 2030 se prevé una muy ligera recuperación de la cubierta forestal en estas ANP, alcanzando 1 488 ha. En cuanto a los valores de la densidad forestal, se observa que para 1986 el valor del ICF promedio ponderado para las tres ANPs es de 49.6, mientras que para 2010 se observa un valor promedio de 51.4 y de 45.3 para 2030, lo que habla de procesos de reforestación intensos, que sin embargo no recuperan áreas perdidas, sino la re-densificación en otras, principalmente las alteradas por incendios y procesos naturales principalmente

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Centro GEO. 2008. Importancia del capital ecológico de la región del Corredor Biológico Mesoamericano-México: evaluación de la biodiversidad, ciclo hidrológico y dinámica de la cobertura forestal. Centro de Investigación en Geografía y Geomática, Centro GEO; Corredor Biológico Mesoamericano-México, Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Semarnat, México. 95 pp.
- Congalton, R.G.; Green, K. 1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. Boca Raton, FL: Lewis Publishers. 137 p.
- Congalton, R. G. (2004). Putting the map back in map accuracy assessment. In R. S. Lunetta, & J. G. Lyon (Eds.), Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment (pp. 1 – 11). Boca Raton7 CRC Press LLC.
- Crist, E.P. & Kauth, R.J. 1986. The Tasseled Cap De-Mystified. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52(1), 81-86.
- Chen, W., Moll, R. H., Haddon, B. D., Leblanc, S., Pavlic, G., Fraser, R., Fernandes, R., Latfovic, R., Cihlar, J. & Bridge, S. R. 2006. Canada's Forest Cover Indicator: Definition, Methodology and Results. Natural Resource Modeling, 19: 91–116.
- Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, 2008. *Inventario y Monitoreo de los Ecosistemas Forestales en el Suelo de Conservación del Distrito Federal*.
- INIFAP, 2010 (a). Estimación de captura de carbono como indicador del estatus del derecho de los habitantes del Distrito Federal a gozar de áreas verdes urbanas adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar. Componente: Estimación de almacenamiento de carbono en el Suelo de Conservación del Distrito Federal. México DF. 51 p

- INIFAP, 2010 (b). Estimación de captura de carbono como indicador del estatus del derecho de los habitantes del Distrito Federal a gozar de áreas verdes urbanas adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar. Componente: Metodología de selección de sitios de muestreo y procesamiento de datos de almacenamiento de carbono para estimar la tendencia de estos servicios a futuro. México DF. 26 p.
- ONU. 2005. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe de Naciones Unidas. New York.
- Price, K.P., Guo, X., Stiles, J.M., 2002. Discriminant analysis of Landsat TM multi-temporal data for six grassland management practices in eastern Kansas. In: Proceedings of American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Portland, OR.
- PRODERS (Programa de Desarrollo Rural Sustentable) 2003. La deforestación en 24 regiones PRODERS. SEMARNAT. México
- Puyravaud J.P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management* 117: 593-596
- Richard, J. A. & X. Jia. 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer, Berlin.
- SMA (Secretaría del Medio Ambiente). 2010. Transformación de la cobertura del suelo de conservación del Distrito Federal. OEIDRUS DF. México
- Vescovo L. & Gianelle D. 2007. Using the MIR bands in vegetation indices for the estimation of grassland biophysical parameters from satellite remote sensing in the Alps region of Trentino (Italy). *Advances in Space Research*, 41(11)1764-1772.
- Wulder, M., J. Dechka, M. Gillis, J. Luther, R. Hall, A. Beaudoin and S. Franklin. 2003. Operational mapping of the land cover of the treed area of

Canada with Landsat data, EOSD land cover program. *For. Chron.* 79 (6): 1075–1083

Wulder, M., White, J., Luther, J., Strickland, G., Remmel, T. and S. Mitchell. 2006. Use of vector polygon for the accuracy assessment of pixel-based land cover maps. *Can. J. Rem. Sens.* 32(3): 268–279.

Wulder, M. A., White, J. C., Cranny, M., Hall, R. J., Luther, J. E., Beaudoin, A., Goodenough, D. G. and J. A. Dechka. 2008. Monitoring Canada's forests. Part 1: Completion of the EOSD land cover project. *Can. J. Rem. Sens.* 34 (6): 549-562.

IV. conclusiones

En cumplimiento de los términos de referencia de este estudio, este apartado incluye dos productos: Un documento analítico relativo a la presión urbana y afectación por tala clandestina. Y el Diagnóstico cartográfico, que reporta los principales hallazgos de este estudio, producto con el cual se concluye este trabajo.

ANALISIS DE LA PRESIÓN URBANA Y AFECTACIÓN POR TALA CLANDESTINA

En este documento, se analizan las presiones urbanas, desde un enfoque de ecosistema urbano que concibe a la ciudad y su entorno natural y rural como un sistema complejo en el que la suma de sus partes es más que el todo, y en donde la alteración de alguno de sus componentes altere al resto. De ahí que se aborden las presiones urbanas en un sentido amplio y que este análisis no se pueda limitar a las presiones urbanas a los bosques, sino al contexto en el que se localizan: el suelo de conservación. La comprensión de las presiones urbanas permitirá conformar argumentos para pasar de políticas correctivas o de bajo impacto, a políticas preventivas o disuasivas.

Como tema que abre este documento se plantea la importancia de los bosques para el Distrito Federal, y el estrés al que están sometidos, lo que se manifiesta en la pérdida de cobertura forestal y una muy alta fragmentación, lo que se documenta con algunos resultados de este proyecto. En un siguiente inciso se presentan aproximaciones conceptuales que, como se dijo, se sustentan en la perspectiva de ecosistema urbano, en el marco de servicios ecosistémicos. Se argumenta la contradicción de esta perspectiva con la visión de la gestión del suelo de conservación como una parte separada del resto de la ciudad.

El tercer inciso es propiamente el que refiere las presiones urbanas sobre el suelo de conservación. En este tema se trata el problema de la expansión

urbana de las ciudades y el caso del Distrito Federal, en donde se aprovecha para hablar sobre los procesos de informalidad, así como los intereses inmobiliarios. Se abordan también las presiones demográficas vistas como las tendencias de ocupación hacia el suelo de conservación, así como el grado de sellamiento de los asentamientos humanos sobre el suelo de conservación.³ Para complementar esta temática que conforma la demanda por suelo, se habla de la contraparte, la oferta de tierras que ocurre por las presiones de los dueños de la tierra por cambiar los usos del suelo a renta urbana, en donde se explican los procesos causales que provocan este interés. De manera muy escueta, ya que no se cuenta con información, se plantea el problema del saqueo de tierra, que afecta severamente los bosques y otras zonas del suelo de conservación. Se concluye con un apartado sobre la gestión pública vista como un factor al que se le pueden atribuir ciertos detonantes de las presiones urbanas.

Finalmente, el cuarto inciso aborda el tema relacionado con tala clandestina. Ello a partir de análisis cartográfico, pues como se sabe se trata de un problema muy delicado, del cual no existe información concreta acerca de cuáles son los diferentes procesos relacionados con la tala, ya que puede tratarse de aprovechamientos, tala para abrir espacios para la agricultura, pastoreo y en menor medida, para usos urbanos. Se adjunta, en el Marco de Colaboración entre el CentroGeo y PAOT, resultados comprometidos para el estudio *Evaluación de la vulnerabilidad ambiental que presenta el suelo de conservación por la pérdida de servicios ecosistémicos a consecuencia del cambio de uso de suelo*, pero al igual que el estudio de sellamiento los resultados son de utilidad para ambos proyectos. Este resultado se denomina: Cambios drásticos sobre zonas de alto valor ecosistémico por infiltración, captura de carbono y provisión de hábitat, que de hecho refiere procesos de tala ocurridos por diferentes causas, y se adjuntan en el Anexo II.

³ Este resultado se entregó como parte del Estudio: *Evaluación de la vulnerabilidad ambiental que presenta el suelo de conservación por la pérdida de servicios ecosistémicos a consecuencia del cambio de uso de suelo*. Los resultados se replican en este documento en el Marco de Colaboración del CentroGeo y PAOT, pero este documento no forma parte de la entrega formal.

I. Importancia de la cobertura forestal del suelo de conservación

La cobertura forestal del suelo de conservación cumple con funciones ecosistémicas vitales para el funcionamiento del ciclo hidrológico de la Cuenca del Valle de México: retiene el suelo, reduce la velocidad de escurrimiento del agua, evita la erosión, y aumenta la capacidad de recarga de los mantos freáticos. De suma importancia es que la recarga de agua que ahí se produce es vital para la estabilidad física de la ciudad pues evita los hundimientos diferenciales que tantos estragos producen en la ciudad. Asimismo, los bosques son sumideros de carbono y contribuyen de manera sustancial a reducir el efecto invernadero atmosférico; tiene efectos para la regulación climática y es también un banco natural que permite el mantenimiento y la evolución de la biodiversidad.

Los bosques de la Ciudad de México forman parte de un continuo de serranía predominantemente boscosa, de gran importancia para el centro del país, conocido como Bosque de agua, por los servicios ecosistémicos que de ahí se obtienen. En esta zona también se localiza el corredor biológico Chichinautzin reconocido por la CONABIO como *Región Prioritaria de Conservación* y como *Región Hidrológica Prioritaria* a nivel nacional⁴. Se caracterizan por tener especies arbóreas dominantes con afinidad boreal y localizarse siempre arriba de la cota de los 2 600m.

No obstante, los bosques del Suelo de Conservación muestran múltiples síntomas de un sistema bajo estrés. Ello se manifiesta en la reducción de la capacidad de resistencia a los impactos y presiones que inciden de manera permanente sobre las áreas naturales de la región, lo que se conoce como resiliencia (capacidad de los ecosistemas de recibir impactos negativos y recuperar sus condiciones originales, a modo de un rebote elástico). La disminución progresiva del vigor del arbolado, también conocida como declinación forestal, es evidencia de ello.

⁴ www.conabio.gob.mx

Los mismos resultados de este esfuerzo indican que de 1986 al 2010 se perdieron en promedio 447ha. Los resultados cambian para los diferentes periodos, ya que en promedio, de 1999 a 2010 se perdieron alrededor de 300ha anuales. El dato importante es que en 1986, la cubierta forestal significaba el 44% del suelo de conservación; en tanto que en 2010, esta se ha reducido al 33 por ciento de este espacio.

Dicho de otra manera, de 1986 al 2010, se perdió un total de 10,611ha. Esto es, el 27.3% de las 38,839ha que había en el primer año del análisis. De estas hectáreas, sólo alrededor de 400ha cambiaron a usos urbanos,⁵ el resto se transformó en lo que en este estudio se le denomina suelo abierto: agricultura, pastizales, cobertura vegetal (incluso bosques poco relevantes) matorrales o incluso a suelo desnudo.

Más grave todavía es la fragmentación de los bosques. De 1986 a 2010, se duplicó el número de parches, al pasar de 570 parches, con 67 hectáreas en promedio, a 939 con un área de 31 hectáreas.

De seguir así, para el 2030 se habrá perdido un promedio de 219ha en cada año; esto es dentro de 20 años el suelo de conservación tendrá 4,380ha menos, de las que se pueden apreciar hoy.

El estudio también revela que aún se conservan macizos boscosos de alta calidad ecológica que es indispensable no sólo conservar, sino densificar o conectar, según sea el caso, lo cual precisa entender cuál es la problemática que significa para estos bosques las presiones urbanas, vistas en un sentido amplio de la vinculación entre bosques, suelo de conservación y ciudad.

II. Aproximaciones conceptuales

El medio natural de una región interactúa bajo diversas modalidades con el medio construido, dando lugar a una funcionalidad territorial que algunos

⁵ Para muchos expertos es la vertiente de cambio más importante por ser prácticamente irreversible (salvo casos aislados y menores en términos de superficie, en los que se logra dismantelar los asentamientos e iniciar procesos de restauración).

autores denominan *Ecosistema Urbano*. Un ecosistema urbano constituye un ambiente donde el hombre ejerce un control más intenso. Requiere entradas constantes, produce salidas continuas y posee varios ciclos internos de retroalimentación. Una buena caracterización de ecosistema urbano es la siguiente:

Los ecosistemas urbanos están, por lo general, rodeados de áreas semirurales con las cuáles se relacionan muchas actividades de la ciudad y patrones de consumo, estando, al mismo tiempo, bajo el impacto de las actividades y de los residuos generados en la ciudad⁶ Son, por consiguiente, en la mayoría de los casos, también parte integrante del ecosistema urbano, aunque en ellos predomine, en apariencia, el paisaje natural sobre el paisaje artificial.⁷

Se parte de la idea de que las ciudades presentan dos posturas frente al capital natural, la primera es un rol activo, pues determina la apropiación y degradación del mismo al consumir los servicios ecosistémicos, al tiempo que genera residuos contaminantes. Todo esto ocurre sin restricciones y sin aparente violencia, ya que obedece a una lógica económica convencional, que considera que el capital natural es una mercancía reproducible y adquirible por el capital. La segunda es un papel pasivo, pues las ciudades son por definición insustentables, ya que no tienen capacidad para producir servicios ecosistémicos, que le son vitales.

En efecto, la ciudad demanda alimentos, agua, energía, productos forestales, y requiere del buen funcionamiento de los ecosistemas a fin de que contribuyan a la mitigación de riesgos. Asimismo, la ciudad expulsa basura, residuos industriales y de la construcción que se depositan en zonas cercanas o accesibles de las ciudades. Sus habitantes también requieren servicios culturales y oportunidades de recreación, experiencias de carácter estético y de identidad que encuentran en los espacios que cuentan con capital natural. Dicho de otra manera: por un lado, la dinámica económica y social de toda

⁶ Hardoy, 1993.

⁷ Carlos A. Amaya et al, 2005.

ciudad se expresa en distintas magnitudes e impactos en el medio ambiente;⁸ por otra, la ciudad es totalmente dependiente y vulnerable de los ecosistemas de los que se provee.

Estas presiones urbanas adquieren diferentes intensidades y de hecho, provocan las mayores presiones sobre el capital natural, e incluso pueden observarse repercusiones regionales. Asimismo, determinan la expansión e intensificación de las actividades primarias, que comúnmente conllevan procesos de deterioro de sus servicios ecosistémicos, y cuya expresión más crítica es el cambio de uso de suelo, la fragmentación de bosques y la deforestación; el sellamiento, la erosión de los suelos, la contaminación y la pérdida de biodiversidad.

Lo anterior se puede entender mejor si se considera el planteamiento de *Millenium Ecosysment Assessment*, en relación a los inductores del cambio de los ecosistemas; mismos que funcionan a diferentes escalas y tiempos, y pueden ser directos o indirectos. Los primeros operan *in situ* y pueden ser en el caso de los bosques, procesos tales como la tala, los incendios provocados, el cambio de suelo forestal, o bien, de manera positiva, la agroforestería, el saneamiento, la reconstrucción de conectores, la forestación y reforestación, el cuidado de distintos ecosistemas.

Los inductores indirectos son más difusos y mediante diversas sinergias activan a los directos. Es el caso de las presiones urbanas que se analizan más adelante. En el siguiente esquema el vínculo entre los inductores de cambio directos o indirectos.

⁸ Sergio Efrén Martínez Rivera, 2009.

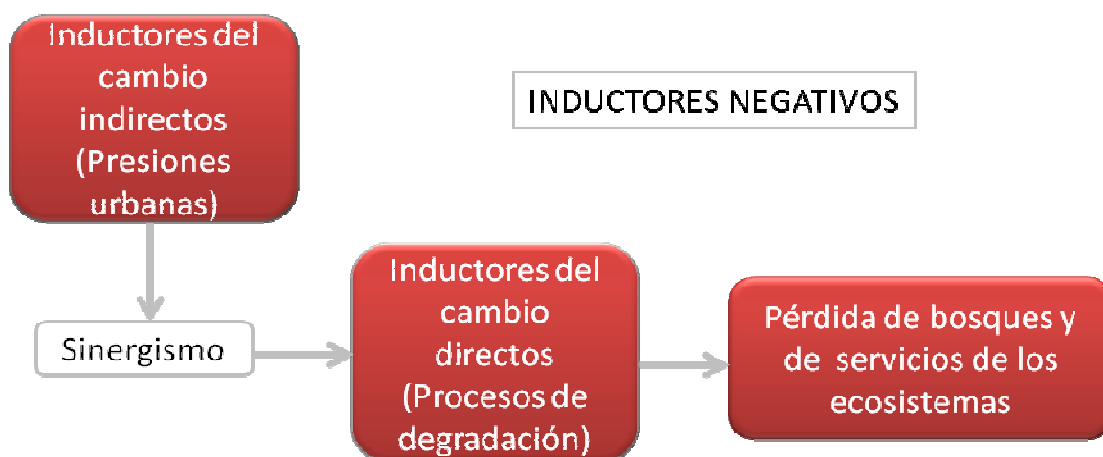


Figura 1. Inductores de cambios directos e indirectos

Ahora bien, los inductores del cambio también pueden ser cambios favorables a los ecosistemas, por lo que se debe valorar el potencial de oportunidades que ofrecen las mismas ciudades para contener los cambios de uso en los ecosistemas.⁹ En el caso del Distrito Federal, se tendría que incorporar este enfoque integral para la gestión de la ciudad, lo que se ve limitado por la división de su territorio en un espacio urbano y otro de conservación, como se puede apreciar en el siguiente inciso.

Enfoque de ecosistema urbano vs fragmentación del Distrito Federal

Como se señaló, el medio natural de una región, ya sea contiguo o distante, interacciona con el medio construido -con la ciudad- bajo diversas modalidades y como parte de un ecosistema urbano. No obstante, la zona rural del DF, denominada oficialmente *Suelo de Conservación*, ha sido considerada como una entidad “separada” del resto de la ciudad. Esta fragmentación tanto en el análisis, como en los aspectos jurídicos y en la misma gestión pública del territorio, ha provocado ineficiencia en la gestión, e incluso la segregación socio-espacial de los habitantes de este “retazo” de la ciudad, y ha influido en

⁹ Alejandro Mohar y Yosú Rodríguez, 2009

la poca valoración de sus bosques y servicios ecosistémicos que de ahí se obtienen; todo ello en agravio de los derechos ambientales de los habitantes de la ciudad.

Esto es, el enfoque tradicional que pretendía analizar la interacción urbana-rural, desde la perspectiva de dos objetos de estudio que se contraponen ha dejado de tener validez teórica. En contraparte, se plantea un enfoque que permite analizar a la zona de conservación del Distrito Federal, como un componente dinámico y fundamental de la estructura territorial, económica, política y social y, en especial, del sistema ambiental del Distrito Federal y su zona metropolitana. En realidad, en este territorio se combinan espacios urbanos y algunos usos eminentemente rurales,¹⁰ pero las formas de vida son predominantemente urbanas.¹¹ La organización del territorio no obedece a funciones duales urbanas o rurales, sino que tales funciones se traducen en asociaciones y dinámicas complejas entre ambos espacios.¹²

El enfoque de ecosistema urbano facilita el entendimiento de las presiones urbanas sobre el suelo de conservación, ya que la “zona rural” del Distrito Federal se tiene que analizar bajo la óptica de su inserción en la ciudad, tomando en cuenta la complejidad que significa para dicho espacio formar parte de la capital del país, que a su vez se inserta en la Zona Metropolitana del Valle de México, en donde habitan más de 20 millones de habitantes.

Lo anterior se magnifica al considerar la alta sensibilidad ambiental del suelo de conservación, ya que a pesar de estar suficientemente normado, en los hechos ha figurado como reserva territorial de la metrópoli, y los asentamientos irregulares continúan expandiéndose, sin que al parecer existan medidas contundentes que lo impidan, dejando sin restricciones el conjunto de presiones urbanas sobre el suelo de conservación, como se plantea en el siguiente apartado.

¹⁰ Se entiende por actividades rurales aquellas que tienen relación con el trabajo de la tierra y los recursos naturales, y la existencia de diversas formas de propiedad, particularmente ejidales, comunales y privadas.

¹¹ Claudia Barros, 1999.

¹² María Soledad Cruz, 2000.

III. Presiones urbanas sobre el suelo de conservación

La dinámica económica y demográfica de las ciudades requiere cada vez más suelo y servicios ecosistémicos. Ese crecimiento por lo general ocurre sobre los suelos agropecuarios o forestales, lo que en el caso de la Ciudad de México se traduce en una disputa por los usos del suelo entre diferentes agentes que generan fuertes presiones sobre el suelo de conservación.

Estas presiones tienen carácter eminentemente urbano, ya que se trata del fenómeno generalizado para las ciudades de expansión urbana y que a continuación se desarrollan: a) la expansión urbana de las ciudades y el caso del Distrito Federal; b) las presiones demográficas; c) las presiones de los dueños de la tierra por cambiar los usos del suelo a renta urbana, d) la presión que ejercen los habitantes que residen en el suelo de conservación, e) aproximación a las tendencias futuras de presión urbana por asentamientos, f) carreteras y , sólo por no dejar de mencionarlo, f) el saqueo de tierra que se ha convertido en un problema serio. Finalmente se presenta el apartado h) gestión urbana.

Cabe agregar, que las diversas presiones urbanas se interrelacionan, se retroalimentan, y se expresan bajo formas difusas que complican su análisis, pero que se segmentan para una mejor comprensión de las mismas.

a. Expansión urbana: suburbanización e informalidad

La expansión de las ciudades parece ser un hecho irreversible dentro del proceso evolutivo del espacio geográfico. Las ciudades crecen como efecto de diversos factores [sociales](#), demográficos, económicos, disponibilidad de terrenos, entre otros, que ejercen [presión](#) y van modelando la ocupación y los usos de los espacios contiguos. Así, "conforme se expande la ciudad, la presión de especulación y conversión de la [tierra](#) agrícola a urbana se

intensifica, provocando el detrimento de las actividades agropecuarias y del medio [ambiente](#)."¹³

La suburbanización se entiende como la extensión urbana más allá de los límites de la ciudad compacta, que genera procesos de urbanización difusa sobre la periferia de la ciudad. En el caso de los asentamientos populares, se puede hablar incluso, de una negación de la ciudad: espacios fragmentados, carentes de servicios, en muchas ocasiones vinculados a la ilegalidad y la informalidad. Los suburbios son producto tanto de la migración, como de la expulsión de habitantes de escasos recursos de las zonas centrales de la ciudad, que buscan espacios más accesibles ante el encarecimiento de las zonas centrales.

La Ciudad de México no ha estado exenta de estos procesos. La expansión de la mancha urbana en el Distrito Federal se ha dado en dos vertientes: hacia el territorio circundante correspondiente al Estado de México que define el proceso de metropolización, y hacia el suelo de conservación del Distrito Federal. Actualmente, el único territorio significativo en el Distrito Federal para continuar la expansión urbana horizontal es el suelo de conservación, por lo que éste experimenta fuertes tensiones entre valor de uso y valor de cambio de los predios.

Estas zonas conllevan una absurda extensión espacial de infraestructura y equipamiento urbano, con altos costos e ineficiencias en el funcionamiento de la ciudad, e intensifican las presiones en la zona perimetral entre el suelo urbano y el suelo de conservación. Incluso, un factor catalizador que acelera la urbanización, es la práctica de extensión ilegal de servicios públicos.

Dicho modelo de urbanización ha significado un enorme estrés para el medio ambiente natural de la ciudad. Estas presiones se traducen en el deterioro del capital natural y la afectación de los ecosistemas y sus servicios que, paradójicamente, significan la viabilidad de los asentamientos humanos.

¹³ Bazant, Jan, 2001.

Informalidad/ilegalidad

En el caso de la Ciudad de México este proceso ha ocurrido a costa de la ilegalidad, conjugada con intereses de distintos agentes, embrollados en mecanismos de clientelismo, manipulación política y prácticas corruptas.¹⁴ Aparece así la “cultura de la informalidad” que se apoya en la ignorancia e incapacidad económica de muchos de los pobladores, en la falta de ética de líderes sociales y políticos e incluso de las mismas autoridades.

Esta forma de acceder a una vivienda se ha convertido en la “institucionalización” de la vía informal como mecanismo para acceder a la propiedad de un predio; las fases, que pueden o no tener el siguiente orden, son las siguientes:

- Compra por lo general ilegal o invasión de un predio, también se observa la subdivisión irregular de predios familiares;
- Tolerancia de prácticas ilícitas de acceso a agua, energía e incluso vías de acceso y rutas de transporte informales; así como disposición de aguas domésticas a través de hoyos ciegos y de basura en lugares inapropiados.
- Presión social y política para la regularización de usos de suelo y de tenencia de la tierra, así como para la dotación de infraestructura y equipamiento urbano.

A través de los años, los asentamientos irregulares han significado diversas pérdidas y ganancias para los actores que intervienen en el proceso:

Ganancias:

- Aportación de votos en los procesos electorales y diversas formas de clientelismo;

¹⁴ Roberto Eibenschutz Hartman, et al, 2009.

- Solución a una demanda social para la cual no ha existido una solución contundente;
- *Modus vivendi* y enriquecimiento de algunos líderes;
- Ocupación de suelo barato y “solución” a la falta de vivienda para las familias;
- Mayores ingresos para los ejidatarios que optan por el valor de cambio de la tierra, a pesar de ser un proceso ilegal.

Pérdidas:

- Para los pobladores del SC, generación de problemas sociales derivados de la ilegalidad de la ocupación (por tenencia o por uso) y falta de servicios, así como incertidumbre jurídica que se puede prolongar en forma indefinida y corren el riesgo de perder su patrimonio;
- Altos costos económicos para los habitantes por pago de cuotas a los líderes por la presunta introducción de servicios, o incluso pago duplicado del predio cuando llega a regularizarse, lo que ratifica que la informalidad es costosa y no significa ninguna alternativa ventajosa para combatir la pobreza;
- Altos costos económicos y políticos para los gobiernos tanto por la presión para la introducción de servicios y regularización, como por la inversión que significa dotar de infraestructura y equipamiento a zonas no aptas para vivienda.

La otra cara de la moneda de la informalidad tiene que ver con una seria incapacidad del mercado inmobiliario formal para dar cabida a los grupos de bajos ingresos. A pesar de que la vivienda es un bien de primera necesidad, el funcionamiento del mercado inmobiliario ha operado prácticamente sin regulación. En consecuencia, el precio excesivamente alto del suelo urbanizado, en muchas ocasiones valuado a partir de la especulación, o en el mejor de los casos de las leyes del mercado, es una razón muy fuerte que

explica el grado y la persistencia de los mercados informales de tierra. A lo anterior, se suma que durante muchos años los programas de vivienda social han sido insuficientes. Este proceso ha generado la aparición de varios tipos de “mercados informales” con diferentes grados de integración que se han convertido en la única solución habitacional para los hogares de menores ingresos.¹⁵

El problema estructural y de fondo es la falta de opciones de suelo urbano y vivienda para amplios sectores de la población. Lo anterior se relaciona con el bajo poder adquisitivo de la población, ya que en los últimos años, el 75% de los habitantes obtienen ingresos por debajo de los ocho salarios mínimos;¹⁶ la mayor parte de ellos tienen que invertir alrededor de la mitad de su ingreso en alimentación y transporte. Esta situación los excluye como sujetos de crédito, en donde prevalece un sistema financiero excluyente insuficientemente regularizado.

Aunque el mapa de la ilegalidad urbana es en grandes extensiones muy parecido al de la pobreza, la extensión y la persistencia de la informalidad no puede ser explicada sólo por esta variable. Existe una red de intereses entre los que se encuentran líderes, propietarios, promotores inmobiliarios, autoridades, partidos políticos y representantes populares que lucran con la pobreza de las familias. Estos grupos han institucionalizado la “siembra de casas”, sin pagar los costos de la formalidad, abriendo opciones para que los pobladores sin recursos económicos puedan “adquirir” un predio barato, aunque no garanticen el derecho a la propiedad ni la dotación de servicios, y menos su permanencia.

Para concluir este inciso se puede decir que los procesos de suburbanización e irregularidad tienen como motor principal la búsqueda de suelo más barato. Especialistas como Connolly¹⁷ aseguran que la expansión del suelo urbano en

¹⁵ Roberto Eibenschutz Hartman, et al, 2009.

¹⁶ Fomento Solidario de la Vivienda AC, 2009.

¹⁷ Connolly, 1993.

la periferia está determinada fundamentalmente por la disponibilidad de suelo a bajo precio.¹⁸ Incluso existe un verdadero mercado inmobiliario que tiene por objeto el comercio del derecho precario a ocupar un terreno, otorgado sin sustento jurídico por los vendedores, para viviendas, generalmente de autoconstrucción que encuentran además, condiciones flexibles de pago; crédito que no requiere garantías ni requisitos formales, y en donde no se toman en cuenta las normas de construcción. Sin embargo, existen también otros agentes que son responsables de la extensión de las ciudades, es el caso de los desarrolladores inmobiliarios y la población acomodada, tema que se trata en el siguiente inciso.

Presiones de los desarrolladores inmobiliarios y de la población acomodada

Las presiones económicas de los desarrolladores inmobiliarios es altamente perjudicial para la preservación del suelo de conservación. La altísima densidad de las delegaciones centrales del Distrito Federal, y el menor costo por metro cuadrado, vuelca la mirada de los intereses inmobiliarios hacia el sur de la ciudad. En muchos casos, estas presiones se complementan con la corrupción de funcionarios que expiden permisos para desarrollos inmobiliarios y posteriormente presionan por más y más servicios.

Sorprende que la mayor parte del requerimiento de vivienda de los sectores medios y altos de la Zona Metropolitana del Valle de México se ha satisfecho en el Distrito Federal, “sobre todo en áreas ecológicas muy codiciadas por el capital inmobiliario, en Cuajimalpa y en menor medida Álvaro Obregón y Tlalpan”.¹⁹ Asimismo, han proliferado los mega desarrollos para usos comerciales y de servicios, como el de Santa Fe en Cuajimalpa, que irradian en sus zonas de influencia una mayor diferenciación entre los valores de uso y de cambio de los predios en zonas del suelo de conservación.

¹⁸ Por ejemplo, datos de campo indican que, en 2000, en la zona de los Ajuscos, Tlalpan, se podía obtener un predio irregular valuado en 100 pesos el metro cuadrado.

¹⁹ Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, versión 2001-2003.

Los sectores medios y altos también han sido partícipes del fenómeno de ocupación irregular del suelo de conservación. A las clases medias les resulta más barato los espacios destinados a la conservación, que comprar casas o departamentos al interior de la ciudad, al tiempo que disfrutan de espacios amplios y verdes. Lo anterior significa una presión en términos de vialidades, agua y drenaje.

Es evidente que se requiere una nueva política de vivienda que sea incluyente y que lejos de continuar el patrón de crecimiento extensivo, aliente la redensificación de las delegaciones centrales, con base en un ordenamiento de la ciudad; de no lograrse, las necesidades de crecimiento urbano se seguirán atendiendo a costa del suelo de conservación, más aún si se piensa en las presiones demográficas hacia el sur de la ciudad.

b. Presiones demográficas

Si bien es cierto que el Distrito Federal se ha convertido en una entidad que expulsa población, su gran masa poblacional se sigue reproduciendo y los procesos de re-localización se orientan hacia las delegaciones del sur del Distrito Federal, lo que obedece, en gran medida, a la movilidad de habitantes de las zonas centrales, así como a algunos flujos migratorios provenientes de otras entidades federativas.

Un análisis de la distribución de la población permite identificar que, de 1990 a 2005, las delegaciones del sur²⁰ registran tasas de crecimiento por encima del promedio del Distrito Federal; en tanto que en el resto de las delegaciones, se observan tasas negativas.

²⁰ De las nueve delegaciones que tienen suelo de conservación, no se incorporan a este estudio Iztapalapa ni Gustavo A. Madero, no sólo por ser muy reducida la proporción de suelo de conservación que poseen, sino porque ambas delegaciones son las más pobladas del Distrito Federal y se distorsionaría el análisis.

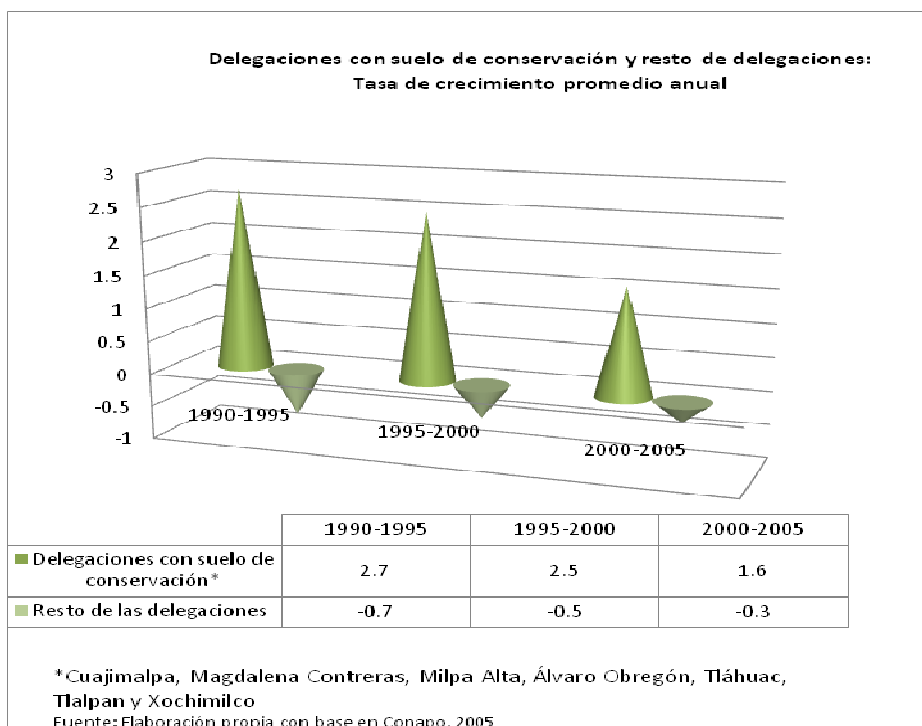


Figura 2. Distrito Federal: tasa de crecimiento promedio anual de delegaciones con suelo de conservación y sin suelo de conservación, 1990-1995; 1995-2000 y 2000:2005

Proyecciones de Conapo (2005) advierten que el incremento de población ocurrirá en las delegaciones con suelo de conservación:

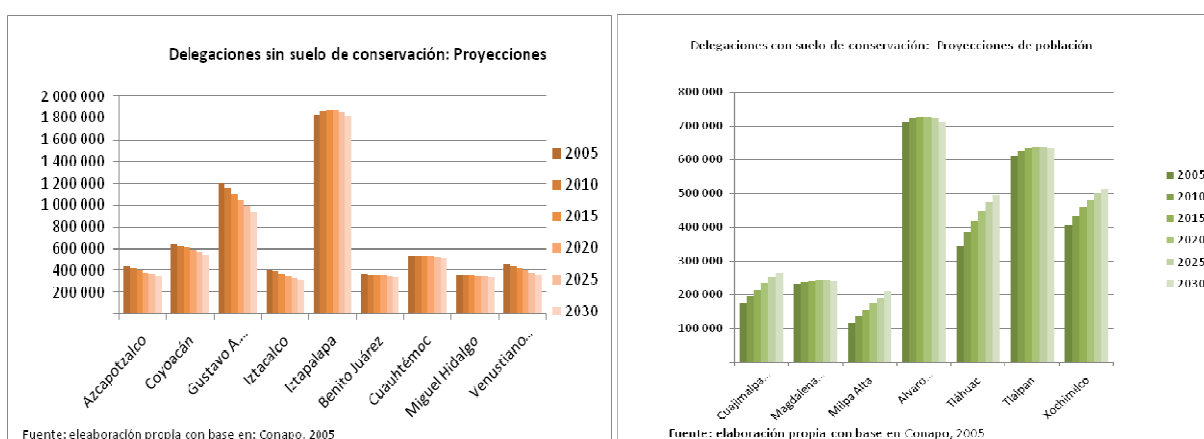


Figura 3. Distrito Federal: proyecciones de población para delegaciones con suelo de conservación y sin suelo de conservación

Con las viviendas ocurre lo mismo: es en el suelo de conservación donde se observan las mayores tasas de crecimiento. En 2000, el Censo reportó un total

de 177,075 viviendas. La tasa de crecimiento de 1990 a 200 fue en este sitio de 4.2 por ciento anual, en tanto que en el resto de la población fue de 2.8 por ciento.

A lo anterior se suma el déficit de vivienda y rezago habitacional acumulados, así como la nueva estructura de edades de la población del Distrito Federal que se traduce en un mayor número de habitantes en edades intermedias (adultos jóvenes), que motivan el incremento sustancial de conformación de nuevos hogares, ya que anualmente se constituyen 80 mil nuevas familias. Durante los próximos 25 años se tendrían que construir 957 mil viviendas (más 1.1 millones de mejoramientos); lo que plantea prácticamente “volver a construir otro Distrito Federal en la ciudad existente”.²¹ El problema es aún mayor para los grupos carentes de recursos.

Todas estas presiones por suelo para vivienda se traducen en una enorme tentación para que los dueños de la tierra vendan su propiedad.

c. Presión de los dueños de la tierra por cambiar los usos agropecuarios o forestales por renta urbana

Los suelos de uso agrícola cumplen una función esencial para la viabilidad de la ciudad y para el cumplimiento de los derechos ambientales de la población, en particular por la filtración de agua para la recarga de acuíferos, así como, con los apoyos correspondientes, podría traducirse en una vida digna para los agricultores. Asimismo, la agricultura bien podría convertirse en un cerco que proteja los sitios de alto valor ecosistémico y considerarla como una opción más allá de los aspectos productivos. Se trata de que la agricultura se transforme en una barrera que proteja las zonas de valor ecosistémico del crecimiento urbano, el sellamiento del suelo y su deterioro.

²¹ Reglas de Operación del Programa de Mejoramiento de Vivienda, 2008. En: Fomento Solidario de la Vivienda AC, 2009.

Lejos de ello, los bosques han perdido más cobertura debido a la agricultura y a los pastizales; en particular, la superficie que pierden las tierras agrícolas se destina a usos urbanos. Una posible hipótesis es que la tala de bosques por procesos agrícolas se deba al abandono de tierras que han dejado de ser fértiles, dada la lógica minera en el uso de la tierra, y la extensión de la frontera agrícola sobre bosques. Los suelos agrícolas abandonados se convierten entonces en potenciales predios urbanos.

El hecho de que los campesinos no se hayan consolidado como verdaderos defensores de la permanencia de sus tierras de cultivo, se debe cuando menos a las siguientes razones:

Diferencia abismal entre la renta inmobiliaria y la agropecuaria

La economía campesina se encuentra en creciente tensión, dado que su dinámica y las propias estrategias y decisiones de los productores están determinadas por la lógica urbana. Esto no sólo por la pujante demanda de suelo para vivienda, de la cual se habló en párrafos anteriores, sino porque sus bajos ingresos los colocan en la disyuntiva de buscar empleos no agrícolas.

Esta presión tiene su origen en el diferencial entre la renta inmobiliaria y la rural, lo que provoca que la Población Económicamente Activa (PEA) en el sector primario, encamine su esfuerzo a otros sectores de la economía. La baja rentabilidad de las actividades agropecuarias y forestales, sumada a la falta de apoyos para la conservación y la agricultura sustentable, así como la incertidumbre de la propiedad son factores que determinan que los dueños de la tierra prefieran vender su patrimonio.

Baja rentabilidad agrícola de la inmensa mayoría de los productos

Según el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del Distrito Federal (2009), los productos que ocupan más superficie son: la avena forrajera con 32% de la superficie sembrada; el maíz con 26%, y el nopal 18 por ciento. De los productos mencionados, sólo el nopal ha alcanzado importantes logros de rentabilidad. Este producto pasó de un rendimiento de 19.17 toneladas por hectárea en el ciclo 1990 a 62.27 en 1999,²² y a 74.27 en 2009.²³ Casi el 100% se cultiva en Milpa Alta y su producción está orientada a la generación de ingresos. En 2008, generó el 64% de la producción.²⁴

Las determinantes de la baja rentabilidad son, entre otras:

- El 88.5% de la agricultura en el Distrito Federal se realiza bajo condiciones de temporal.
- El 98% de los productores no se beneficia con créditos ni seguro, el 71% no utiliza tractores, el 88.5% trabaja en forma individual en superficies de temporal, sólo el 31.6% de los ejidos y comunidades cuentan con asistencia técnica y el uso de semillas mejoradas apenas representa el 7.9 por ciento.²⁵
- Falta de apoyos públicos, y cuando éstos existen muchas veces llegan de manera inoportuna.
- Pérdida de interés en la tierra y búsqueda de ingresos en otros sectores de la economía;

²² SAGARPA, 1999.

²³ Se han incorporado modalidades tecnológicas como los microtúneles, fortaleciendo así sus exportaciones, aunque todavía con insuficiente capacidad para transformarlo industrialmente en algunos de sus posibles derivados.

²⁴ SAGARPA, 2009.

²⁵ Gobierno del Distrito Federal, SEDEREC, 2010.

- Sólo se comercializa un 45% de la producción; abundan los agentes intermediarios; hay insuficiencia de centros de acopio adecuados. Muy pocos productos se exportan.

Incertidumbre en la tenencia de la tierra

Los derechos de propiedad no están consolidados, lo cual limita sustancialmente las posibilidades de activación/protección de este territorio. Ello es un factor fundamental para que los dueños de la tierra la vendan. Incluso, se da el caso de que se conviertan en verdaderos agentes inmobiliarios; constituyendo así uno de las presiones urbanas con mayor peso para el cambio de usos del suelo.

d. Presión que ejercen los habitantes que residen en el suelo de conservación

Las zonas urbanas que se encuentran en el suelo de conservación son, en sí mismas, una fuerte presión para el capital natural, en términos de contaminación, de presión para la dotación de servicios y carreteras. Además, significan puntos de atracción de nuevos pobladores, dado que tanto los pueblos rurales, como los programas parciales e incluso algunos asentamientos irregulares cuentan con servicios básicos. La conectividad e incluso la conurbación entre asentamientos, en particular los de mayor tamaño y densidad, es una tendencia que se puede observar en los conglomerados del suelo de conservación.

Población

Según datos del estudio del Instituto de Geografía de la UNAM y la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal, en diez años, un total de 206,272 habitantes se sumaron al suelo de conservación del Distrito Federal. Xochimilco es por mucho la delegación con más habitantes en el suelo de conservación, aunque las más altas tasas de crecimiento medio anual se presentaron, de 1990 al 2000 en Magdalena Contreras y Milpa Alta. Durante

este periodo, el crecimiento medio anual de la población en las ageb localizadas en el suelo de conservación fue de 3.6 por ciento; en tanto que en promedio, el conjunto de estas delegaciones creció en 2.4 por ciento. Hay que aclarar, que no todo el suelo de conservación está cubierto por ageb, por lo que los datos seguramente se incrementan si se consideran asentamientos humanos irregulares que no están registrados en estas áreas del inegi.

Suelo de conservación: crecimiento demográfico 1990-2000					
Población					
Suelo de conservación	1990	Porcentaje	2000	Porcentaje	TCMA
Cuajimalpa	52,018	10.7	64,560	9.3	2.2
Magdalena	24,349	5.0	43,382	6.3	5.6
Milpa Alta	57,288	11.8	90,728	13.1	4.5
Álvaro Obregón	40,198	8.3	52,624	7.6	2.7
Tláhuac	66,277	13.7	100,851	14.6	4.1
Tlalpan	82,229	17.0	122,089	17.7	3.9
Xochimilco	162,487	33.5	216,884	31.4	2.9
Total	484,846	100	691,118	100.0	3.6
Fuente: Elaboración propia con base en Instituto de Geografía de la UNAM y GDF, Secretaría de Medio Ambiente, Corena, 2007					

Tabla 1. Distrito Federal: suelo de conservación: crecimiento demográfico 1990-2000, con porcentaje y tasa de crecimiento media anual

En la siguiente gráfica se presentan los mismos datos de incremento de la población, para que se puedan hacer comparaciones de los tamaños y ritmos de crecimiento.

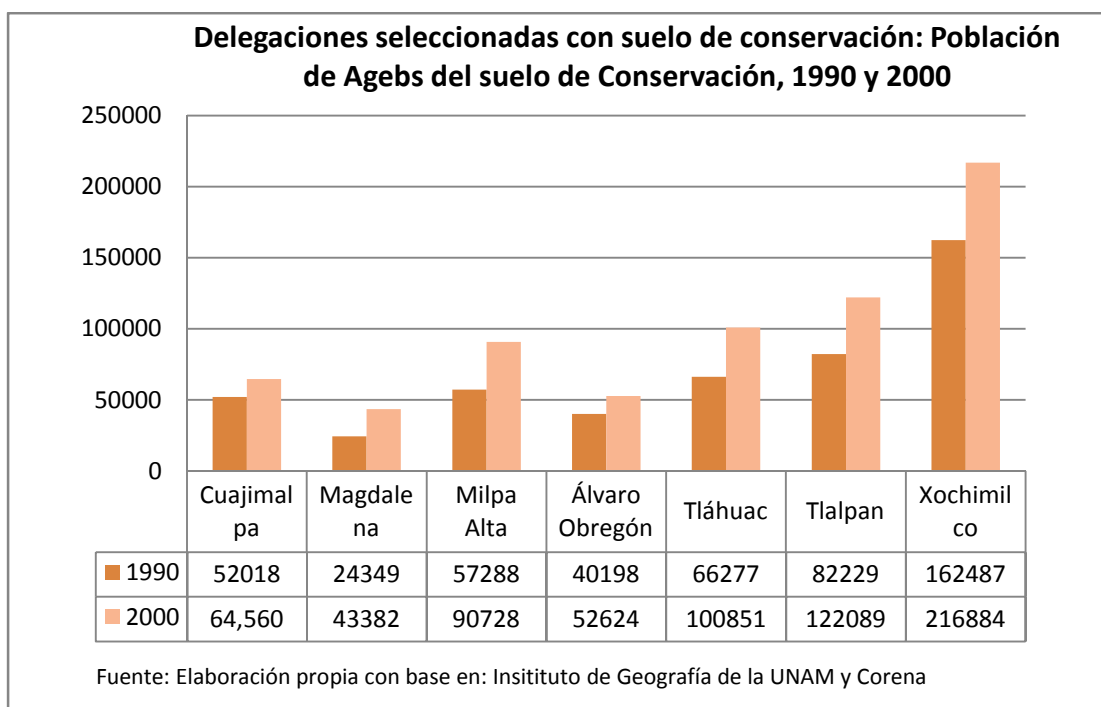


Figura 4. Distrito Federal: Población por área geostatística básica (ageb) en las delegaciones con suelo de conservación

Impacto territorial de los asentamientos humanos en el suelo de conservación

La extensión de los asentamientos humanos en el suelo de conservación ha sido una constante. Una manera de apreciar el daño de los mismos sobre este espacio es a partir del grado de sellamiento que presentan los polígonos de asentamientos urbanos. Esta es una metodología que a partir de percepción remota distingue el grado de sellamiento sobre polígonos urbanos. Este es un resultado no comprometido en los términos de referencia, y se adjunta como Anexo I titulado: *Análisis del Sellamiento que presentan en el 2010 los asentamientos humanos, ubicados en el suelo de conservación*. Los alcances de este resultado son transversales a este proyecto y al del *Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal*. De hecho, dicho anexo se entregó como parte del proyecto antes citado. Sin embargo, y como se señaló, una vez realizada la entrega formal, y en el Marco del Convenio de Colaboración entre el CentroGeo y PAOT, se replican aquí los resultados:

El concepto de sellamiento como un proceso de transformación de zonas rurales, implica la eliminación de la vegetación existente, cambios en el uso de tierras para pastoreo o cultivos y la tendencia a pavimentar innecesariamente grandes áreas con calles y aceras y a utilizar sistemas constructivos pesados, asentados sobre el suelo en toda el área de la vivienda, lo que genera concentración urbana, disminución de la recarga por impermeabilización del suelo, invasión del hábitat de especies nativas, provocación de inundaciones aguas abajo y deterioro de servicios ambientales en general.

De acuerdo con los resultados generados, se obtuvo la estimación del porcentaje de sellamiento para 18 946 polígonos urbanos, que representan el 8.5% del total de suelo de conservación del Distrito Federal.

- El sellamiento, se caracteriza por una gran zona urbana central (generalmente pueblos rurales y programas parciales) con valores altos de sellamiento, rodeada de varios polígonos muy pequeños (asentamientos irregulares) cuyos porcentajes de sellamiento son considerablemente menores.

De acuerdo con los resultados generados, se obtuvo la estimación del porcentaje de sellamiento para 18 946 polígonos urbanos, que representan el 8.5% del total de suelo de conservación del Distrito Federal. Los valores de sellamiento en dichos polígonos cubren un rango de 10 a 71% con un promedio de 24.3 por ciento.

- De 1970 a 2005, la superficie urbana en el suelo de conservación ganó 4,878ha; esta superficie pudo haber correspondido a usos agrícolas, pastizales, matorrales, entre otros.
- La cobertura boscosa que existía en 1970 y que en 2005 tiene usos urbanos es de sólo 400ha.²⁶

²⁶ Hay que aclarar que, como se señala a lo largo del documento, el suelo agrícola es el que en mayor medida se transforma en urbano, y que la cobertura boscosa pierde su mayor extensión por usos agrícolas.

- Las delegaciones que muestran un mayor porcentaje de sellamiento corresponden a Álvaro Obregón (28.2%) y Tlalpan (26.5%).
- Mientras que el resto de las delegaciones se encuentra por debajo de la media reportada.
- En cuanto a la extensión que ocupan y el número de polígonos presentes, Xochimilco presenta el mayor número de polígonos urbanos con 5,975 (cerca de la tercera parte del total);
- Tlalpan ocupa la mayor extensión de los mismos con 2 152 ha.
- En suma estas dos delegaciones representan más del 50% de la extensión de polígonos urbanos y son los que mayoritariamente definen el promedio de sellamiento obtenido.

En cuanto a los patrones observados en los resultados, se puede identificar un efecto en expansión de la disminución del porcentaje de sellamiento vs el aumento en el número de polígonos cuantificados. Es decir, el sellamiento, se caracteriza por una gran zona urbana central (generalmente pueblos rurales) con valores altos de sellamiento, rodeada de varios polígonos muy pequeños (asentamientos irregulares), cuyos porcentajes de sellamiento son considerablemente menores

En el siguiente mapa se presentan el sellamiento que se detectó mediante técnicas de percepción remota conservación, y los bosques que aún sobreviven en este espacio. Resulta alarmante percibir como existen asentamientos humanos que están muy cercanos a los bosques, o incluso insertos en los mismos. Sin duda, esta es la presión más drástica que pueden tener los bosques, ya que el sellamiento es prácticamente irreversible.

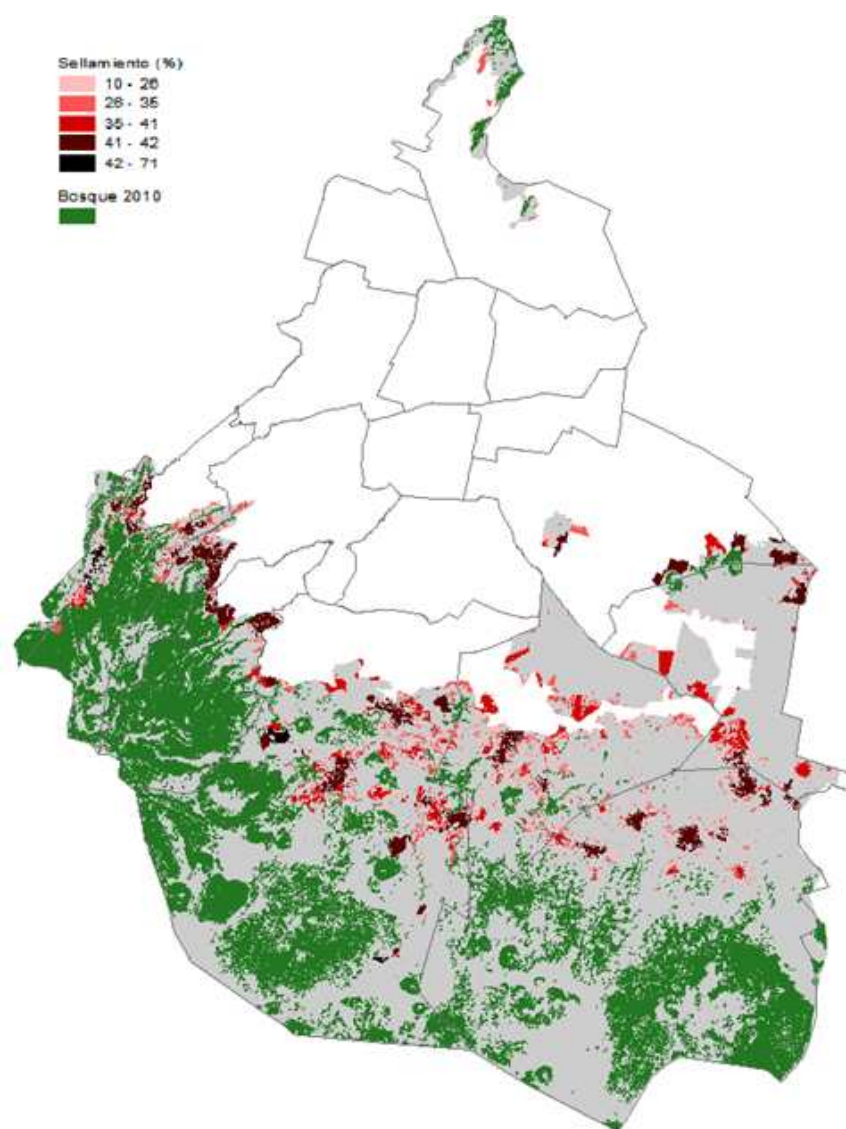


Figura 5. Mapa de bosques y zonas selladas, 2010

Asentamientos irregulares

En el 2010, se puede hablar (salvo algunos espacios no urbanizados) de asentamientos continuos, desde La Magdalena Contreras hasta Xochimilco, Milpa Alta y Tláhuac. Actualmente, lo que se observa es la extensión de asentamientos humanos, mismos que aparecen por la vía de invasiones hormiga. Una nueva modalidad, es la instalación de asentamientos al interior de bosques, mismos que no se pueden detectar por fotografía aérea o imagen satelital. Además, existen muchas viviendas en situación de riesgo por inundaciones o deslizamientos de tierras. Sin duda la pobreza de la mayor parte de sus moradores también es un factor de tensión, dadas la falta de

drenaje o fosas sépticas de calidad, los tiraderos de basura y su localización en cauces de ríos. Lo anterior no sólo atenta en contra de los derechos humanos básicos de estos ciudadanos, sino que vulnera sus derechos ambientales.

Las tendencias indican que esta presión urbana continuará empujando la ocupación irregular del suelo de conservación, sin más límites que los establecidos por las características naturales del propio suelo. De hecho, el único territorio.

e. Aproximación a las tendencias futuras de presión urbana por asentamientos

Cabe reiterar que esta aproximación sólo refiere a la presión urbana en su modalidad más directa y visible, es decir, los asentamientos humanos en suelo de conservación. La metodología de este apartado se presenta en una nota adjunta a este documento.

2. Zonas de cobertura forestal amenazadas por asentamientos humanos en 2010

En la figura 6 se muestra un mapa en donde se sobreponen la capa de asentamientos humanos y la capa de cobertura forestal tematizada por el índice de cobertura forestal para el año 2010.

En el mapa se observa que la mayor cantidad de bosque se encuentra al sur y poniente del suelo de conservación en territorios pertenecientes a las delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón, La Magdalena Contreras, Tlalpan y Milpa Alta.

En Tlalpan y Milpa Alta se encuentra el mayor número de zonas con un índice de cobertura forestal alto, lo que nos indica que en esos lugares es en donde hay zonas con bosques más densos. También se observan algunas zonas con

alto valor del índice de cobertura forestal en Cuajimalpa, Gustavo A. Madero y en la frontera entre Tláhuac e Iztapalapa.

En Tlalpan se encuentran varias zonas de alto índice de cobertura forestal que se encuentran amenazadas por la cercanía de asentamientos humanos o que cuentan con asentamientos humanos dentro (figura 7). Este fenómeno también se encuentra en Cuajimalpa (figura 8), en la frontera entre Tláhuac e Iztapalapa (figura 9) y en la delegación Gustavo A. Madero (figura 10).

En el sur y poniente del suelo de conservación aun existen amplias zonas de bosque que no se encuentran amenazadas por asentamientos humanos.

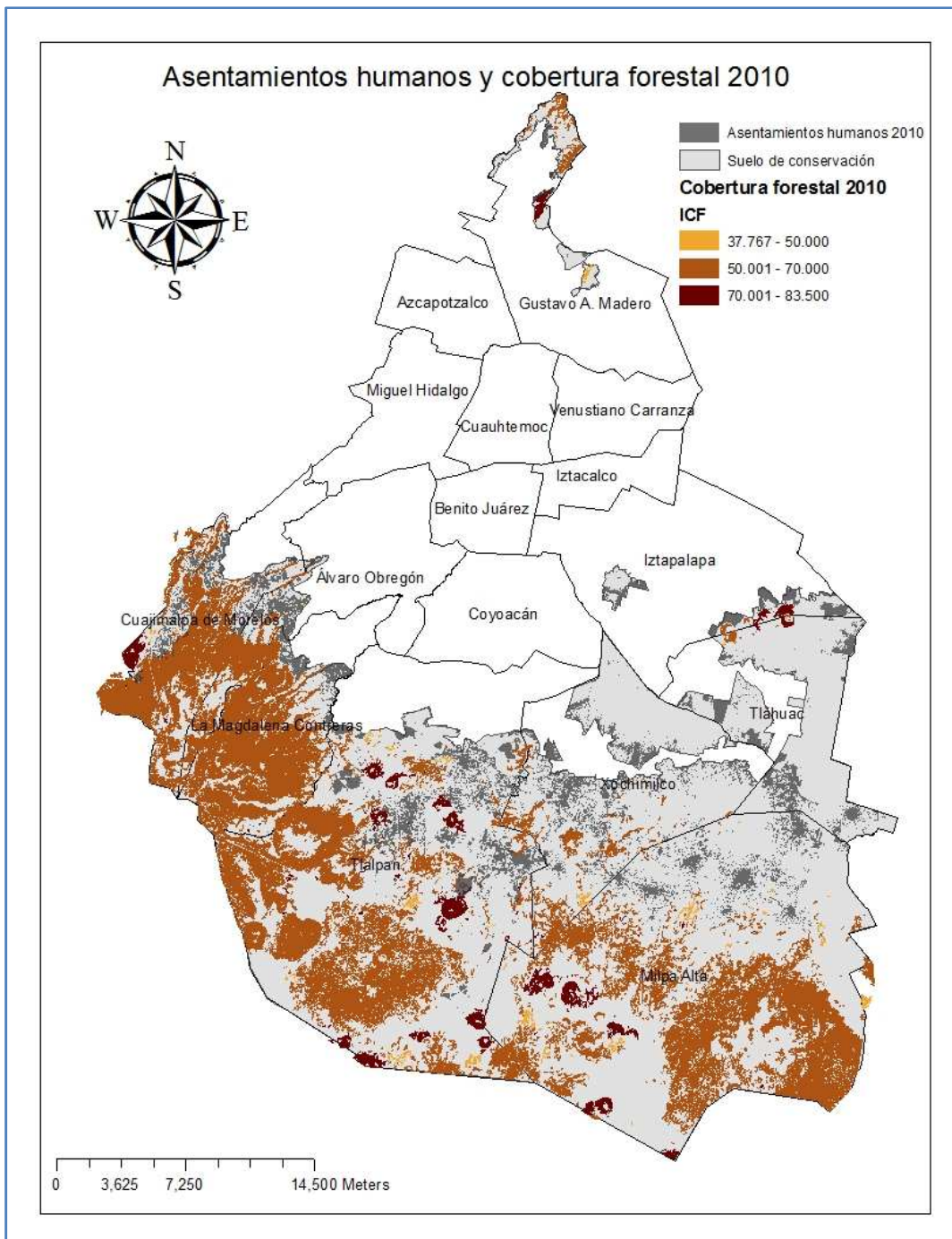


Figura 6. Asentamientos humanos y cobertura forestal 2010

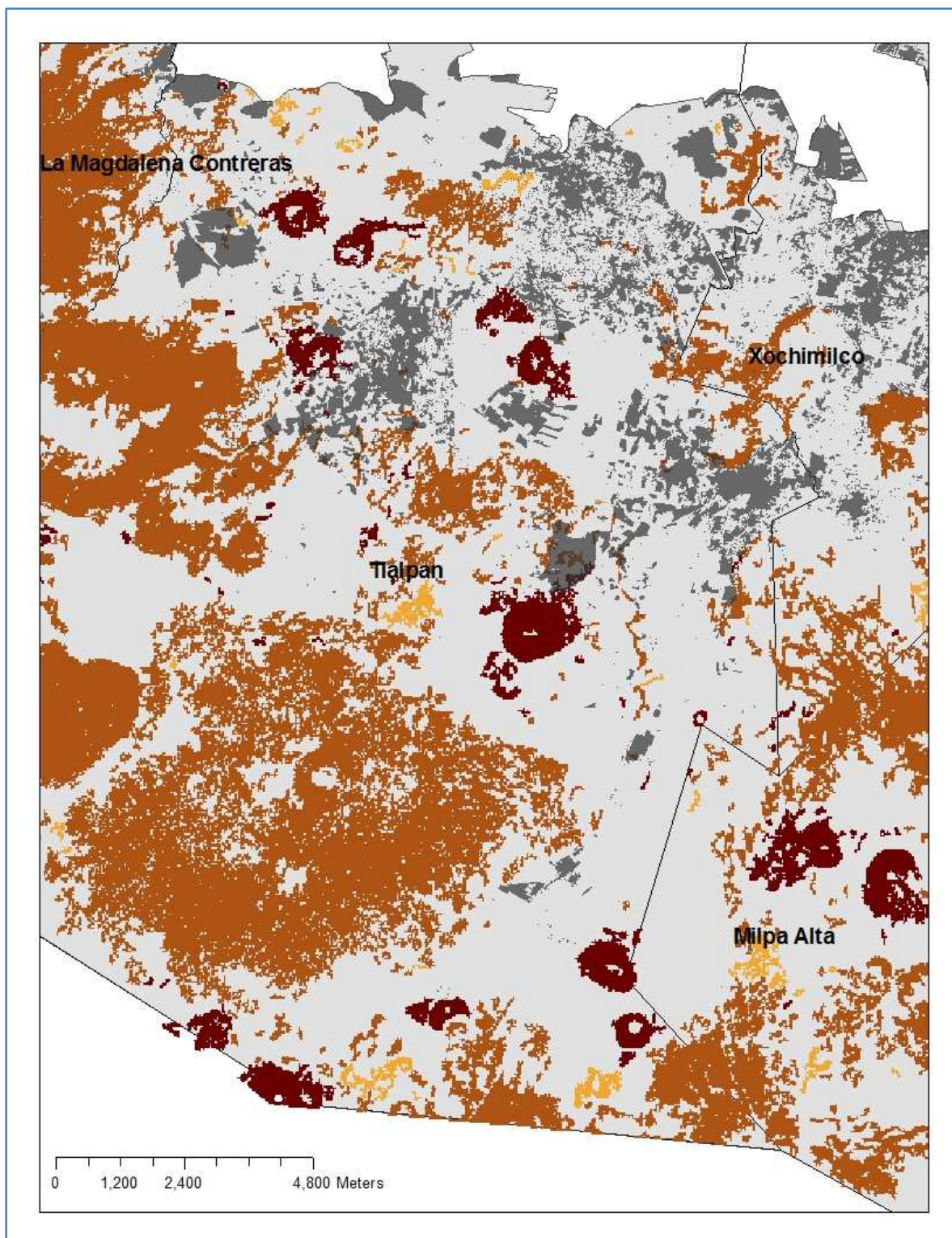


Figura 7. Zonas de bosque con alto índice de cobertura forestal amenazadas por asentamientos humanos (Tlalpan)

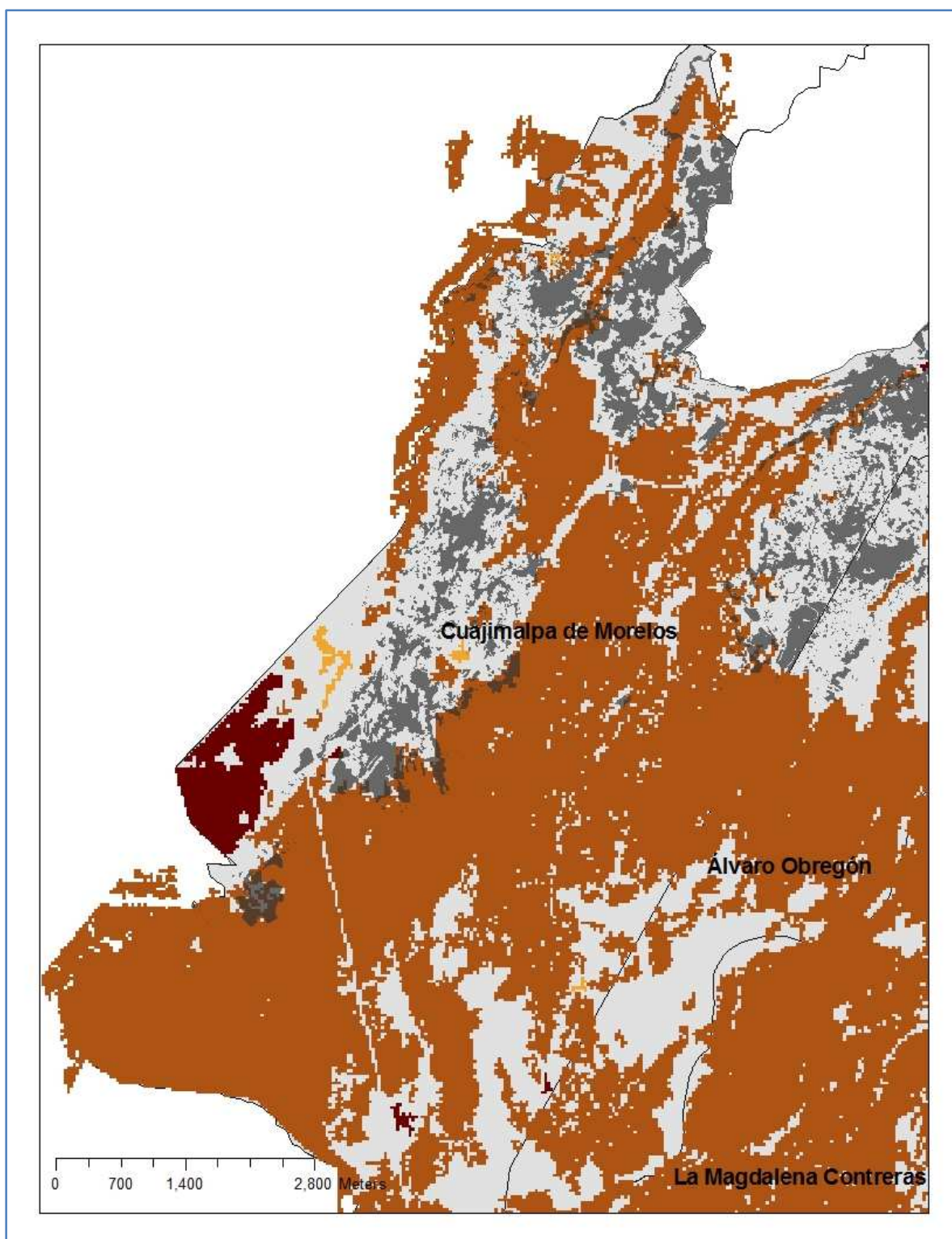


Figura 8. Zonas de bosque con alto índice de cobertura forestal amenazadas por asentamientos humanos (Cuajimalpa).

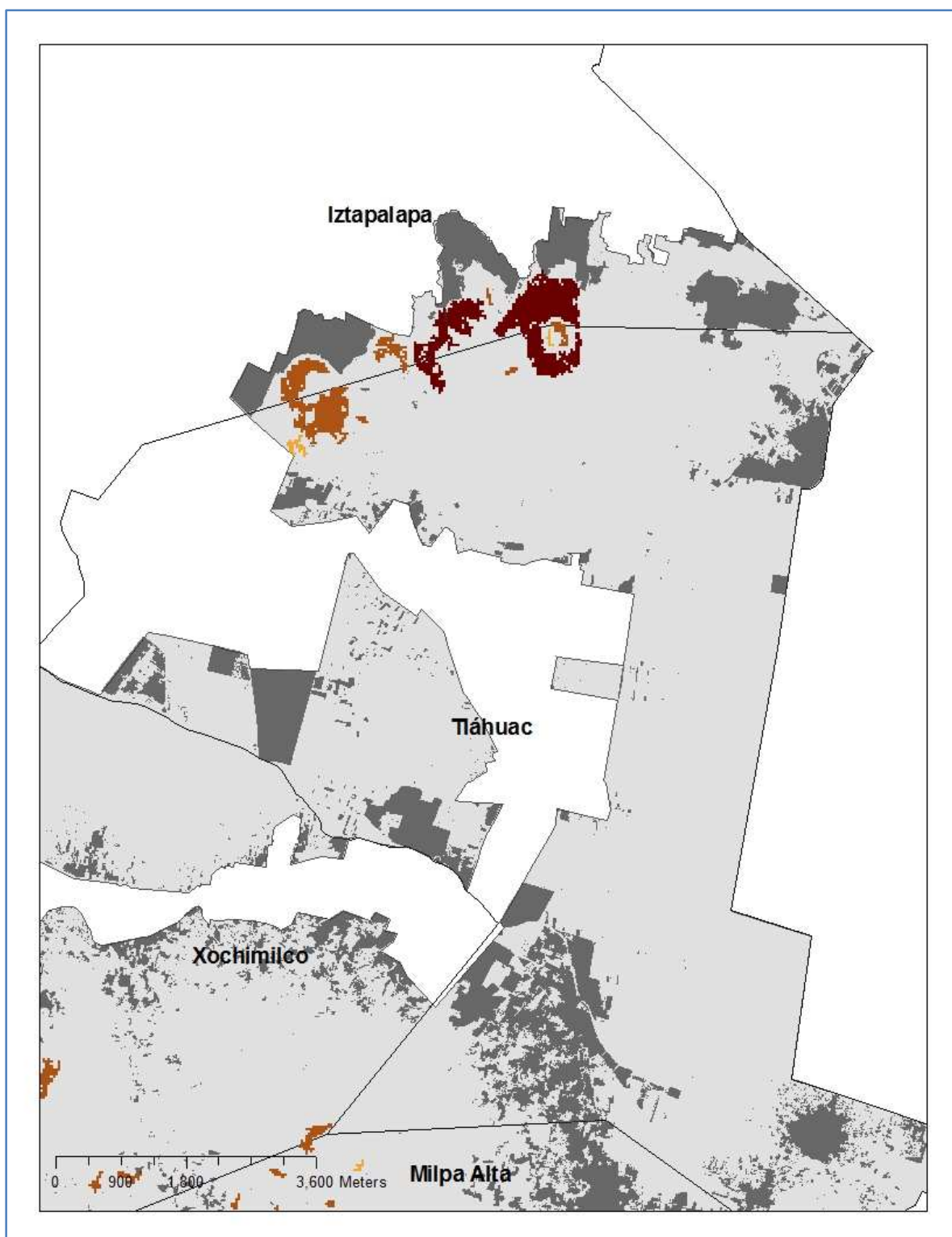


Figura 9. Zonas de bosque con alto índice de cobertura forestal amenazadas por asentamientos humanos (Tláhuac-Iztapalapa).

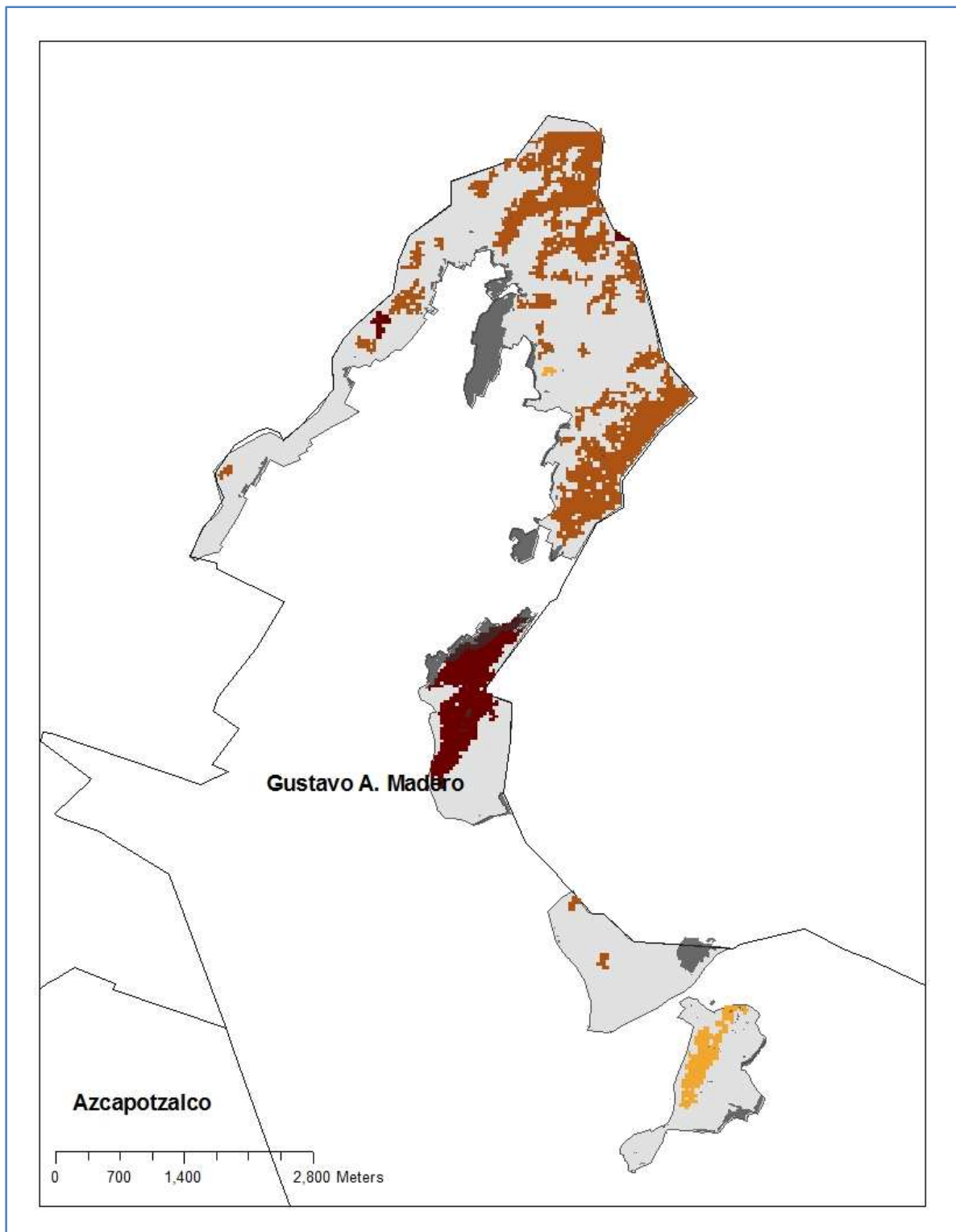


Figura 10. Zonas de bosque con alto índice de cobertura forestal amenazadas por asentamientos humanos (Gustavo A. Madero).

3. Zonas de cobertura forestal amenazadas por asentamientos humanos en 2030

En la figura 11 se muestra el mapa obtenido de zonas de asentamientos humanos en 2030. En el mapa se clasifican estas zonas en tres tipos: las zonas ocupadas por asentamientos humanos que coinciden con la capa de asentamientos humanos 2010 (en color rojo); en color amarillo se muestran las zonas con asentamientos permitidos según el PGOEDF (Poblados Rurales, Programas Parciales, Zona Urbana o Equipamiento Rural), así como zonas en que se encuentran en la frontera con la Macha Urbana de la ZMCM, en estos lugares se supone que continuarán los procesos de densificación y expansión urbana; en color verde se muestran las zonas que posiblemente serán ocupadas por asentamientos humanos dados los procesos de expansión y densificación urbana a partir de los asentamientos existentes en 2010 que no están en la categoría de zonas con asentamientos permitidos.

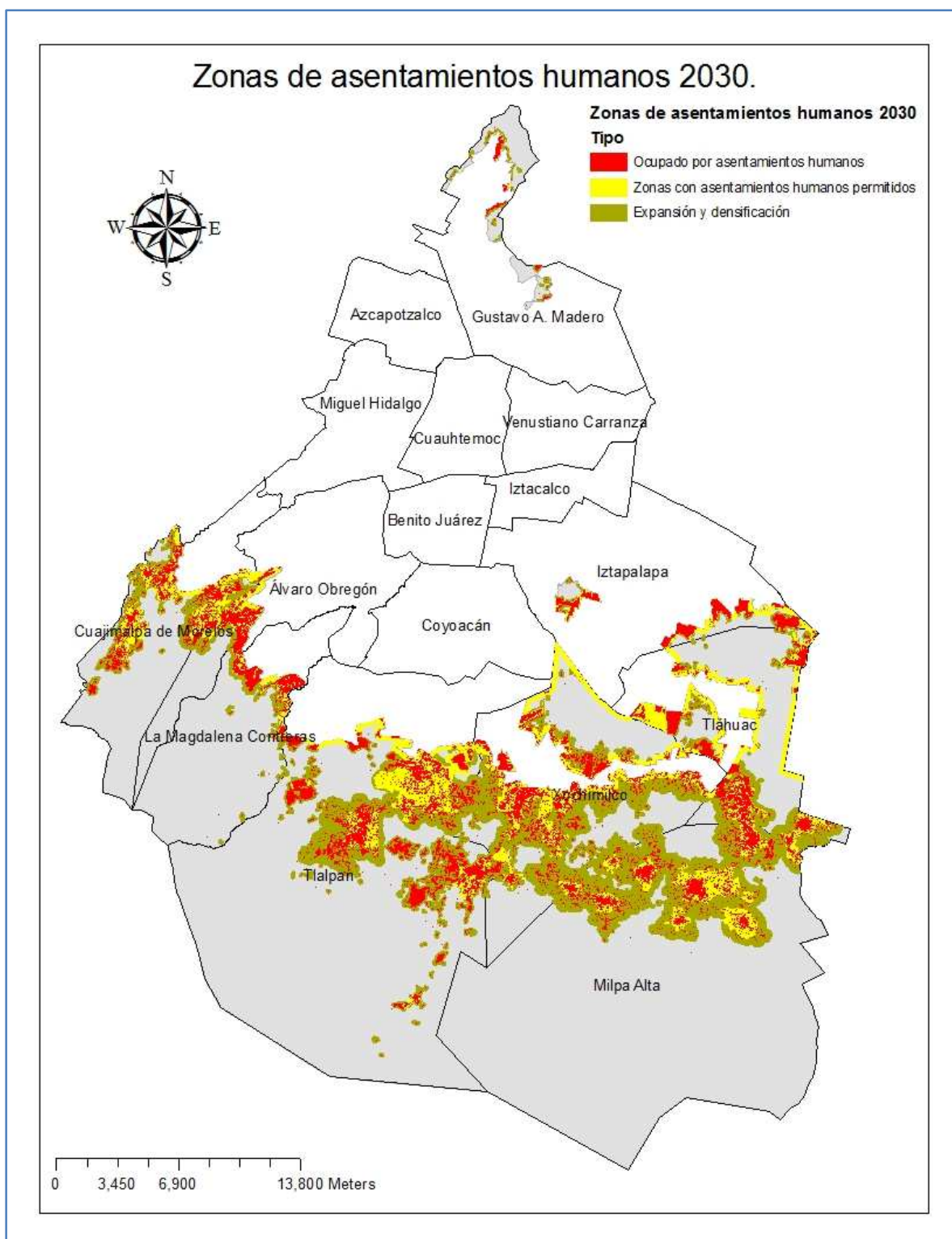


Figura 11. Zonas con asentamientos humanos 2030

En la figura 12 se muestra la capa de cobertura forestal en 2030. En comparación con la cobertura forestal en 2010 se observa que existirá una notoria pérdida de bosque en la delegación Tlalpan y Xochimilco. A su vez, se observa una disminución en la densidad de los bosques (que se manifiesta en menores valores del índice de cobertura forestal).

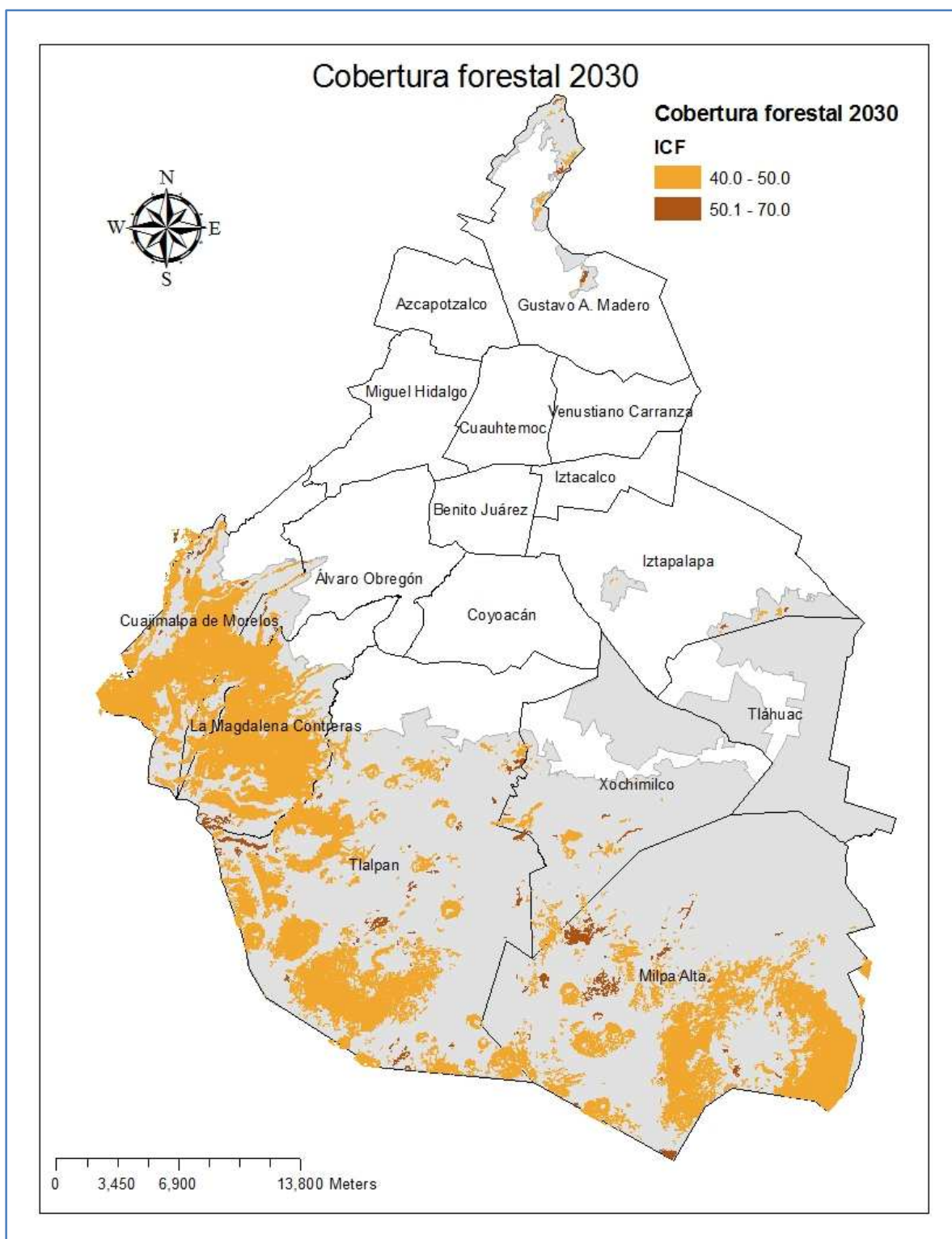


Figura 12. Cobertura forestal 2030

En la figura 13 se presenta la sobreposición de la capa de zonas de asentamientos humanos 2030 y la capa de cobertura forestal 2030. Se puede prever que continuarán los procesos de expansión y densificación que se dan en la frontera del suelo de conservación con la ciudad de México, así como en las zonas pobladas del suelo de conservación. Esto producirá una mayor

fragmentación de los bosques y finalmente la pérdida de ellos en la región norte del suelo de conservación perteneciente a las delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Tlalpan y Milpa Alta, y en la región sur del suelo de conservación en las delegaciones Xochimilco y Tláhuac. En Tlalpan y Xochimilco el proceso de fragmentación será más notorio ya que, aparte del crecimiento urbano proveniente de la Ciudad de México, existen otros núcleos de crecimiento en los Poblados Rurales (figura 14). También, en la figura 14, se muestra como algunas zonas de cobertura forestal serán ocupadas por asentamientos humanos.

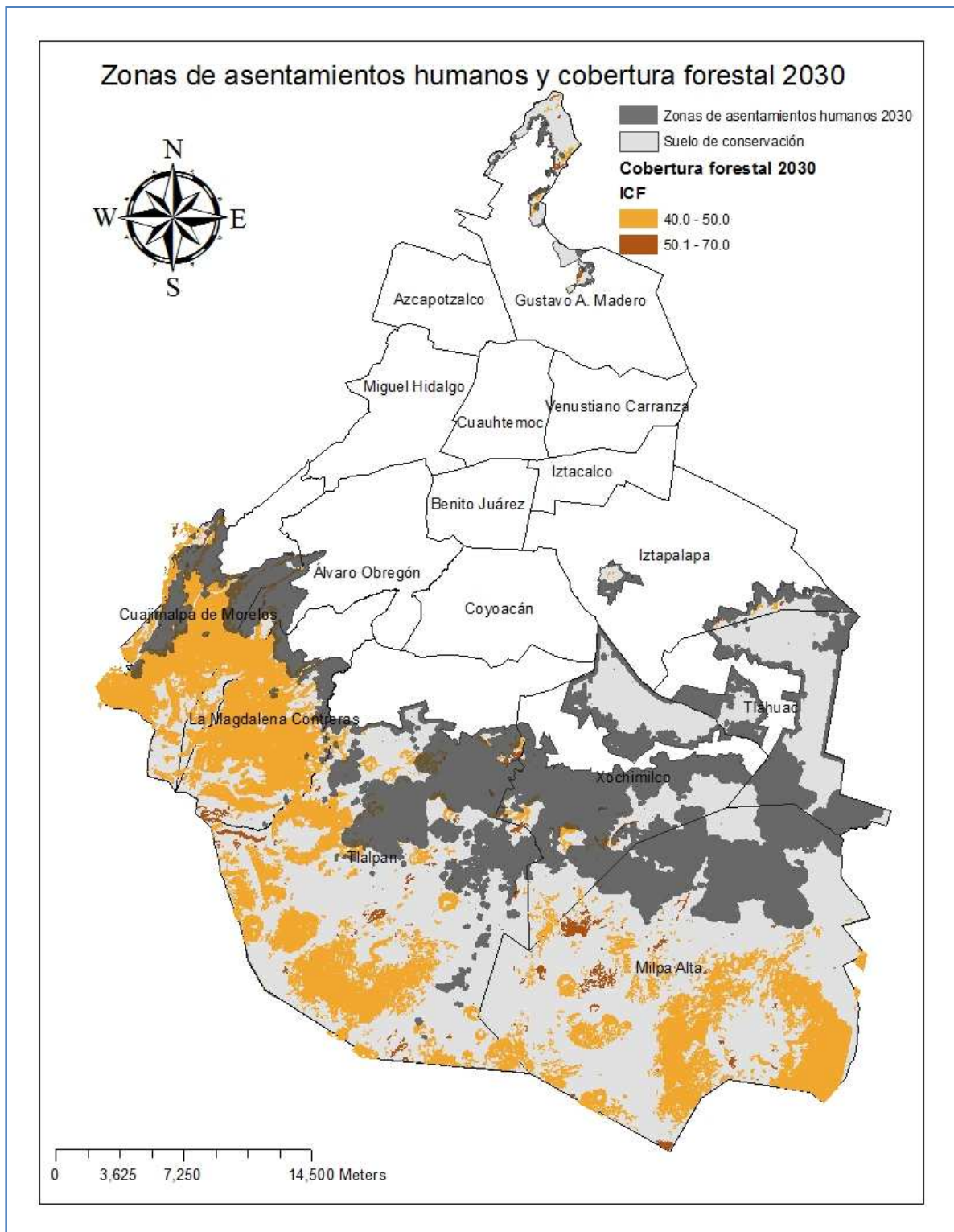


Figura 13. Zonas de asentamientos humanos y cobertura forestal 2030

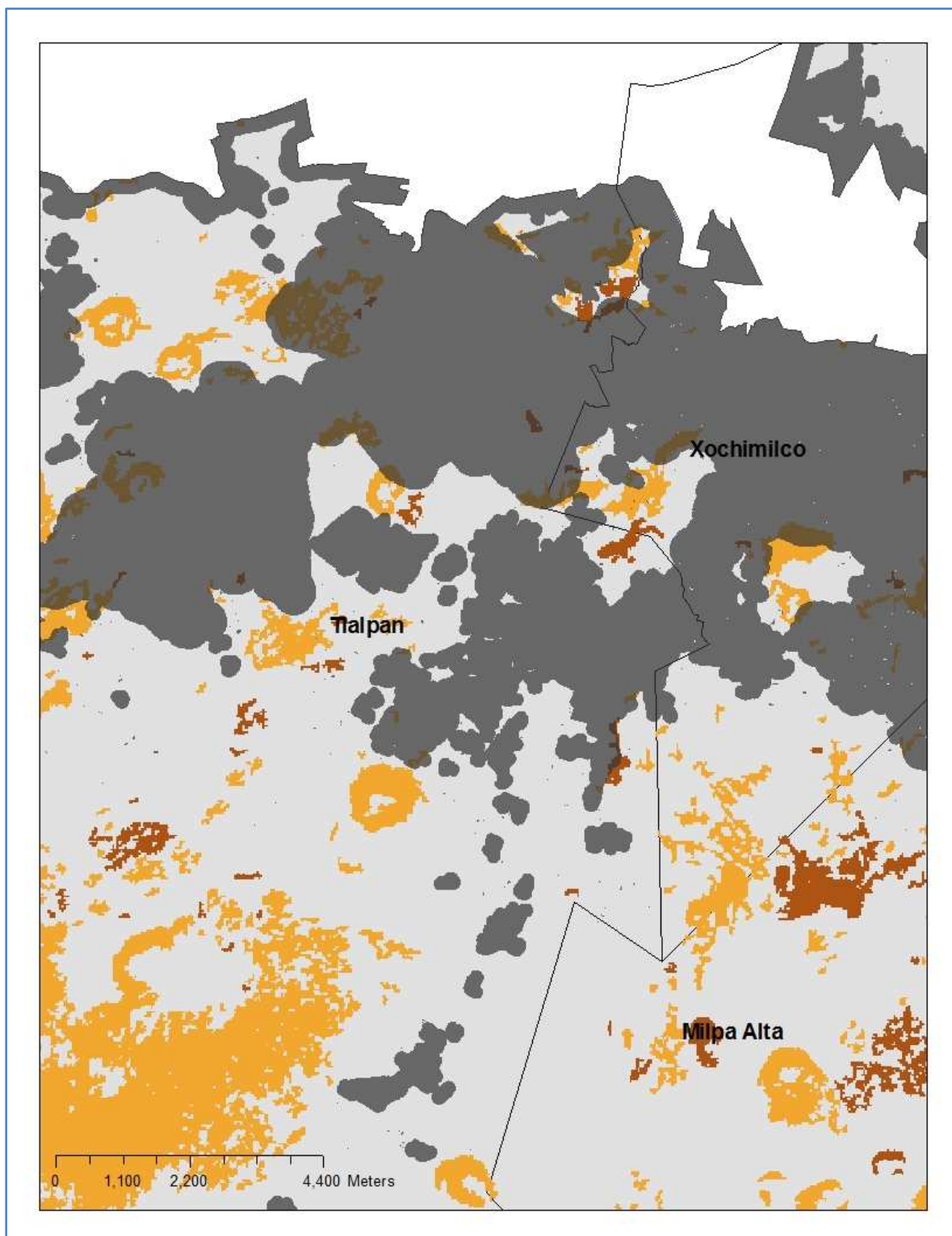


Figura 14. Fragmentación de bosques y pérdida de cobertura forestal 2030 (Tlalpan-Xochimilco)

Es posible que al aplicar la metodología se hayan subestimado las zonas de asentamientos humanos al 2030. Como ejemplo, existe una gran presión sobre el suelo de conservación por procesos de urbanización en delegaciones como Cuajimalpa, por lo que la zona de asentamientos podría ser mayor en 2030 a lo

presentado en el presente análisis. También en el suelo de conservación de la delegación Xochimilco existe un gran crecimiento de asentamientos irregulares. Si bien es cierto que los procesos de urbanización tendrán un mayor efecto sobre el suelo de conservación en el largo plazo, también habrá grandes áreas forestales al sur y poniente del suelo de conservación que no serán afectadas directamente por asentamientos humanos y que podrán ser preservadas. Estas áreas están situadas en Cuajimalpa, Álvaro Obregón, La Magdalena Contreras, Tlalpan y Milpa Alta.

En este aspecto será importante la imperancia de políticas que impidan los cambios en el uso de suelo (a agrícola, por ejemplo), el control sobre la tala y deforestación y controlar el crecimiento urbano en ciertas zonas como los límites entre la delegación Magdalena Contreras y Tlalpan o el sureste de esta misma delegación (cercano a Milpa Alta), en donde, de continuar la proliferación de asentamientos humanos (que en estos momentos es poca) se podrían llegar a establecer corredores con asentamientos humanos que fragmenten el bosque (figuras 15 y 16).

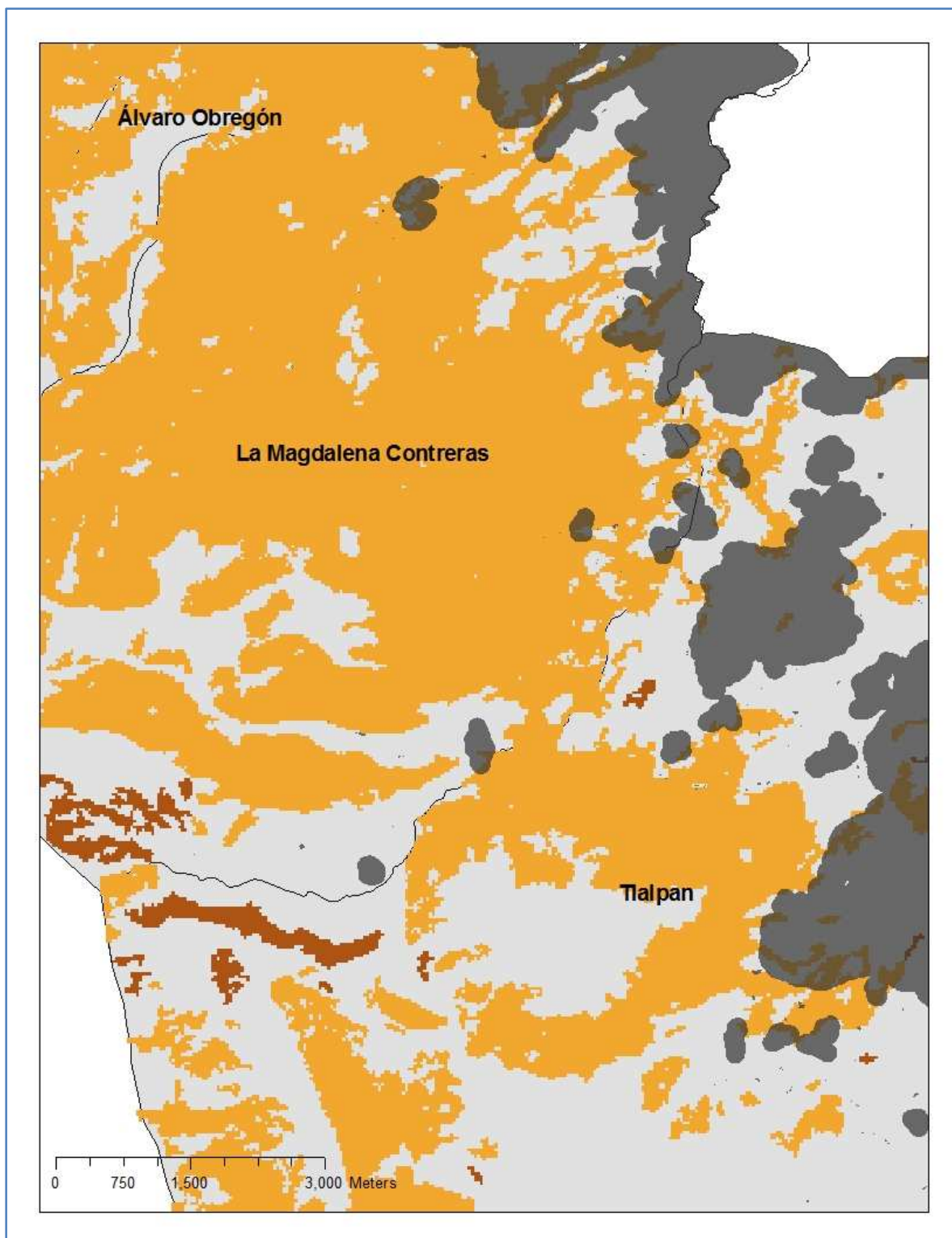


Figura 15. Zonas en donde se debe prevenir la fragmentación de bosques (La Magdalena Contreras- Tlalpan)

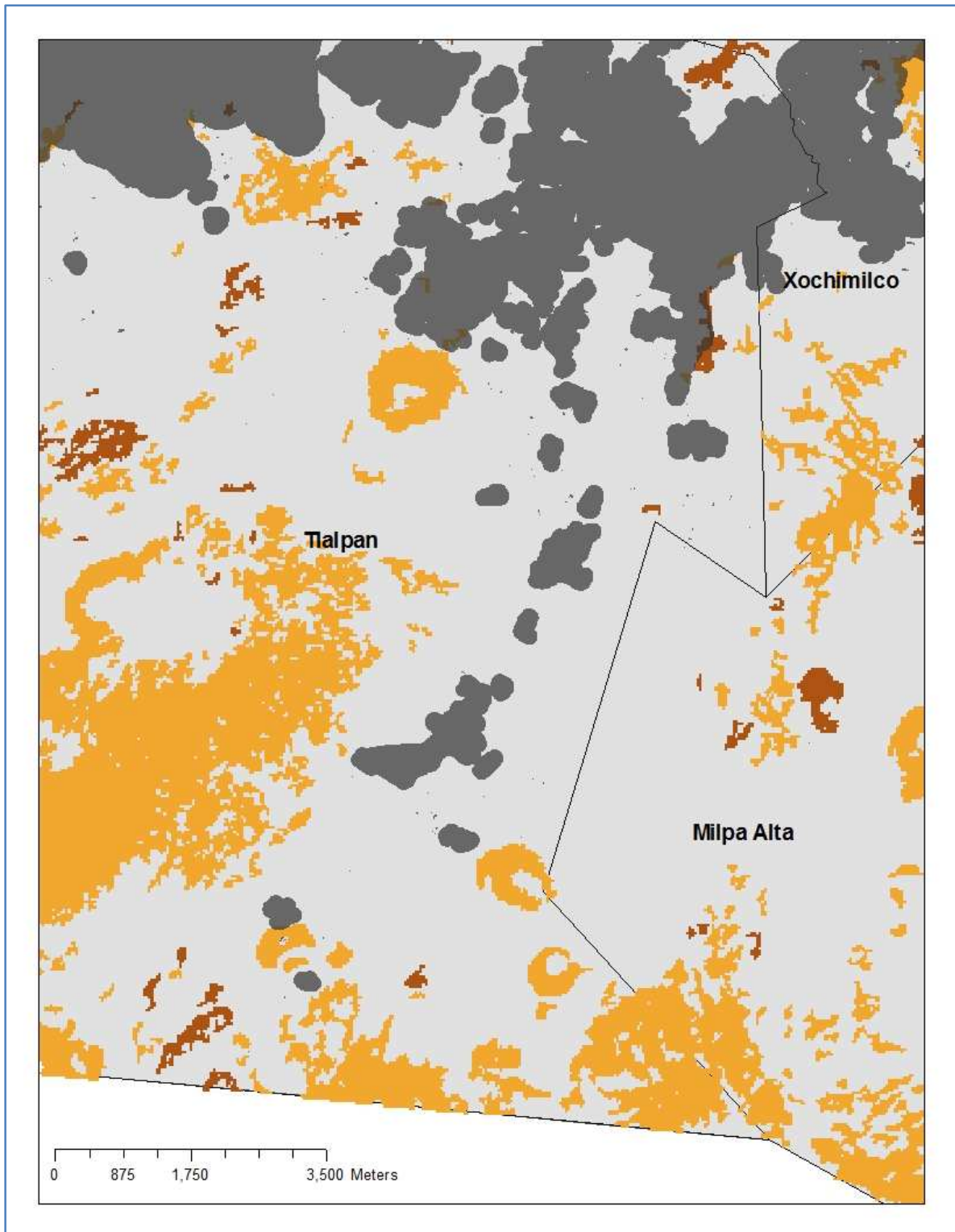


Figura 16. Zonas en donde se debe prevenir la fragmentación de bosques (Tlalpan)

Conclusiones.

La dinámica urbana en el suelo de conservación continuará hacia el año 2030 en zonas que en la actualidad ya se encuentran en mayor o menor medida afectadas por este fenómeno. Por otro lado, existen grandes superficies de bosque que no parecen estar comprometidas a largo plazo por la expansión urbana. En este aspecto, es de vital importancia implementar medidas que impidan la pérdida de estos bosques por fenómenos como la tala clandestina o el cambio del uso de suelo a agrícola o pastizal. Aunque en estas zonas no hay una proliferación de asentamientos humanos, es necesario implementar acciones preventivas que impidan el establecimiento de corredores de asentamientos humanos que a la larga se constituyan como una barrera que fragmente el bosque aun conservado.

Aunque es posible que la metodología presentada subestime el fenómeno del crecimiento urbano hacia el 2030 en el caso del suelo de conservación dentro de algunas delegaciones, pone de manifiesto que existen zonas que, por más que prolifere el crecimiento urbano, permanecerán sin ser amenazadas directamente por este fenómeno.

La metodología llevada a cabo para el presente análisis puede ser mejorada de diversas maneras; por ejemplo, se pueden establecer buffers con diferentes tamaños dependiendo de la zona (como se explicó anteriormente hay delegaciones en donde el proceso de expansión urbana parece ser más acelerado). También es posible generar varios escenarios, en donde varíen las suposiciones que se hacen de inicio.

Carreteras y caminos

El suelo de conservación está sometido a la presión que existe para su urbanización, ya que está atravesado por importantes ejes carreteros (autopistas a Cuernavaca y Toluca) que lo conectan con emplazamientos urbanos, turísticos e industriales. Está surcado por dos autopistas, 200 Km. de vías secundarias y pavimentadas y cerca de 400 Km. de terracerías y brechas.

Desde el punto de vista de las responsabilidades y deberes modernos de los gobiernos, el problema de los asentamientos irregulares en la ciudad de México es indicativo, en lo más básico, de una merma sensible del régimen jurídico, para asegurar el interés público.

Extracción de tierra

La extracción de tierra para uso de áreas verdes públicas y privadas, si bien ha sido prohibida en casi todo el suelo de conservación (hasta 2003 Tlalpan tuvo permiso), tan sólo en 2003, significó 200,844 toneladas.²⁷ La extracción de tierra de monte, negra o de hoja, equivale a la pérdida de suelo de conservación por efecto de la urbanización, ya que se realiza a costa de biomasa y minerales que sustentan el proceso biológico de reproducción de áreas agrícolas y forestales, afectando también la biodiversidad.²⁸

Gestión pública

De manera muy breve, se plantean algunos aspectos de la gestión pública que de alguna manera inciden sobre las presiones urbanas, de las que ya se habló.

i. Visión fragmentada del territorio y de la política ambiental

No existe una visión integrada del territorio del Distrito Federal, como un espacio que se deba gestionar a partir de privilegiar los servicios ecosistémicos que se obtienen del suelo de conservación. Lo anterior genera ineficiencia que recae en distintos ámbitos y sectores de gobierno, sumado a los instrumentos de control y ordenamiento que lejos de complementarse suelen contradecirse.

La política ambiental debe ser transversal al resto de las políticas, ya que la inequidad social y urbana genera problemas en el suelo de conservación. Las políticas urbanas no han sido efectivas para que la expansión de la ciudad

²⁷ SAGARPA, 2004, en Sergio Efraín Martínez Rivera, 2009.

²⁸ Sergio Efraín Martínez Rivera, 2009.

cumpla con ciertas regulaciones y se apegue a las necesidades básicas de la población. Por ejemplo, los esquemas *ex post* instrumentados por las autoridades urbanas son principalmente correctivos,²⁹ es el caso de la regulación a partir de los Programas Parciales. De esta manera, se legaliza lo que nunca debió ser legal; se urbaniza lo que no debió ser urbano y se ha “institucionalizado” un mecanismo para acceder a un predio al margen de la ley.

²⁹ Sergio Efraín Martínez Rivera, 2009.

ii. Ineficiencia e ineficacia de la legislación

Los problemas de eficiencia y eficacia que presenta la legislación que opera en el suelo de conservación se refieren al bajo grado de idoneidad que poseen las normas para satisfacer las necesidades de regulación ambiental, y al bajo grado de acatamiento de éstas por quiénes son sus destinatarios.

Existe una normatividad dispersa, parcial, y en algunos casos contradictoria para regular los usos urbanos del suelo de conservación. En este territorio se entremezcla la legislación urbana y la ambiental, así como el diseño y uso de instrumentos normativos y reguladores diferentes y con desigual fuerza legal y de cumplimiento, en materia de ordenamiento territorial.

La variedad y mezcla de disposiciones ambientales con instrumentos urbanos y de normatividad local con federal, trae por consecuencia una aplicación ineficaz e ineficiente de las disposiciones que deberían ser observadas. Esto se debe a que prevalece un enfoque limitado, pues en determinadas áreas no bastará con usar adecuadamente la superficie, sino que se deberá imponer a su propietario la ejecución de medidas que restauren, conserven o incrementen la calidad ecológica o ambiental de su propiedad y la determinación, a través de estudios técnicos con fuerza legal, de otros usos relacionados con la conservación de la flora, fauna, recarga del acuífero o el aprovechamiento sostenible de su propiedad sin menoscabo del cumplimiento de estas obligaciones.

En conclusión: no se cumple la ley; esto quiere decir que “si nuestros instrumentos legales son insuficientes, o bien, si no se les aplica de manera adecuada, seguirán dándose situaciones de ocupación del suelo de conservación sujetas a intereses no legítimos”.³⁰

Por su parte, la existencia de mecanismos inapropiados para su aplicación³¹ tiene que ver con fuertes limitaciones en los aspectos institucionales,

³⁰ Cansino, 2003.

³¹ Brañes, 2000.

económicos, sociales y políticos; particularmente en lo referente a las insuficiencias en recursos humanos, técnicos y financieros de la administración para velar por el cumplimiento de esta legislación.

iii. Atribuciones institucionales difusas y déficit de la gestión pública

La dispersión de instrumentos legales ocasiona que no existan certezas en cuanto a las atribuciones institucionales relativas al manejo de asentamientos en el suelo de conservación. Esto es, son varias las instituciones de distintos niveles de gobierno con atribuciones sobre el territorio, lo cual merma el nivel de autoridad. Esta situación se reproduce en el nivel local, donde también está presente la falta de coordinación interinstitucional.³²

En este sentido, una de las debilidades en la cristalización de la legislación que rige en el suelo de conservación se relaciona con las limitaciones técnicas e institucionales de las delegaciones, y la falta de un mecanismo institucional que facilite la coordinación e integración de políticas entre las distintas dependencias y niveles de gobierno, lo que ha ocasionado la insuficiencia de apoyos necesarios para llevar a cabo proyectos específicos.

No existe un proceso que involucre actividades preventivas que impidan los asentamientos, y que disuadan, mediante la presencia de la autoridad y el diálogo a posibles infractores. Por otro lado, son notables las insuficiencias de los organismos administrativos encargados de investigar las presuntas violaciones a la legislación ambiental y, en su caso, de imponer las sanciones previstas. Lo mismo ocurre entre la tensión y desencuentro entre reglas formales (marco legislativo y normativo) y reglas informales (usos y

³² Ni los Estatutos de Gobierno ni la Ley Orgánica de la Administración Pública del DF señalan en forma contundente cuál o cuáles son las dependencias responsables de atender o controlar los asentamientos en SC. La dependencia responsable de la planeación de los asentamientos en el SUELO DE CONSERVACIONES es la Seduvi (programas delegacionales y parciales); sin embargo, es la SMA la responsable de hacer cumplir la Ley Ambiental en el SC. Las delegaciones tienen la función de vigilancia, y la Secretaría de Obras define en donde instala infraestructura urbana. Además, si se trata de un desalojo, intervienen también las secretarías de Gobierno y Seguridad Pública.

costumbres, prácticas de los habitantes, prácticas de gestión pública y de interacción entre pobladores y gobierno).³³

iv. Derechos limitados a la información, participación y representación

No existe información suficiente y accesible a la ciudadanía, mucho menos en los contenidos de la comunicación social, sobre la situación del territorio del suelo de conservación, ni valoraciones sobre riesgos y vulnerabilidades: tanto de aquellos a los que está expuesta la población que lo habita, como de aquellos que afectan a toda la ciudad por la degradación de los servicios ambientales.

Las insuficiencias en la participación social en el suelo de conservación son mayores a las del resto de la Ciudad, y existen muy severos problemas de representación a nivel de poblados, otros asentamientos y núcleos agrarios para dar debido curso a los problemas e iniciativas relacionadas con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales. De alguna forma lo anterior se expresa en:

Desconocimiento de los servicios ambientales

La valoración del tema ambiental por parte de la ciudadanía es de gran importancia para la eficacia de la legislación ambiental. Sin embargo, en la delegación, y en general, en todo el DF persiste la falta de cultura y ejercicio ciudadanos en torno a sus derechos y obligaciones ambientales; lo que también tiene que ver con la falta de información y conocimiento sobre las afectaciones en la salud y los riesgos derivados de los problemas urbano-ambientales.

- Falta de educación ambiental a la ciudadanía y, en particular a los pobladores del suelo de conservación de cuyas actitudes y decisiones

³³ Brañes 2000.

depende la continuidad de los ecosistemas, lo que se manifiesta en el desconocimiento y desprecio de los recursos naturales.

- Insuficientes centros de educación ambiental; los que existen no cuentan con programas estructurados y carecen de personal suficiente y capacitado.
- Notoria ausencia de mensajes ambientales apropiados en los medios masivos de comunicación.

Generalización de una cultura de incumplimiento de la Ley

El bajo nivel de cumplimiento de la ley ha sido un factor determinante de las irregularidades que privan en el suelo de conservación; mismo que no es sólo un problema gubernamental, sino que también se relaciona con las estrategias y comportamientos cívicos de agentes privados, de los habitantes del suelo de conservación y de los ciudadanos, en general.

Durante décadas, la observancia de la regla de derecho en todos los temas estuvo históricamente afectada en el país por el autoritarismo, la corrupción, la impunidad de los funcionarios públicos y una sistemática denegación de justicia, a lo que se suma la subordinación de la participación ciudadana a formas de representación corporativas y clientelistas. Esta situación ha generado una cultura de incumplimiento de la ley y de violación sistemática de la normatividad, más aún en el suelo de conservación donde la presencia de la autoridad no es constante.

Lo anterior se observa no sólo en la ocupación irregular de predios, sino en la despreocupada alteración de los servicios ambientales por el cambio de usos de suelo, los tiraderos de basura, la falta de drenaje, el desperdicio del agua y el descuido absoluto de la biodiversidad.

Todos los procesos relacionados con presión urbana sobre el suelo de conservación, en particular cuando se involucran los bosques, se refleja en la tala clandestina, tema que se aborda a continuación.

4. Afectación por tala clandestina

Cómo se señaló, es difícil trabajar este tema ya que no existe información precisa sobre el mismo, por lo que se aborda a partir del análisis de la información cartográfica y de herramientas como la percepción remota. De hecho, en el documento de diagnóstico cartográfico que se incluyó en la entrega de este estudio, se presentan dos resultados: Cambios de usos del suelo y Fragmentación de bosques. Asimismo, en el Anexo II titulado *Cambios drásticos sobre zonas de alto valor ecosistémico por infiltración, captura de carbono y provisión de hábitat* y que formó parte de los entregables del *Modelo de Análisis Tendencial sobre la Pérdida de Cubierto Forestal en el Suelo de Conservación*, se presentan los cambios que ha sufrido la cobertura forestal; mismos que con toda seguridad involucran procesos de tala que responde a diferentes objetivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaya Carlos A. et al, 2005. El Ecosistema Urbano: Simbiosis Espacial entre lo Natural y lo Artificial. Revista Forestal Latinoamericana. N° 37.

Bazant, Jan, 2001. Periferias urbanas; expansión urbana incontrolada de bajos ingresos y su impacto en el medio ambiente. Trillas. México, 2001.

Barros Claudia (1999), “De rural a rururbano: transformaciones territoriales y construcción de lugares al sudoeste del área metropolitana de Buenos Aires”, en *Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales no. 45*. Universidad de Barcelona, Barcelona, España, agosto.

Brañes, Raúl, *Manual de derecho ambiental mexicano*, 2a. ed., México, Fundación Mexicana para la Educación Ambiental-Fondo de Cultura Económica, 2000,

Cansino Miguel Angel, *Gaceta PAOT*, No. 1, México DF, 2003

Conapo, 2005 Proyecciones de la población de México, 2005-2050.

Conabio.gob.mx.

Cruz María Soledad, 2000. “Procesos Urbanos y ‘ruralidad’ en la periferia de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México”, en *Estudios Demográficos y Urbanos*, 49. El Colegio de México, México, DF.

Eibenschutz Roberto Benlliure, Pablo y. Carrillo, Laura O., 2009. “Los beneficiarios de la regularización”, en Seminario internacional. *Regularización de la tenencia de la tierra, planeación urbana y desarrollo sustentable*, 2 y 3 de septiembre. Colmex y Coret.

Fomento Solidario de la Vivienda AC, 2009. *Evaluación externa del programa de mejoramiento de vivienda del Instituto de Vivienda del Distrito Federal*, México, DF.

GDF, Secretaría del Medio Ambiente, Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, 2002.

Hardoy Jorge Enrique, 1993. *El futuro de la ciudad latinoamericana*. Medio Ambiente y Urbanización.

Martínez Rivera, Sergio Efrén, 2009. La ciudad y el ambiente como un solo sistema: el suelo de conservación y su carácter estratégico para la dinámica urbana del distrito Federal. Tesis de doctorado, UNAM.

Mohar Alejandro (autor) y Rodríguez Josu (Coautor), 2009. . “El papel de las ciudades en los procesos causales que determinan el uso y la conservación de la biodiversidad”, en: *Capital natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad*. Conabio, México.

Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, versión 2001-2003.

SAGARPA 2000. Anuario Estadístico 1999 de la producción agrícola por municipio y producto, México D.F.

SAGARPA, 2009. Anuario estadístico de producción agrícola por municipio y producto, 2009 en: Sistema de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. <http://www.oeidrus-df.gob.mx/> Revisado el 22 de noviembre de 2010.

Propuesta de políticas para revertir el proceso de pérdida forestal del Suelo de Conservación del Distrito Federal

Introducción

Las propuestas de política que se abordan en este documento tienen como objetivo mejorar la gestión del suelo de conservación para avanzar hacia la conservación, entendida de manera integral, de los ecosistemas de este territorio con el objetivo puntual de revertir el proceso de pérdida forestal. El objetivo final es conservar los servicios ecosistémicos³⁴ que de ahí obtienen. En efecto, se plantea, que sólo una gestión integral de todo el suelo de conservación, con objetivos precisos, logrará revertir las tendencias de pérdida, deterioro y fragmentación de bosques. El planteamiento tiene un enfoque territorial, de todo el suelo de conservación, como se explica en el cuerpo del documento, para remontar una visión que se acota al bosque.

Resulta relevante señalar, por el objetivo de esta propuesta de política, que en especial, la cobertura forestal del suelo de conservación cumple con funciones ecosistémicas vitales para la ciudad. Más aún, varios de estos servicios, son bien común de la ciudadanía del Distrito Federal, su patrimonio ambiental. Esto se debe a que están estrechamente relacionados con el derecho que tienen los habitantes del Distrito Federal a un medio ambiente adecuado.

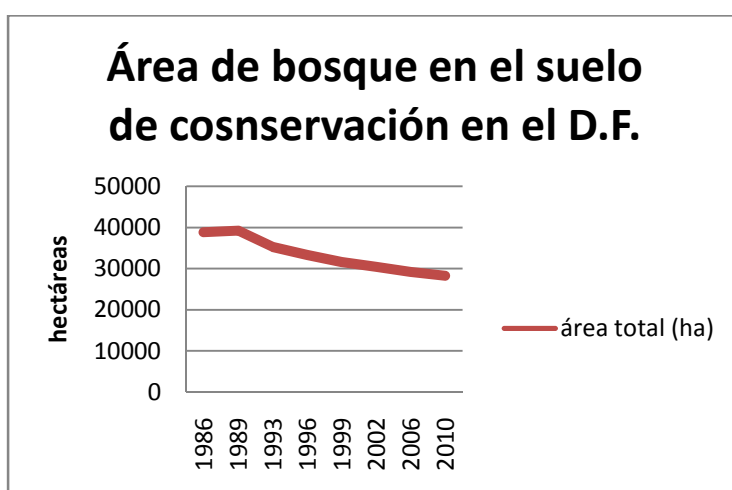
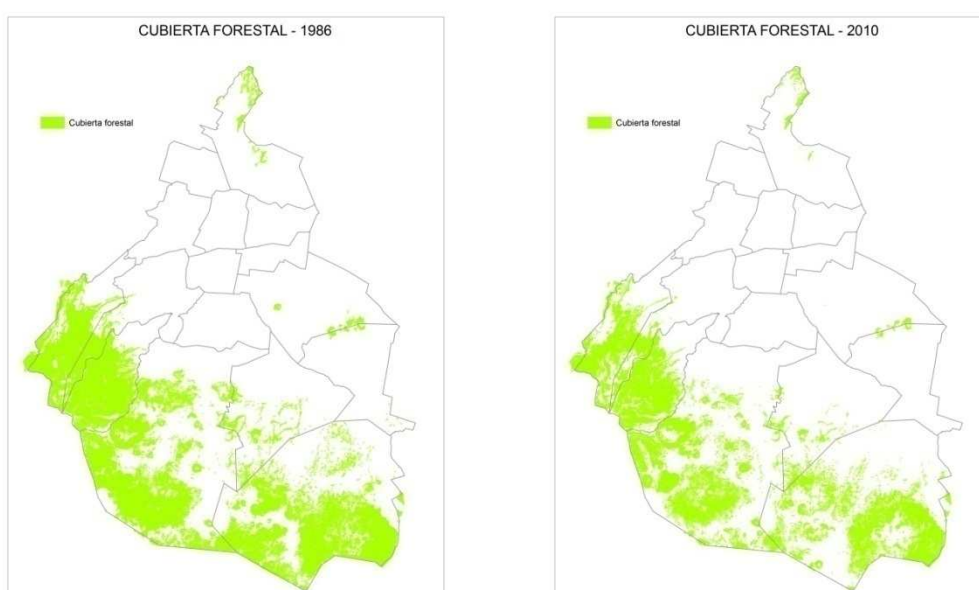
No obstante su importancia, y diversas “políticas”³⁵, instrumentos y programas gubernamentales que se han aplicado a este territorio, los bosques del suelo

³⁴ En este texto se habla indistintamente de servicios de los ecosistemas o servicios ecosistémicos. Estos últimos, emulan el concepto tal cual lo traduce el modelo del *Millenium Ecosystem Assessment*, que es el que da soporte metodológico a este trabajo. Según Balbanera y Cotler, ambos términos pueden utilizarse indistintamente, aunque difieren en su contexto. Cuando se usa servicios ecosistémicos se quiere enfatizar que es el ecosistema el que permite que los seres humanos se beneficien. Servicios ambientales, otorga más peso al medio ambiente en el cual no se explicitan las interacciones necesarias para proveer dichos servicios para algunos autores puede ser sinónimo de servicios ambientales y para otros conlleva la ventaja de que servicios ambientales no considera los llamados bienes ambientales.

³⁵ Más adelante, en esta introducción se hace una crítica a la acción gubernamental en el ámbito rural, no privativa del DF, la cual, lejos de desplegar políticas públicas con innovadores instrumentos, se ha centrado en gobernar ‘a golpe de programa’ sin una política que oriente y articule los distintos programas o instrumentos.

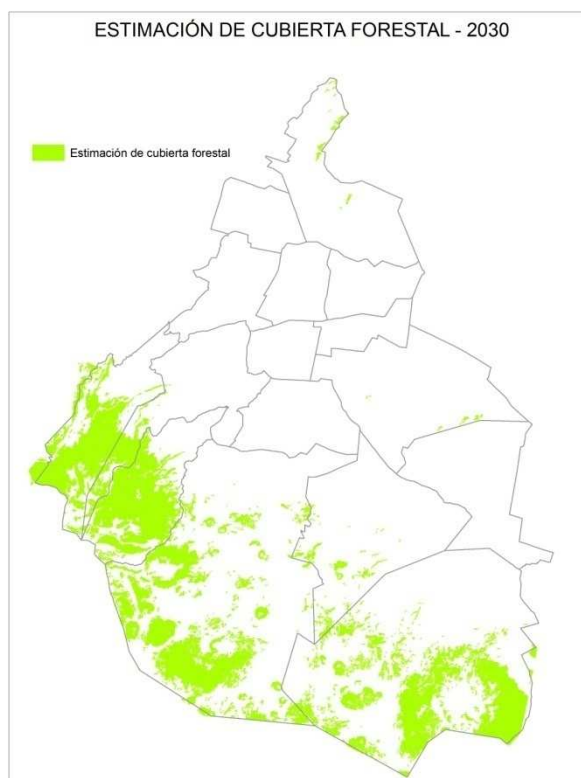
de conservación muestran múltiples síntomas de un sistema bajo estrés como el fenómeno actual y tendencial de perforación de bosques, la disminución progresiva del vigor del arbolado, hasta la total deforestación en ciertas áreas.

El *Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal*, ligado a esta propuesta, muestra que la extensión de la cubierta forestal en suelo de conservación del Distrito Federal disminuyó 27.5% de 1986 a 2010.



De continuar esta tendencia de deforestación, se estima que para el año 2040 se habrá perdido la mitad de la cubierta forestal presente en el año 1986. La

extensión de la cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal en 1986 era del 43.9% del total de la región. Para el año 2010 ha disminuido hasta ocupar sólo una tercera parte de la superficie total del suelo de conservación. Atendiendo al periodo de 1986 al 2030, hipotéticamente las masas forestales sólo representarían para entonces el 26% del paisaje del suelo de conservación.



Como muestra el Modelo, la tendencia más importante de deforestación en el periodo 1986-2010 fue la pérdida de continuidad de bosque ya que para este periodo el número de parches de bosque de más de una hectárea prácticamente se duplicó, lo que consecuentemente originó que su tamaño promedio disminuyera más allá de la mitad (de 70 a 30 ha en promedio).

Estos resultados hacen evidente la falta de una política efectiva para este territorio. El objetivo del presente documento es aportar en la construcción de una política –la cual urge– que permita revertir estas tendencias. Una política, que a diferencia de la tendencia en la gestión de este territorio logre orientar y articular diversos instrumentos para lograr proteger los ecosistemas de este

territorio. La realidad muestra que los esfuerzos anteriores no han sido exitosos. Basta señalar lo que ocurre con los resultados del Modelo de actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico, que a diez años del anterior, desafortunadamente, pareciera que va simplemente actualizando esta realidad de pérdida de la masa forestal o bien, vale la pena mencionar que va actualizando el crecimiento de los asentamientos humanos.

Si bien los ecosistemas³⁶ no tienen fronteras políticas, e incluso la ciudad real no se restringe al Distrito Federal sino a toda la zona metropolitana, es necesario acotar el universo de trabajo y las recomendaciones para la construcción de una política para revertir la pérdida de cobertura forestal al ámbito de injerencia de la PAOT, por lo que sólo se abordará la demarcación político-administrativa de esta entidad.

La esencia de la propuesta

La esencia de la propuesta para conformar una política pública que permita revertir el proceso de pérdida forestal y fragmentación en el SC y conservar los servicios ecosistémicos que de ahí se obtienen, consiste en alentar el desarrollo de este territorio, su competitividad, a través de una gestión integral.

El propósito es en avanzar hacia una visión y ejercicio de la gestión pública de todo el territorio del Distrito Federal, orientar una adecuada ocupación del SC y una óptima utilización de los recursos de este territorio y el involucramiento tanto por parte de quienes lo utilizan localmente, como quienes desde la otra parte de la ciudad, se benefician de sus atributos.

Esta estrategia tiene objetivos específicos orientados a un cambio fundamental en la gestión territorial de la ciudad:

³⁶ Un ecosistema se caracteriza por los siguientes atributos: son sistemas abiertos; se conforman por elementos tanto bióticos como abióticos; poseen componentes que interaccionan estableciendo mecanismos de retroalimentación; están estructurados jerárquicamente, cambian en el tiempo, poseen propiedades emergentes.

- Una gestión que incentiva cambios a favor de la ocupación y utilización³⁷ adecuada del territorio del SC, desde una perspectiva de sustentabilidad de toda la ciudad.
- Una gestión que genera sinergia entre los instrumentos ambientales y los urbanos al interior del SC, y en su interacción con la dinámica del resto de la ciudad.³⁸
- Una gestión que comprometa a todos los habitantes de la ciudad a privilegiar el cuidado de los recursos naturales del SC.

De esta manera se estará logrando un equilibrio y se dará un paso hacia la gestión integral del territorio de toda la ciudad³⁹, la revalorización institucional y social del SC, y a que se asuma que lo ambiental pueda ser considerado como un eje transversal a las políticas públicas que se implementen en la ciudad.

La política para revertir la pérdida de la cobertura forestal, como toda política pública de esta envergadura debe caracterizarse por:

- i. perfilar un curso de acción concertado para transitar de una situación problemática a una deseada y viable. En este sentido, se busca atender y contener los problemas más severos que han llevado al deterioro de los recursos naturales en este territorio y a la vez, han cancelado las posibilidades de su desarrollo;
- ii. idear y concretar los mecanismos institucionales que permitan articular y consolidar una red de tomadores de decisión y agentes relevantes como

³⁷ Este documento hace propuestas concretas al respecto, un ejemplo es la propuesta de considerar a los productores como agentes de conservación.

³⁸ Esto se detalla en el cuerpo del documento y tiene estrecha relación con la necesidad de un enfoque de integración territorial urbano-rural.

³⁹ Lo cual es una componente específica de la política y se plantea en este documento más adelante.

instancia o mecanismo de negociación para la generación de políticas. Lo anterior presupone adoptar una estrategia de creación de redes (*policy networking* y *policy arrangements*); y

- iii. contar con una serie de instrumentos de política que permitan cristalizar este curso de acción. En este documento, se proponen instrumentos y se describen sus características.

Se plantea, que la riqueza natural de la zona y su aporte estratégico como productora de servicios ecosistémicos fundamentales para la ciudad, debe, con los instrumentos adecuados, traducirse en un capital para la población del suelo de conservación, no sólo para aquellas áreas y grupos de población dueños o poseedores de los recursos naturales.

Los enfoques, reformas, componentes e instrumentos que se plantean en este documento, como ya se indicó, se refieren a la gestión territorial de todo el Suelo de Conservación y no se acotan a un enfoque limitado de conservación de las áreas de mayor valor ambiental y de conectores biológicos entre masas forestales. En este sentido, en las reformas propuestas y en su enfoque territorial, como se especifica en el apartado relativo, se incorporan dos visiones con todas sus derivaciones en la gestión pública:

- i. concebir a las actividades agropecuarias como una actividad integral, en donde al concepto de productividad se le suma la producción de servicios ecosistémicos;
- ii. preservar y mejorar la capacidad productiva del capital natural, desde el punto de vista agronómico, económico y ambiental.

Los ejes y pilares sobre los cuales se apoyan las reformas para conformar la política se expresan en los instrumentos de política que se proponen en el apartado tres. A pesar de que estas componentes serán descritas a detalle en el segundo apartado, a continuación se sintetizan las ideas fundamentales:

- la efectiva valoración del capital natural del SC en términos de la funcionalidad ecosistémica y de los servicios ecosistémicos que provee;
- la revaloración social del territorio del SC en términos de los servicios ecosistémicos que presta a la ciudad;

- una necesaria visión ampliada de conservación que considere la importancia del uso y aprovechamiento sustentable de los recursos;
- la consolidación de incentivos efectivos y estables para el uso sustentable del capital natural y sobre todo su conservación;
- el reconocimiento y compensación a dueños y poseedores (en el sentido amplio) de recursos naturales estratégicos;
- el factor de inclusión: instrumentos que permitan incorporar a otros pobladores de la región -no sólo los dueños y poseedores- en las tareas de conservación, de forma que permitan incrementar el bienestar general de los habitantes de la región; y
- un necesario enfoque de integración territorial: suelo urbano-rural.

Se preconoce y plantea, que la gestión de este territorio y la protección de los recursos no pueden ser resueltos exclusivamente por el gobierno, sino que requieren de la participación de todos los actores relevantes involucrados. Por esta razón, las propuestas se basan en la construcción de gobernanza, en donde el estado figura, sobre todo, como garante del interés público, facilitador de recursos y coordinador de las varias actividades relacionadas a la gestión pero con el apoyo y la participación de la sociedad civil organizada. Desplegar una sólida, proactiva e innovadora política para el SC, exige la necesidad de incorporar diseños viables de institucionalidad local, que signifiquen aportes sustanciales en la gobernabilidad de los recursos naturales.

En un ámbito descentralizado, participativo y flexible, deben propiciarse sinergias entre los actores y deben crearse instancias de participación. El Gobierno debe fungir como un agente inductor, con una visión de conjunto, para que las iniciativas vayan siendo coherentes con un proyecto más amplio de cohesión social y territorial.

Como parte de una propuesta de gobernanza para el SC, resulta importante involucrar a diversas organizaciones privadas en este territorio. Estas, junto con autoridades y funcionarios públicos pueden participar de diversas formas en la identificación de los asuntos y problemas de interés público, en la decisión de los objetivos y actividades de las políticas públicas y más allá de la decisión,

deben participar en la realización de las decisiones con actividades y recursos propios.

Cabe reiterar que el núcleo de estos fundamentos lo conforman los elementos normativos y de política que permitan idear y concretar una vía efectiva para la valoración de los recursos naturales, del capital natural. Esta valoración debe resolver una de las situaciones más paradójicas y perniciosas para el desarrollo del país: llevamos varias décadas (al menos desde los noventa) de conformación de una conciencia nacional sobre la importancia de nuestros recursos naturales, de su diversidad y especialmente, de la cobertura forestal, de tal forma que se puede afirmar que ya se ha incidido positivamente en la dimensión cultural (cuestión de la mayor importancia). Sin embargo, en el plano jurídico-institucional, y de políticas públicas y sus instrumentos, todos los esfuerzos e innovaciones han resultado –en lo esencial- infructuosos.

De aquí la importancia de que las propuestas básicas de gestión territorial deben ir más allá de la visión acotada a la atención de los costos de oportunidad; y más allá de los muy polémicos esquemas de pagos por servicios ecosistémicos. Para lo anterior, se propone replantearse como ya se indicó, la dimensión patrimonial en la gestión territorial de los recursos naturales.

Cabe mencionar que en el ámbito rural ha prevalecido una acción gubernamental que lejos de desplegar políticas públicas con innovadores instrumentos, se ha centrado en gobernar ‘a golpe de programa’ (frase sintetizadora de la débil gestión territorial, acuñada por el Dr. Luis Aguilar Villanueva). Y más específico, en el ámbito rural ya son crónicas las siguientes situaciones:

- un uso excesivo e indiscriminado del término políticas públicas que degrada el mismo discurso institucional y obstaculiza la conjunción de visiones e intereses legítimos de los actores;
- una proliferación de aparentes políticas sin instrumentos, que no van más allá de planteamientos programáticos;
- la permanencia sin cambios de políticas con instrumentos insuficientes, lo cual no concreta eficacia ni certidumbre (los dos grandes déficit de la acción pública rural); y

- la multiplicación de instrumentos sin política que los oriente y articule, y así se generan todo tipo de distorsiones e incentivos a mantener las inercias ante la problemática rural.

La primera parte de este documento, versa sobre los necesarios enfoques, que se requieren tomar en cuenta para la construcción de una política pública que ayude a una efectiva gestión del suelo de conservación. Señala la necesidad de contar con una política pública territorial, una política pensada a partir del territorio y por lo tanto políticas diferenciadas para el territorio del Suelo de Conservación. Hace énfasis en la importancia de adoptar un enfoque de desarrollo territorial rural, que apuntala una nueva visión y mayores alcances para inducir una mejor ocupación y uso del territorio, con crecientes opciones de desarrollo con el objetivo final de mantener la cobertura forestal y los servicios ecosistémicos que provee el suelo de conservación.

La segunda parte de este documento plantea que una política pública para una efectiva gestión del Suelo el Conservación, que aporte a la conservación y uso adecuado de estos ecosistemas, debe basarse en cinco reformas. Pilares ya sintetizados. Estos cinco componentes específicos de política entrelazados son los siguientes:

1. la revaloración social de este “espacio rural” desde una perspectiva de los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas brindan en beneficio de todos los habitantes de la ciudad y por lo tanto la valoración social de este capital natural;
2. la valoración patrimonial de los recursos naturales del SC, de forma tal que su cuidado y conservación sea redituable para los propietarios y poseedores de estos recursos;
3. La necesidad de consensar y adoptar una visión renovada de los recursos naturales del SC y de la conservación como una actividad de interés público;
4. una necesaria visión amplia de conservación, entendida de manera integral, concebida como todas las actividades que ayuden a preservar el capital natural y por lo tanto los servicios ecosistémicos; y

5. un necesario enfoque de integración territorial de la zona “rural” y urbana.

El objetivo de estas reformas es que la efectiva valoración de los recursos naturales, permita avanzar hacia la conservación, el desarrollo y hasta a la propia competitividad del suelo de conservación. Es decir, reformas que permitan el reconocimiento del valor del capital natural en la economía, la generación de incentivos para el uso sustentable del capital natural y el reconocimiento y apoyo a quienes ya lo usan de manera sustentable.

Los enfoques y las propuestas de reforma apuntadas en este segundo apartado, tienen diversos instrumentos cuya aplicación tiene el objetivo de conservar los recursos naturales del SC, detener la pérdida de la cobertura forestal y fragmentación de bosques, el avance de los asentamientos y la agricultura. Sobre todo, estos instrumentos de aplicación focalizada, resultante de las necesarias y diversas políticas territoriales que se requieren en este territorio tienen el objetivo de atender los principales problemas relacionados con la pérdida de cobertura forestal, sobre todo la fragmentación y perforación de bosques. La aplicación de varios de estos instrumentos, permitirá con estrategias específicas, lograr la densificación de los bosques del SC. Los instrumentos, reconocen la necesidad de la coparticipación de las comunidades rurales en las tareas de conservación. Forman parte de la tendencia que no concibe la conservación biológica separada del desarrollo social, la cultural y las actividades productivas.

I. Enfoques necesarios para la construcción de una política pública para una efectiva gestión del SC

1. Enfoque Territorial

Es necesario, para la construcción de una política pública tomando en cuenta que el objetivo de ésta, es mejorar la gestión en el territorio del suelo de conservación para evitar la pérdida de cobertura forestal, concebir al SC, desde un enfoque territorial. A estas alturas, las políticas o instrumentos focalizados,

faltos de un enfoque de todo el territorio del suelo de conservación, han mostrado ser su ineficiencia.

Se requiere partir de este territorio. Comprender e identificar su “capital territorial”, distintivo por diversos factores: localización, tamaño, dotación de factores de producción, tradiciones, recursos naturales, calidad de vida, aglomeración económica, etcétera. Identificar, los sistemas de relaciones sociales, caracterizados por una estructura histórica, que perpetúan y ahondan el rezago económico y social, y reclaman nuevas relaciones sistémicas para revertirse. También es crucial comprender la combinación de instituciones, reglas y prácticas, que hacen posible un cierto nivel de creatividad e innovación en el suelo de conservación. De esta forma, se debe identificar los procesos concretos que intervienen en el territorio y en los nuevos factores del desarrollo.

Un cambio de fondo que permita a una gestión pública integral para todo el territorio del DF y en especial del suelo de conservación, exige dentro de este enfoque territorial, necesariamente diseñar y aplicar políticas territoriales diferenciadas⁴⁰ en este territorio con conocimiento de los procesos concretos que intervienen en él, en función de la dinámica de la ciudad.

Un nuevo modelo de gestión pública basado en políticas territoriales diferenciadas, significa una real valoración de los servicios ecosistémicos y una gestión efectiva en las zonas de mayor tensión entre valor de uso y valor de cambio de la tierra y en especial atender los procesos de fragmentación de bosques. Esta diferenciación de políticas no significa una gestión territorial fragmentada; por el contrario, se sustenta en una visión global del territorio.

La conformación de este nuevo tipo de gestión pública permitirá también abordar el tema de la política agraria en la zona, en especial en lo que se refiere a la consolidación de los derechos de propiedad, tema de suma importancia que se apunta reiteradamente en este documento.

⁴⁰ Articuladas por supuesto por una política integral de gestión.

2. Enfoque de desarrollo rural territorial (DTR)

Una revisión de los aportes de la *Food and Agriculture Organization* (FAO), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el BID, la OCDE, el Banco Mundial y otras agencias multinacionales, buscando rescatar lo más relevante para el diseño y despliegue de políticas territoriales, permite identificar que los territorios rurales también pueden visualizarse como unidades económicas en las que se practican distintos tipos de intercambio; hacia su interior con una economía de carácter local y hacia el exterior. Intercambios que significan una articulación funcional con otros territorios. La dinámica que establezcan estas actividades determina las posibilidades de crecimiento económico y de generación de riqueza. Lo anterior bajo una visión de competitividad territorial que combina las dimensiones económica, social, y ambiental.⁴¹

En cuanto a los aportes del enfoque de desarrollo rural territorial (DTR) cabe destacar que incorporan la interacción rural-urbano con la finalidad de poder delinear políticas territoriales que respondan efectivamente a los riesgos ambientales y sociales, y a la par aprovechen las oportunidades para la generación de medios de vida y para la misma revaloración de lo rural.

Además, en el desarrollo rural territorial gana fuerza la idea de visualizar un *continuum* entre lo urbano y lo rural y dejar atrás la idea de estancos separados y la visión de los servicios ecosistémicos como el factor determinante de la interacción urbano-rural.

En consecuencia, el desarrollo rural territorial aborda al territorio como una construcción social, y presupone un proyecto concertado socialmente y detonador de desarrollo.

La idea de proyecto territorial es fundamental y no es producto de una planeación “de arriba hacia abajo”, emerge de una activación social en torno a visiones, propuestas claras y compartidas que, entre otras potencialidades, le permite establecer alianzas con los poderes locales con la finalidad de detonar

⁴¹ El Enfoque Territorial del Desarrollo Rural, Sergio Sepúlveda, Adrián Rodríguez,

Rafael Echeverri y Melania Portilla; IICA, San José, Costa Rica Agosto, 2003

acciones embrionarias de DTR, que pueden basarse en planes, programas o en verdaderos contratos, pactos o acuerdos de desarrollo territorial sustentable. El DTR propone una reconversión del territorio (no sólo de algunas actividades productivas), una transformación productiva que mejora la competitividad (productividad) de los recursos del territorio, sustentada y acompañada de una evolución institucional para: i) estimular y facilitar la interacción y la concertación entre actores locales y los agentes externos relevantes; ii) consolidar derechos de propiedad debidamente regularizados y reconocidos en los acuerdos/alianzas; iii) reducir el crónico fenómeno de exclusión social; orientar las acciones y los liderazgos a favor de la cooperación, coordinación y multisectorialidad.

Cabe reiterar que los pilares para la detonación de procesos de DTR son: una visión compartida, alguna forma de contrato/pacto territorial, y cierta potestad de la alianza sobre el destino de los recursos. Lo cual nos remite al factor crucial de la “política” de las políticas públicas: la cooperación. A ésta, la experiencia del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura le asigna la mayor prioridad. La cooperación local ha surgido como una estrategia que busca la construcción de alianzas entre socios a fin de movilizar la voluntad colectiva al logro de un bien común. La cooperación local se fundamenta en principios de confianza, gestión de conocimiento, comunicación y autonomía, los cuales permiten la autogestión de las comunidades, la introducción del pensamiento estratégico y la formulación de un proyecto local consensuado que conduzca a un pacto o contrato colectivo⁴².

En convergencia con estos planteamientos, la experiencia italiana de pactos territoriales presenta factores similares: el pacto es un instrumento de programación negociada (resultado de la concertación entre actores); son expresión de una alianza en torno a un área/territorio determinado con fines concretos; y presentan un liderazgo público o privado capaz de promover movilización social.

⁴² El Enfoque Territorial del Desarrollo Rural, Sergio Sepúlveda, Adrián Rodríguez,

Rafael Echeverri y Melania Portilla; IICA, San José, Costa Rica Agosto, 2003

3. Desarrollo territorial rural y ordenamiento territorial

Un pilar o componente sustantivo de las políticas territoriales es la proyección del ordenamiento territorial, se trata de insertarlo en el mismo proceso del pacto/acuerdo social para darle una mayor proyección³⁶, que sea útil para:

- i. proyectar las políticas sectoriales a nivel territorial como precondition para lograr una efectiva articulación territorial de los diversos programas e instrumentos de las políticas públicas;
- ii. desarrollar una plataforma de información y conocimiento compartido que oriente e incentive acuerdos para un uso y ocupación adecuada del territorio; y visiones compartidas para mejorar y ampliar las interacciones con otros territorios;
- iii. detonar una deliberación pública local: de la reconversión productiva a la reconversión del territorio; y que las acciones de reconversión sean congruentes con los límites y potencialidades del “capital territorial”;
- iv. establecer las condiciones de protección y mejoramiento de las zonas de producción agropecuaria y forestal; lo cual es convergente con el OT como instrumento de resguardo de los servicios ecosistémicos críticos y su valoración como factor determinante de la interacción rural-urbana.

No se trata de convertir el ordenamiento en política de estado, pero tampoco de reducirlo a un instrumento administrativo o normativo de una zonificación artificial del territorio.

II. Componentes específicas de la política pública para el Suelo de Conservación

Una política pública para una efectiva gestión del Suelo el Conservación que aporte a la conservación y uso adecuado de estos ecosistemas, debe fundarse en reformas articuladas basadas en los enfoques ya descritos, y que significan cambios en la agenda pública, en la agenda de gobierno, en los acuerdos, en las estrategias institucionales y en la orientación de sus intervenciones

territoriales. Todo ello, significa conformar una modalidad de gobernanza que exprese nuevas concepciones sobre el SC y la misma conservación, y permita una evolución de la gestión territorial del SC. A continuación se detallan las cinco reformas sobre los cuales está basada la propuesta y que son componentes específicas de esta:

1. la revaloración social de este “espacio rural” desde una perspectiva de los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas brindan en beneficio de todos los habitantes de la ciudad y por lo tanto la valoración social de este capital natural;
2. la valoración patrimonial de los recursos naturales del SC, de forma tal que su cuidado y conservación sea redituable para los propietarios y poseedores de estos recursos;
3. el consenso y adopción de una visión renovada de los recursos naturales del SC y por lo tanto de las tareas de conservación como una actividad de interés público;
4. el consenso y adopción de una necesaria visión amplia de conservación, entendida de manera integral, concebida como todas las actividades que ayuden a preservar el capital natural y por lo tanto los servicios ecosistémicos; y
5. una estrategia específica para avanzar hacia la integración territorial de la zona “rural” y urbana.

El objetivo de los componentes de política es lograr desplegar una sólida, proactiva e innovadora política de valoración social de este territorio rural en términos de los servicios ecosistémicos que brinda a la ciudad. Esta valoración social debe estar asociada a un efectivo reconocimiento, visibilidad y retribución de toda la gama de tareas relacionadas -directa o indirectamente- con su conservación, entendida la conservación en un sentido amplio, en un sentido integral.

1. La revalorización social del espacio rural del Distrito Federal desde una perspectiva de servicios de los ecosistemas

El denominado suelo de conservación es el único espacio con el que cuenta el Distrito Federal para que su población obtenga servicios ecosistémicos que le son indispensables para su bienestar y para el propio desarrollo urbano de la ciudad. En este espacio, aún prevalecen bosques, así como matorrales y pastizales⁴³ y es la extensión de suelo más importante para la recarga del acuífero, cuya importancia no es sólo la provisión de agua potable, para el Distrito Federal y parte de los municipios conurbados, sino dadas las condiciones del suelo, se configura como el soporte físico de gran parte del suelo de la ciudad.⁴⁴

A pesar de que existe un amplio reconocimiento de los beneficios que se obtienen del suelo de conservación, este espacio está sujeto a numerosas presiones y amenazas que colocan a muchas de sus zonas de alto valor ambiental en una situación de vulnerabilidad ante posibles cambios de uso de suelo y pérdida de cobertura forestal como se detalló en la introducción y muestran los mapas que acompañan el texto.⁴⁵ De hecho, las actividades humanas han deteriorado de manera creciente los ecosistemas, y con ello han mutilado los servicios ecosistémicos, lo que ha incidido desde diferentes vertientes en el debilitamiento del bienestar de estos ecosistemas y por lo tanto en afectaciones a la calidad de vida de toda la población del Distrito Federal. Ante esto, resulta indispensable que la población del Distrito Federal valore este territorio por los servicios ambientales que brinda y comprenda la estrecha relación que existe entre el funcionamiento de los ecosistemas del suelo de

⁴³ La Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2005, en el Atlas de Usos de Suelo y Vegetación, advierte que los bosques alcanzan una superficie de 39,713 ha, los matorrales se localizan en 4029 ha, los pastizales en 6613 ha y la agricultura en 30, 785 ha.

⁴⁴ El objetivo del presente apartado no es especificar todos los servicios ecosistémicos que se obtienen de este territorio sino enfatizar la necesidad de que la población en general perciba, valore la importancia de este territorio desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos indispensables para la ciudad que brinda el SC y por lo tanto se involucre.

⁴⁵ La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) señala que anualmente se pierden en el Distrito Federal 200 ha de bosque a causa del crecimiento de la mancha urbana y por la tala, pastoreo y quemadas para la agricultura.

conservación, las inadecuadas decisiones que se toman sobre los mismos - tanto conscientes como inconscientes- y las consecuencias sobre el bienestar de todos.

Es necesario enfatizar que no son sólo los habitantes del suelo de conservación quienes deben comprender esta dinámica sino toda la población del Distrito Federal. Es más, la conciencia sobre la importancia de conservar los ecosistemas de esta parte del Distrito Federal debido a los servicios ecosistémicos que prestan, más allá de la Ciudad, está mucho más presente entre los pobladores de este territorio que en el resto de la Ciudad. Como tal, resulta imprescindible, que como eje prioritario de la política para mejorar la gestión del SC y por ende conservar la cobertura forestal se logre transmitir a la población del Distrito Federal la importancia de este espacio desde la óptica de los servicios ecosistémicos que genera para toda la población.

Es necesario que la población en su conjunto comprenda que este espacio constituye un patrimonio natural privilegiado y que incluso, los servicios públicos ambientales que de ahí se obtienen constituyen un patrimonio y derecho común de toda la población⁴⁶. Y de esta forma, lograr que se revalore este espacio rural desde la importancia de los servicios ecosistémicos que brinda. Es importante que se tenga conciencia de que la pérdida o deterioro de sus ecosistemas y por lo tanto de sus servicios, atenta contra el derecho constitucional de toda la población a: “un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar”.⁴⁷

Resulta indispensable que la población en general reconozca y valore los vínculos entre la dinámica urbana y los servicios de los ecosistemas que se localizan en la mitad del territorio de la ciudad. De ahí la convicción de utilizar el

⁴⁶ Incluso el reglamento de la PAOT reconoce que la existencia de bienes y servicios públicos ambientales en su artículo 2 donde, en la fracción IV establece: “Bienes y servicios públicos ambientales: Aquellos elementos naturales de jurisdicción del Distrito Federal y los beneficios que éstos brindan de manera natural o por medio del manejo sustentable de los mismos; y que suponen dominio público, en los que se llevan a cabo diversidad de actividades, de los que derivan derechos que por su naturaleza difusa e intangible, sólo son susceptibles de conservarse y protegerse mediante la tutela pública y las acciones colectivas”.

⁴⁷ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 4º.

marco conceptual que ofrece *Millennium Ecosystem Assessment* (EM)⁴⁸. Éste coloca al bienestar humano como el foco central de cualquier evaluación, y plantea la estrecha relación de dependencia que se da entre la integridad ecológica de los ecosistemas y los distintos componentes del bienestar humano, siendo los servicios ecosistémicos el vínculo entre ambos conceptos.

La comprensión de los vínculos que hay entre los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano, proporciona argumentos sólidos para justificar la urgencia de cuidar la funcionalidad de los ecosistemas. El Modelo:

- a. da pie para utilizar el enfoque de ecosistema urbano, que expresa los fuertes vínculos entre la ciudad y los ecosistemas;
- b. allana el camino para identificar los servicios ecosistémicos que aporta el suelo de conservación, y dentro de ellos, definir cuáles tienen un carácter estratégico para la ciudad y son decisivos para el derecho a un medio ambiente adecuado, lo que los coloca como derechos colectivos;
- c. permite analizar cuáles son los servicios ecosistémicos que funcionan cuando los ecosistemas están sanos, y aquéllos que se perciben sólo cuando el deterioro de los mismos se traduce en amenazas y posibles riesgos para la población vulnerable; y
- d. suscita la reflexión sobre los derechos colectivos vs los derechos de los particulares, en términos de servicios ecosistémicos.

El Distrito Federal visto desde la perspectiva de ecosistema urbano

⁴⁸ Iniciativa auspiciada por la ONU. Se encuentran representados más de una docena organismos internacionales: PNUMA, PNUD, UNESCO, además de la participación de otras organizaciones y el apoyo de convenciones de carácter global (Convención sobre la Diversidad Biológica, la Convención contra la Desertificación, la Convención de Cambio Climático y la Convención de RAMSAR sobre Humedales). En: *Millennium Ecosystem Assessment*. 2005. *Ecosystems and human well-being*. Island Press, Washington, D.C.

El medio natural de una región interactúa bajo diversas modalidades con el medio construido, dando lugar a una funcionalidad territorial que algunos autores denominan *Ecosistema Urbano*. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) lo define como: “*Una comunidad biológica donde los humanos representan la especie dominante o clave y donde el medioambiente edificado constituye el elemento que controla la estructura física del ecosistema*”.⁴⁹

Como se señaló, resulta fundamental aceptar que el medio natural de una región y el medio construido presentan complejas interacciones, desde la dependencia de la ciudad de los servicios de los ecosistemas que se generan en el medio no construido. El enfoque de ecosistema urbano propicia detenerse a reflexionar sobre los siguientes razonamientos:

- i. Repensar las ciudades como parte integral del ecosistema.
- ii. Los servicios de los ecosistemas conforman el vínculo central entre los ecosistemas y el bienestar social, especialmente para los pobladores urbanos.
- iii. El campo y la ciudad se identifican como sistemas socioculturales entrelazados, tema que se relaciona con la necesidad de un enfoque de integración territorial entre estos territorios; y
- iv. Existe un franco desequilibrio a favor de las zonas urbanas, propiamente dichas, en detrimento de los espacios de donde provienen los servicios de los ecosistemas, mismos que no se han sabido valorar, lo que se relaciona con el tema de los derechos patrimoniales apuntado más adelante.

⁴⁹ Arboricultura Urbana y Medioambiente, Introducción al Ecosistema Urbano, <http://www.arbolesymedioambiente.es/Pagina9.html>.

Desde esta óptica, una política pública a escala territorial y en materia de conservación y uso de los ecosistemas tendría entre sus propósitos principales que considerar la revaloración del “espacio rural” desde una perspectiva de servicios de los ecosistemas. Por tanto, resulta indispensable empezar por identificar y clasificar los servicios de los ecosistemas, con el único afán de esclarecer cuáles resultan estratégicos para la ciudad y pueden ser considerados como derechos colectivos de la población.

Identificación de los servicios de los ecosistemas que se conforman como derechos colectivos y ambientales

El ME reconoce alrededor de 17 servicios de los ecosistemas.⁵⁰ No obstante, es conveniente, a partir de los atributos estructurales y funcionales del ecosistema urbano del Distrito Federal, identificar los que corresponden a este espacio. Sin embargo, este ejercicio sería insuficiente, pues se trata de detectar cuáles son los servicios de los ecosistemas estratégicos para la ciudad, que se conforman, además, como derechos colectivos.

En el esquema siguiente, se presenta una clasificación de los servicios de los ecosistemas del ME 2005, ajustada al ámbito del suelo de conservación y considerando, además, sólo aquéllos servicios que se estima que:

- i. son estratégicos para la viabilidad de la ciudad;
- ii. son básicos para asegurar el derecho al medio ambiente adecuado, y por tanto, se conforman como derechos colectivos, toda vez que no preserva la protección a una persona en lo individual a la cual se le genera un daño. Refiere una protección para evitar la merma en un derecho de un grupo de personas en un lugar y tiempo determinado.

⁵⁰ Según Millenium Ecosystem Assessment, 2005 Los servicios de los ecosistemas son : regulación de calidad del aire, regulación del clima, ciclo del agua, abastecimiento de agua fresca, regulación del flujo del agua, purificación del agua, recursos genéticos, regulación de plagas y enfermedades, polinización, alimentos, fibras y materias primas no alimenticias, biomasa, medicamentos, regulación de erosión, ciclo de nutrientes, regulación de peligros naturales, recreación y ecoturismo.

El resto de los servicios de los ecosistemas, particularmente los de abasto como alimentos, madera, medicamentos, combustibles entre otros, no se pueden considerar estratégicos para la población, debido a su producción, dado el tamaño del suelo de conservación.

Servicios ecosistémicos del suelo de conservación que forman parte del derecho ambiental y de los derechos colectivos



Fuente: Adaptación propia de *Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being. Island Press, Washington, D.C.*

Los servicios de apoyo o soporte se incluyen en este esquema, ya que son indispensables para la existencia de todos los demás servicios de los ecosistemas,⁵¹ pero no se analizan debido a que no repercuten de manera directa en el bienestar de las personas.

⁵¹ Según Millennium Ecosystem Assessment 2005, son aquellos que permiten la producción de materias primas, polinización, provisión de hábitat, de oxígeno y formación del suelo y del ciclo de los nutrientes.

Descripción de los servicios ecosistémicos estratégicos

A continuación, se describen los servicios estratégicos de los ecosistemas desde dos perspectivas: aquéllos que se perciben cuando los ecosistemas están en buenas condiciones, que se pueden denominar explícitos, y los que se “descubren” cuando los ecosistemas están deteriorados y se relacionan con amenazas y posibles riesgos naturales para la población vulnerable. Incluso, el deterioro de los ecosistemas se puede traducir en el incremento de la intensidad de las amenazas naturales.

Servicios ecosistémicos del suelo de conservación

<p>Los explícitos (perspectiva bienestar ciudadano):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de agua (cantidad y calidad) Recarga de acuífero • Estabilización relativa del microclima (régimen de lluvias, temperatura, humedad); • Captura y almacenamiento de carbono. • Barrera contra vientos y contención de contaminantes • Resguardo de suelos: • Cultura y recreación 	<p>Los implícitos: riesgos por amenazas geológicas e hidrometeorológicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hundimientos • Colapsos y agrietamientos de suelos • Deslaves • Inundaciones <p>Riesgos sanitarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del agua y del suelo por actividades antropogénicas (uso de agroquímicos, fecalismo al aire libre, ausencia de drenaje, etc..) • Cambio climático
---	--

a. Servicios explícitos de los ecosistemas

Captación, infiltración, purificación y almacenamiento de agua

El suelo de conservación posee un valor estratégico inconmensurable para la ciudad, dada su capacidad para la recarga del acuífero que provee la mayor parte del agua que consume el Distrito Federal y algunos municipios conurbados, ello en función de que en este espacio coinciden los siguientes atributos:

- La mayor parte de la precipitación se recibe en la parte oeste y sureste de la cuenca; es decir, en las sierras de las Cruces, Ajusco y Nevada,

donde se llegan a registrar más de 1,200 mm de lluvia al año, mientras que en las partes más bajas y centrales, se reciben entre 500 y 800 mm. al año.⁵²

- El sustrato permeable de las montañas que se localizan en el suelo de conservación permite la filtración de agua a los acuíferos.
- La presencia de cubierta vegetal y suelos de bosque son elementos que aseguran las posibilidades de infiltración para atrapar y retener la gran cantidad de agua que llega en poco tiempo.
- La superficie de suelo sin sellar se localiza en el suelo de conservación.
- Ahí también se localizan 17 de los 18 manantiales con los que cuenta el Distrito Federal.

La recarga del acuífero es el servicio de los ecosistemas que presenta con mayor claridad e intensidad su carácter de bien público y de interés público, así como su función de vínculo con el resto de los servicios de los ecosistemas. De hecho significa la respuesta a una necesidad vital de los habitantes de toda la ciudad. Más aún si se considera que cada vez más, el agua se coloca como uno de los recursos más críticos para la ciudad, desde diferentes puntos de vista:

- i. el acuífero se encuentra sobre-explotado, lo que, entre otras cosas;
- ii. genera hundimientos diferenciados en la ciudad;
- iii. la falta de agua constituye el mayor limitante para el desarrollo;
- iv. urbano; incluso ya es insuficiente y su dotación es inequitativa;
- v. la insuficiencia del DF en este rubro y la importación del recurso de otras cuencas, con los consabidos impactos ambientales y políticos; y
- vi. se reconoce como uno de los principales retos que determinar la sustentabilidad de la ciudad.

⁵² Estudio sobre el acuífero

Captura de carbono (CO₂)

La captura de carbono es un servicio global que se considera como una medida de mitigación ante el cambio climático. Este servicio se define como: “la extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros de carbono a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis”.⁵³

El suelo de conservación es el único espacio de la ciudad en la que de alguna manera se pueden efectuar procesos de captura y almacenaje de carbono, por lo que el cuidado de los ecosistemas y la recuperación de bosques resultan indispensables para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. De alguna manera, la población local se beneficia de este servicio. El cuidado de este servicio ecosistémico se refleja en la protección de cuencas, bosques y esfuerzos de forestación y reforestación.

Estabilización de suelos

La cubierta vegetal constituye el principal elemento de control de la erosión y conservación de los ciclos hidrológicos, asimismo, amortigua los efectos de tolvaneras y dispersión de partículas suspendidas, responsables de afectaciones a la salud de la población y reducción de azolves en presas y red de desagüe. Es también fundamental para la formación de suelo (organismos saprófagos, aireación, fijación de Nitrógeno, y otros) y reciclaje de nutrientes.

Barrera contra vientos y contención de contaminantes

Se puede decir que se trata de una zona de descontaminación, mediante la absorción de contaminantes y producción de oxígeno para la ciudad. En particular los bosques resultan importantes para la detención de las llamadas partículas PM₅ y PM₁₀ que afectan seriamente la salud de las personas.

Cultura y recreación

Al valor escénico y recreativo se suman el turismo alternativo y la educación ambiental, elementos que generan identidad en los habitantes de la ciudad que viven o visitan este espacio y constituye también un medio de vida para los dueños del suelo de conservación y bien llevado es garantía de conservación.

⁵³ Prompex, 2007, citado en: Zenia Saavedra.

Existen múltiples zonas del SC de alto valor para fines de recreación y escénicos (ambos beneficios de gran potencial poco reconocidos y aprovechados).

Estabilización relativa del micro clima

Las superficies boscosas inciden en el microclima a partir de la humedad, las lluvias y la temperatura. En el DF se forma una isla de calor (cemento, edificios) que afecta el bienestar de los habitantes. La reducción de la cubierta vegetal ha ocasionado problemas como cambios regionales de los regímenes de temperatura y precipitación, modificaciones en los ciclos hídricos, contribuyendo al incremento de la temperatura en la ciudad.

b. Deterioro de los ecosistemas y sus servicios y su vinculación con riesgos para la población

Del suelo de conservación se obtienen otros servicios de los ecosistemas que sólo se hacen visibles en la ciudad, cuando por causas de deterioro o mal uso de los ecosistemas se hacen evidentes, tales como hundimientos del suelo, inundaciones, y los efectos que genera la contaminación. Incluso, no sólo cumplen con sus funciones sino que incrementan el problema.

Los acuíferos como sostén físico de la ciudad

Un nivel adecuado de los mantos acuíferos sobre los cuáles se asienta la ciudad, permite su estabilidad física.⁵⁴ Sin embargo, como se trata de acuitardos⁵⁵ (localizados en el antiguo lecho lacustre en el fondo de la cuenca) comprensibles en función de la cantidad de agua, se presentan hundimientos diferenciales. Ello es así porque:

⁵⁴ Parte de las formaciones superficiales del suelo de la Ciudad de México, tanto la zona lacustre como la llamada de transición, está compuesto por arcillas sumamente comprimibles

⁵⁵ Son aquellos estratos que si bien contienen apreciables cantidades de agua, la transmiten muy lentamente y pueden recargar a los acuíferos verticalmente. Morell I. y Fagundo J (1996). Contribuciones a la investigación y gestión del agua subterránea. Publicaciones de la Universidad Jaume I.

Las arcillas de la Cuenca de México (miden entre 10 y 130 m) tienen entre 8 y 10 partes de agua por cada porción sólida (son excepcionalmente comprimibles cuando no tienen agua”, lo cual se considera como excepcionalmente poroso. Esta propiedad hace que el acuitardo quede especialmente susceptible a compactarse y agrietarse ante la pérdida de humedad. Una construcción sobre arcillas, que normalmente experimentaría contracciones de 2.5 cm. en otras regiones del mundo, en la Ciudad de México, se compactaría 25 centímetros.⁵⁶

O sea, el bombeo profundo y la sobre explotación de los acuíferos, sumados al progresivo sellamiento de zonas de recarga,⁵⁷ y las fuerzas verticales de las construcciones generan fracturas y hundimientos diferenciados en la ciudad, con las consecuentes amenazas a la integridad física de las personas, así como su bienestar, patrimonio y economía.

De hecho el problema ambiental más grave del Distrito Federal y de algunos de los municipios conurbados es el hundimiento del terreno.⁵⁸ Lo anterior, ha significado la construcción de obras de drenaje sumamente complejas que se vuelven insuficientes cuando hay lluvias torrenciales.

Mitigación de inundaciones

La mayor parte de los 700 milímetros de agua de lluvia que caen anualmente en la región se concentra en unas cuantas tormentas intensas provocando inundaciones en diferentes sitios de la ciudad. En particular, la parte de la ciudad que se construyó sobre lagos es susceptible a inundarse (zona de acumulaciones de flujos provenientes de las partes altas). En estas zonas el problema se puede presentar por las escorrentías, fallas en el sistema de drenaje y alcantarillado (obstrucción por residuos, rompimiento de ductos, etc.) o en casos de una lluvia extraordinaria donde el sistema de drenaje de alguna zona en específico se sobrecargue.

⁵⁶ Repensar la Cuenca: la gestión del ciclo del agua en el Valle de México.

⁵⁷ El hundimiento varía entre 6 y 28 centímetros al año. Una tercera parte de este problema se atribuye a la impermeabilización y dos terceras partes a la extracción (Sheinbaum, 2004).

⁵⁸ Gilberto Vela Correa, 2009. Vulnerabilidad del suelo de conservación del Distrito Federal ante el cambio climático. Posibles medidas de adaptación. Centro Virtual de Cambio Climático. Ciudad de México.

“La urbanización de las zonas de recarga daña la capacidad de la cuenca para amortiguar los picos de lluvia. El agua que normalmente habría sido infiltrada por las zonas agrícolas ó forestales, avanza violentamente sobre las zonas urbanas, llegando con fuerza y basura a los poblados de la cuenca baja.”⁵⁹

De ahí la importancia del servicio ambiental de regulación de los escurrimientos superficiales que propinan los bosques del suelo de conservación, misma que se vuelve deficiente por la deforestación.

Sin retención suficiente, se acelera el escurrimiento superficial, tanto de las lluvias, como de algunas corrientes de agua, lo que genera poca retención y excesivo escurrimiento, y con ello, el deslave de cerros con las consecuentes afectaciones a viviendas que se localizan en zonas de riesgo por este motivo.

Riesgos sanitarios por la contaminación del agua y del suelo

Los pozos profundos, la falta de drenaje en muchas zonas del suelo de conservación, así como el rompimiento de tubos de drenaje por fracturas o hundimientos provoca, por diferentes motivos, la contaminación de agua. Incluso hay sospechas de que pueden estar contaminados los acuíferos.

Por su parte los fertilizantes químicos y los tiraderos de basura en sitios inadecuados, así como la falta de infraestructura sanitaria en asentamientos irregulares contaminan el suelo.

c. Servicios ecosistémicos colectivos vs servicios ecosistémicos particulares

De alguna manera, esta breve descripción de los servicios ecosistémicos estratégicos permite valorar la importancia de los mismos, versus los servicios ecosistémicos que obtienen los particulares.

⁵⁹ Repensar la cuenca: la gestión de ciclos del agua en el Valle de México.

Los ecosistemas se utilizan para obtener uno o varios servicios, en muchas ocasiones, uno a expensas de otro. Todos los servicios de los ecosistemas estratégicos para la ciudad y que conforman derechos colectivos compiten con otros servicios de los ecosistemas que benefician sólo a algunas comunidades o a ciertos intereses y, reducen el flujo de servicios de los ecosistemas estratégicos, atentando contra los derechos colectivos. Es el caso de los taladores clandestinos; de quienes utilizan el suelo de conservación como suelo urbano, trátase de asentamientos irregulares o desarrollos inmobiliarios, e incluso de actividades agropecuarias que utilizan malas prácticas, como uso de fertilizantes químicos o compactación de suelos y que afectan los servicios ecosistémicos que se obtienen del suelo (sostén y suministro de nutrientes, captura de carbono, hábitat para muchos organismos e incluso cimiento para infraestructura urbana).⁶⁰ Naturalmente, los usos urbanos y el sellamiento de la superficie constituyen la pérdida irreversible de los servicios de los ecosistemas.

Los servicios de los ecosistemas que se obtienen del suelo de conservación, considerados como derechos colectivos, están siendo afectados por actividades humanas más allá de la capacidad auto reguladora de los ecosistemas.⁶¹ Estos procesos afectan los derechos ambientales de la población, tanto por el deterioro y escasez de algunos servicios, como porque el mismo deterioro de los mismos puede traducirse en amenazas y riesgos para la población, en particular la más vulnerable. Atender y abordar estos procesos es esencial para evitar posibles riesgos para la población.⁶²

En el siguiente gráfico, se presenta una visión de cuáles son los componentes del bienestar que benefician a toda la población, y que se consideran parte del derecho a un medio ambiente adecuado, por lo que también se consideran

⁶⁰ Lo anterior no significa que se deba optar por acabar con la agricultura, pero sí, modificar los sistemas agropecuarios que permitan que los predios dedicados a esta actividad sean proclives a la generación de servicios de los ecosistemas.

⁶¹ Rodrigo Tarté, 2008. Reflexiones sobre el tema de los servicios de los ecosistemas y su desarrollo http://katoombagroup.org/documents/events/event16/Rodrigo_Tarte2.pdf

⁶² C Montes y O Salas. 2007. "La evaluación de los ecosistemas del Milenio. La relación ente ecosistemas y bienestar humano". En: *Revista Ecosistemas*, septiembre. España.

derechos colectivos para la sociedad. En la otra columna se exponen los servicios de los ecosistemas que, si bien pueden significar medios de vida, ofrecen ventajas sólo a unos cuantos, y en ello, por lo general, invierten esfuerzo y recursos. En esta parte del estudio no se consideran aspectos relacionados con infracciones a la ley.



Fuente: Adaptación propia de *Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being. Island Press, Washington, D.C.*

2. Una nueva visión patrimonial de los recursos naturales del Suelo de Conservación

Hasta ahora se ha insistido en la necesidad de que la población del Distrito Federal comprenda la estrecha relación que existe entre el funcionamiento de los ecosistemas del suelo de conservación, las inadecuadas decisiones que se toman sobre los mismos -tanto conscientes como inconscientes- y las consecuencias sobre el bienestar de todos y en que desde esta óptica, una política pública en materia de conservación tendría que, entre sus propósitos principales, considerar la revaloración del “espacio rural” desde una perspectiva de servicios de los ecosistemas.

Así mismo, en el apartado anterior, se hizo hincapié en los servicios de los ecosistemas estratégicos para la ciudad y que conforman derechos colectivos para todos los habitantes de la ciudad y que compiten con otros servicios de los ecosistemas que benefician sólo a algunas comunidades o a ciertos intereses y, reducen el flujo de servicios de los ecosistemas estratégicos, atentando contra los derechos colectivos. Si bien este es un punto de gran importancia, también existe el otro lado de la moneda que tiene la misma importancia y se refiere a la necesidad de que la ciudadanía valore y se concientice sobre el hecho de que todos esos recursos naturales tienen propietarios y que como se mencionó, existe un franco desequilibrio a favor de las zonas urbanas, propiamente dichas, en detrimento de los espacios de donde provienen los servicios de los ecosistemas, mismos que no se han sabido valorar. Esto tiene una relación directa con la necesidad de otro nuevo enfoque y componente, con una nueva visión patrimonial del capital natural.

Si bien es muy cierto que la ciudadanía tiene un derecho fundamental a un medio ambiente adecuado y que los ecosistemas del suelo de conservación proveen servicios ecosistémicos fundamentales para la consecución de este derecho y que varios de estos servicios constituyen derechos colectivos de la población, también es cierto que los dueños de estos recursos tienen derecho a la valoración patrimonial de su recursos y sobre todo a que se reconozcan y apoyen sus labores de conservación.

De esta forma, los esfuerzos por conservar el capital natural debieran tener un impacto en el bienestar de esta gente. Ante un régimen de propiedad que impone amplias restricciones a los propietarios con fines de conservación, no solo ideal sino imperativo, es conservar -a través de distintos instrumentos- el interés privado del propietario en un nivel que no neutralice por completo sus expectativas de utilidad, y montar sobre esa base patrimonial privada los deberes de conservación. Esto nos lleva a preguntarnos sobre ¿qué hay de la necesaria retribución social y económica que debe corresponder a los agentes que realizan labores de conservación de acuerdo a la legislación mexicana⁶³?

⁶³ Ley General de Vida Silvestre, artículo. 5. *Última Reforma DOF 06-04-2010*

Ante esto, un punto de suma importancia es la necesidad de dar certidumbre a los derechos de propiedad en este territorio. Esto requiere resolver la cuestión agraria sobre la base del reconocimiento jurídico agrario de las tierras de las comunidades agrarias y de la aplicación especial de un proceso de certificación de derecho parcelario adecuado a las circunstancias, que evite el conflicto de linderos entre los productores rurales y elimine las causas del mercado ilegal de tierras del sector social. Es necesario dar el reconocimiento jurídico pleno a las comunidades agrarias de sus tierras, que son el equivalente a la tercera parte de la superficie del suelo de conservación.

Esto lleva a la necesidad de implementar un proceso particular de certificación de los derechos parcelarios y de propiedad en el vinculado a un sistema de pesos y contrapesos jurídicos-económicos-administrativos que logre una mayor propensión a la conservación de la tenencia de la tierra por parte de los habitantes rurales con el fin de implementar un proceso de desarrollo rural sostenible en el largo plazo en esta zona.

El derecho de propiedad en el marco jurídico mexicano

El derecho de propiedad formulado en el marco jurídico mexicano sigue la tesis de la función social de la propiedad, de protección a intereses colectivos, con una protección suplementaria que pretende prevenir contra cualquier desbordamiento del interés individual del propietario del derecho, englobando intereses y valores comunitarios. De esta forma, la legislación mexicana reconoce que los elementos naturales son portadores de un tipo de interés para toda la comunidad. Así, el interés por la conservación prevalece sobre las prerrogativas privadas de aprovechamiento. La obligación de conservar, reconocida como eje rector de cualquier aprovechamiento de los elementos naturales, es una fuerte restricción a las capacidades patrimoniales de disposición que pudieran haberse definido a favor de los propietarios de los recursos. De esto, no deriva una prohibición para actuar sobre los elementos naturales; lo que pretende la legislación, es fijar límites dentro de los cuales su

aprovechamiento se pueda efectuar de un modo sustentable.⁶⁴ Estas limitaciones se explican en los siguientes ordenamientos.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La propiedad privada y social a la que se refiere el artículo 27 constitucional es un derecho permeable, de rango inferior a la titularidad originaria de la nación y por este motivo, es un derecho receptivo a la imposición de las modalidades legislativas que sugiera el interés público. De acuerdo a este artículo, a pesar de que los elementos naturales susceptibles de apropiación pueden, en principio ser aprovechados por sus propietarios, la Constitución perfila un control regulatorio fuerte, con objeto de garantizar su conservación. Por una parte, garantiza el derecho del titular de la propiedad, pero por el otro, condiciona el ejercicio de ese derecho a la permanencia del recurso, lo que significa el reconocimiento del interés de la nación en la conservación de tales elementos. Así, el derecho de propiedad no implica libre disposición para su titular, ni anula los derechos de apropiación ni de aprovechamiento, sino que más bien condiciona su ejercicio a través de normas que se sobreponen.⁶⁵

El régimen Forestal

La ley Forestal reconoce como principal estrategia de conservación del bosque el aprovechamiento bajo criterios estrictos de sustentabilidad del recurso. Desde el punto de vista patrimonial, los bosques no pertenecen a la nación; sus propietarios son los dueños de los terrenos donde se desarrolla la capa vegetal: Sin embargo, aunque existe el derecho de propiedad sobre el recurso forestal, este no está abierto a cualquier tipo de decisión por parte de quien ejerce la titularidad sobre la tierra. Para aprovechar el bosque se requiere una autorización dada a través de un programa de manejo en el que se acredita la viabilidad del aprovechamiento en términos de la sustentabilidad del recurso. Sin la autorización pública el aprovechamiento del bosque se convierte en un delito como ocurre en el caso preciso del suelo de conservación.

⁶⁴ Díaz y Díaz Martín. El aprovechamiento de los recursos naturales. Hacia un nuevo discurso patrimonial. CEIBA, 2001

⁶⁵ Ibidem.

En el caso de los recursos forestales existe un derecho patrimonial básico conferido a favor del dueño de la superficie en la que se desarrollan las plantas. Sin embargo, a ese derecho, se sobrepone otro régimen: el relativo a la conservación del recurso. La pretensión, se orienta a optimizar el aprovechamiento del recurso bajo condiciones de sustentabilidad. Si bien se pretende que la actividad genere recursos para los productores y que sean estos los principales protagonistas en la conservación del bosque, y aunque a nivel nacional existen varios ejemplos exitosos de esto, desafortunadamente, esto no es todavía una generalidad por lo que se requiere de una política e instrumentos de política que permitan este objetivo.

Resulta de suma importancia señalar que en el suelo de conservación está prohibido el aprovechamiento forestal.

El régimen de la vida silvestre

El régimen de la Ley General de Vida Silvestre regula el aprovechamiento como una estrategia para la conservación y omite intencionalmente la especificación de los derechos patrimoniales básicos sobre los componentes de la vida silvestre. Esto favorece el dar prioridad a la tutela de la conservación y diluir parcialmente la rigidez de los derechos patrimoniales modernos. Así, el aprovechamiento no es una prerrogativa patrimonial del propietario o del legítimo poseedor, sino un cauce estratégico de la conservación. De acuerdo a la esta ley, el deber de conservar engloba los derechos de aprovechamiento sometiénolos a su imperativo, pero a demás comprende la posibilidad de fincar a cualquier sujeto la responsabilidad por sus actos perjudiciales contra los organismos silvestres o contra su hábitat⁶⁶.

La necesidad de conservar el interés privado de los propietarios de los recursos y de montar sobre esa base patrimonial privada los deberes de conservación

Así las cosas, de poco en realidad vale ser calificado como propietario en el contexto de un régimen que restringe el aprovechamiento a los causes específicamente autorizados por la propia Ley y que aún más es un régimen que favorece la penalización. Como ya se mencionó, las modalidades impuestas son tan fuertes que prácticamente vuelven irrelevantes las

⁶⁶ Ley General de Vida Silvestre, artículos 106 y 107. Última Reforma DOF 06-04-2010.

decisiones del titular patrimonial acerca del destino final de los bienes que constituyen el objeto de su derecho. Ante esta visión patrimonial surge una disyuntiva: cuando el propietario de un bien o recurso deja de tener un atractivo de utilidad sobre éste, lo más probable es que tampoco se interese por su conservación. Lo urgente es conservar el interés privado del propietario en un nivel que no neutralice por completo sus expectativas de utilidad, y montar sobre esa base patrimonial privada los deberes de conservación. Ante la situación jurídica del derecho de propiedad sobre los distintos recursos naturales se requiere impulsar una nueva visión patrimonial del capital natural a través de políticas e instrumentos que incentiven la conservación de los bienes comunes.

El primer problema importante es que la conservación no ha logrado generar suficientes ganancias. La expresión más emblemática de esta situación refiere cómo –salvo algunos ejemplos exitosos- los dueños de los bosques y selvas se encuentran entre los más pobres del país. En otras palabras, estos derechos de propiedad no han logrado traducirse en patrimonio; de ahí, que para ellos resulta más valiosa su tierra sin cobertura forestal, y que la sociedad, particularmente las instituciones y los actores más activos se muestren impotentes para dar respuestas efectivas, salvo como se señaló, en pocos territorios con circunstancias muy favorables. Los esfuerzos por conservar el capital natural deben tener un impacto en el bienestar de la gente. Así, las comunidades que viven dentro del capital natural deben beneficiarse de esa riqueza. La conservación de los bosques debe ser una actividad rentable para sus dueños y/o poseedores, sean estos públicos o privados, individuales o colectivos.

Ante esto se requiere desplegar una gama de políticas públicas que generen incentivos para el uso sustentable del capital natural y reconocer y apoyar a quienes ya usan el capital natural de manera sustentable, comenzando por los propietarios y poseedores de este capital. Los propietarios, copropietarios y usufructuarios de los diferentes recursos naturales debieran ser los primeros en custodiar, conservar y manejar los recursos naturales para así poder mantener servicios ecosistémicos suficientes y de calidad, para lo cual es necesario que reciban una contraprestación que les permita desarrollarse, sin necesidad de alterar y generar externalidades negativas en el entorno y más bien

contribuyendo a la protección del mismo. Sin embargo, aún, no se reconoce la obligación de generar una contraprestación o correspondencia con los propietarios de los elementos base⁶⁷ por los servicios ecosistémicos que dichos bienes prestan.⁶⁸

En el caso preciso del suelo de conservación, se requieren mecanismos eficaces de integración de las comunidades locales a las acciones de conservación y restauración de los recursos naturales. Asimismo, resulta de suma importancia lograr la toma de conciencia en los sectores social y privado de manera que reconozcan el valor de conservar el capital natural para lograr estrategias comunes para este fin. Por ejemplo, identificar y promover mecanismos de pago y estímulo hacia las comunidades que mantienen sustentablemente los recursos naturales, y generan servicios ecosistémicos y diseñar instrumentos económicos que apoyen a la conservación del capital natural. En torno a estos planteamientos están basadas las propuestas del apartado de instrumentos.

⁶⁷ Véase al respecto: Valery Mirra, Alvaro Luis. Acao civil pública e peracao do dano ao meio ambiente. Sao Paolo, Brasil, Editara Juárez de oliveira, 2002, p. 339.

⁶⁸ Véase al respecto: Barzel, Yoram. Economica analysis of property rigths. 2ª ed. E.U.A., Cambrige University Press, 1997, p. 157.

3. Consensar y adoptar una visión renovada de los recursos naturales del Suelo de Conservación y por lo tanto de las tareas de conservación como una actividad de interés público

Una estrategia sólida para el suelo de conservación con el objetivo de preservar la cubierta forestal debe acompañarse de un proceso de valoración social de sus recursos naturales y de los servicios ecosistémicos que de ahí se obtienen.

Se necesita desplegar, como ya se indicó, una sólida, proactiva e innovadora política de valoración social de este territorio rural en términos de sus servicios ecosistémicos, asociada a un efectivo reconocimiento, visibilidad y retribución de toda la gama de tareas relacionadas -directa o indirectamente- con su conservación, entendida en un sentido integral.

Proponerse una real valoración social de estos recursos y de los servicios ecosistémicos que presta, obliga a considerar que la conservación de estos recursos debe ser entendida y valorada como una actividad de interés de todos.

Los esfuerzos por conservar los servicios ecosistémicos como bienes comunes, tendrían que considerarse una actividad de interés público, y remunerada, ya que tienen un impacto en el bienestar de toda la población.

La conservación debe considerarse una actividad económica de interés público, semejante a los servicios de salud.

La valoración social del capital natural, significa comprender que se requiere de la participación a todos los niveles del universo de agentes gubernamentales, sociales y privados que están de una u otra forma involucrados en la conservación y que debe corresponder una necesaria retribución social y económica a los agentes que realizan labores de conservación y a los que hacen uso o aprovechamiento del capital natural de manera sustentable.

De esta forma, una visión ampliada de la conservación la concibe como una actividad redituable para los dueños y poseedores de los recursos, y una actividad con incentivos significativos para productores, gestores, promotores, técnicos, agentes de mercado, generadores de conocimiento e información sobre la funcionalidad de los sistemas socio-ecológicos.

Bajo este enfoque, se tendría que trabajar en varios frentes. Principalmente en mecanismos eficaces, diferenciados territorialmente, para la incorporación activa de las comunidades locales a las acciones de conservación, de uso y aprovechamiento sustentable y de restauración de los recursos naturales. De esta forma, los propietarios, copropietarios y usufructuarios de los diferentes recursos naturales debieran ser los primeros en custodiarlos, conservarlos y manejarlos sustentablemente. En este documento, se proponen varios instrumentos/mecanismos que permiten estos objetivos.

A manera de corolario:

El objetivo es lograr un cambio de enfoque sobre los recursos del suelo de conservación, que derive en cambios en la dinámica institucional, en sus políticas y programas, y en las estrategias e iniciativas de propietarios, productores y otros agentes. Este nuevo enfoque y cambios en la gestión territorial, se sintetizan de la siguiente forma: “hacer de la conservación una actividad económica de interés público, por ende, redituable para todos los agentes que en forma directa o indirecta se involucren en ella”.

4. Conservación de los recursos naturales entendida de forma integral

La conservación, como se propone, debe considerarse de forma integral para que tenga como resultado el efectivo mejoramiento de los territorios del suelo de conservación. Lo anterior exige diferenciar territorios y, por lo tanto, estrategias y actividades. Así, dicha política de conservación debe tener tres objetivos:

- proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos;
- respaldar la producción rural, reforzarla y dignificarla; y
- en congruencia con lo anterior, garantizar la generación de mayores medios de vida, y atenuar riesgos y desastres.

Esta concepción lleva al factor de inclusión, a elaborar instrumentos que permitan incorporar a otros pobladores de suelo de conservación -no sólo los dueños y poseedores- en las tareas de conservación y restauración y uso sustentable de los recursos naturales, como participantes y beneficiarios,

desarrollando programas específicos de participación social y capacitación de forma que permitan incrementar el bienestar general de los habitantes de este territorio.

Se ha insistido ya en este documento, que no se debe tener una visión acotada de conservación, diferenciándola de producción, restauración o preservación. La propuesta de esta reforma, consiste en tener un consenso o convención sobre el término “conservación” y su definición para que englobe las actividades de protección, mantenimiento y manejo adecuado de los recursos naturales. Este último término, manejo, entendido a su vez como aprovechamiento.

Ya mucho se ha avanzado en entender a la conservación en este sentido. Por ejemplo, el Reglamento a la Ley para la Retribución por la Protección de los Servicios Ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal publicado el 13 de octubre de 2010, establece como definición de conservación la: **“protección, manejo y mantenimiento** de los ecosistemas, y las poblaciones de especies nativas, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo”⁶⁹. Asimismo, la definición dada en el reglamento sobre servicios ambientales, hace énfasis en esta necesaria visión de conservación comprendida como **el uso racional de los recursos**: “aquellos derivados de los procesos ecológicos y biológicos que ocurren en los ecosistemas, cuyos valores y beneficios inciden directamente en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del Distrito Federal, y que justifican la necesidad de desarrollar acciones para promover su protección, conservación y recuperación, así como el **uso racional** de aquellos elementos naturales que generan estos servicios en beneficio de las generaciones presentes y futuras”.

70

La Ley respectiva y este reglamento, que tienen como objetivo retribuir a los núcleos agrarios del SC que se incorporen a los diferentes programas de política ambiental a través de la “entrega de estímulos económicos para la

⁶⁹ Reglamento a la Ley para la Retribución por la Protección de los servicios ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal, artículo 2.

⁷⁰ Reglamento a la Ley para la Retribución por la Protección de los servicios ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal, artículo 2.

conservación de servicios ambientales y actividades de protección, conservación y restauración de los ecosistemas naturales”⁷¹ contempla 6 programas con objetivos de conservación dentro de los cuales dos son relativos a la producción rural, integrándose a esta tendencia de concebir al uso y manejo de recursos, sobre todo a la producción como una forma de conservación. Los programas son los siguientes⁷²:

- I. Conservación y restauración de los ecosistemas;
- II. Conservación y protección de la biodiversidad;
- III. Rescate y preservación de cultivos tradicionales;
- IV. Rescate y preservación de chinampas;
- V. Producción de agricultura orgánica; y
- VI. Turismo comunitario alternativo.

Esta Ley establece claramente, en su artículo primero, que “tiene por objeto establecer los mecanismos para retribuir a los **núcleos agrarios y pequeños productores del suelo de conservación**, por la protección, conservación o ampliación de los servicios ambientales que brindan a todos los habitantes del Distrito Federal, así como para **la realización de actividades productivas** vinculadas al desarrollo rural, equitativo y sustentable”.⁷³

Así mismo, y de suma importancia, es el hecho de que tanto la Ley como el reglamento señalan que “Los recursos se destinarán a programas de apoyo a productores rurales, ejidos, comunidades, sociedades de producción, y usufructuarios legales del ”⁷⁴.

⁷¹ Reglamento a la Ley para la Retribución por la Protección de los servicios ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal artículo 3.

⁷² Reglamento a la Ley para la Retribución por la Protección de los servicios ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal artículo 6

⁷³ Ley para la Retribución por la Protección de los servicios ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal artículo 1º.

⁷⁴ Ley para la Retribución por la Protección de los servicios ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal artículo 6º y Reglamento a la Ley para la Retribución por la Protección de los servicios ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal artículo 18.

El objetivo de esta reforma de enfoque es consolidar esta visión sobre conservación que ya está presente en las disposiciones legales del Distrito Federal. Sólo así podrá aplicarse el factor de inclusión en el SC a través de programas específicos de participación social y capacitación de forma que permitan incrementar el bienestar general de todos o un mayor número de habitantes de este territorio.

5. Hacia una nueva visión del Suelo de Conservación: un enfoque de integración territorial

Se señaló ya que el enfoque de ecosistema urbano nos lleva a considerar que el campo y la ciudad son sistemas socioculturales entrelazados. Sin embargo, en términos de las políticas y programas del DF, continúa la tendencia a separar estos dos territorios mediante la crónica segmentación de estrategias de desarrollo para el territorio del DF: una de desarrollo rural para el suelo de conservación y una de desarrollo urbano para el resto del territorio del DF. Todo esto, en detrimento de los recursos naturales de este territorio y de mayor importancia en detrimento de sus pobladores.

Esta segmentación de estrategias ha sido fallida en sus dos vertientes: primera, la importante derrama de recursos públicos en el suelo de conservación no ha generado una dinámica de desarrollo rural. Más aún, los resultados productivos, salvo en algunos cultivos, son crecientemente negativos y la tensión de las actividades primarias sobre los ecosistemas sigue avanzando hacia una situación de irreversibilidad. Y en la vertiente urbana, continúa y en forma más acelerada la inadecuada ocupación territorial de zonas ambientalmente sensibles y de alto riesgo para la ciudad, como es el caso de sitios privilegiados de recarga del acuífero y barrancas; lo cual marca severas ineficacias en los programas e instrumentos de planeación urbana.

Resulta indispensable reconocer que si bien es cierto que el suelo de conservación es el proveedor de servicios ecosistémicos para la ciudad, sitio donde existen espacios construidos socialmente, en donde se realizan actividades rurales como las agropecuarias, acuícolas, de conservación, artesanales y de turismo alternativo; estas actividades conviven con

comportamientos urbanos y sobre todo con una importante urbanización precaria que se extiende a lo largo de este territorio ya sea permitida, irregular o en proceso de regularización con distintos patrones de expansión y densificación de asentamientos a lo largo de este territorio. En especial, los asentamientos irregulares ocurren mayormente en el perímetro determinado por la frontera entre la ciudad y el suelo de conservación y en el perímetro de los poblados rurales y de los programas parciales. Estos poblamientos permitidos y su *franja perimetral*, con una alta concentración de los asentamientos irregulares, conforman un largo proceso de urbanización precaria, que desde una perspectiva de servicios ecosistémicos, presentan un impacto actual y potencial, para todos los habitantes de la ciudad.

Sin embargo, de mayor importancia es la situación actual de estos pobladores puesto que las distintas estrategias para el suelo urbano y el de conservación, se han expresado en el manejo diferenciado en los derechos de propiedad entre estos dos territorios y los instrumentos de ordenamiento y en el estilo de gestión e interacción con los “dos tipos de ciudadanía”.

Resulta paradójico que estos pobladores se encuentran en el territorio proveedor de servicios ecosistémicos estratégicos para la ciudad y para la calidad de vida sus habitantes; donde la afectación de estos servicios vulnera los derechos ambientales colectivos. Sin embargo, generalmente son ellos mismos los más afectados. Es decir, la inadecuada gestión pública de este territorio se traduce directamente en impactos negativos sobre el bienestar social de estos mismos asentamientos, sobre los niveles de vulnerabilidad de la población, y por ende, la ineficaz e ineficiente gestión territorial del SC deriva en un severo deterioro de los derechos ambientales de toda la ciudadanía y sobre todo de los derechos de estos pobladores.

Este apartado intenta hacer hincapié en que este territorio no ha sido integrado al desarrollo urbano del DF, y en consecuencia, concentra formas muy precarias de urbanización que atenta contra los derechos ciudadanos y ambientales de estos pobladores. Es más, no sólo no ha logrado ser integrado sino que una extensión importante de asentamientos ubicados en la franja del perímetro determinado por la frontera entre la ciudad y el suelo de

conservación se encuentran ignorados en los instrumentos o regidos con severas incompatibilidades jurídicas. La importancia de este tema se refiere, no sólo a la situación muy precaria ya señalada de estos asentamientos sino a la gobernabilidad de la zona y al proceso de gestión y por lo tanto de conservación de los recursos ubicados en este territorio.

En la revisión a detalle que realizó la PAOT sobre la actual Propuesta de Modelo de Ordenamiento Ecológico del suelo de conservación de la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal se constató la histórica indefinición de políticas e instrumentos que existe para esta zona, donde, debido a fallas técnicas y márgenes de error en la interpretación de imágenes, una franja importante en este perímetro, no está regulada por ningún instrumento o existen importantes traslapes. En este estudio, se constató, por ejemplo, que existen 45,166.94 has. de “zona de transición” entre el suelo urbano y el suelo de conservación en donde rigen ambos tipos de instrumentos urbanos y rurales. De estas 13,181 has. establecen usos de suelo incompatibles en la nueva propuesta de Modelo de Ordenamiento Ecológico⁷⁵.

La poca integración de políticas urbanas y ambientales trae como consecuencia la falta de claridad en usos permitidos, no permitidos, condicionados o prohibidos en varios predios o parajes específicos del suelo de conservación. De acuerdo al estudio de la PAOT, esto se hace aún más confuso en estas 13,181 has donde 244 propuestas de UGAs se sobreponen o traslapan con espacios físicos, predios o parajes que tienen usos de suelo establecidos en los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano.⁷⁶

La imagen a continuación, pertenecientes a dicho estudio muestra esta situación.

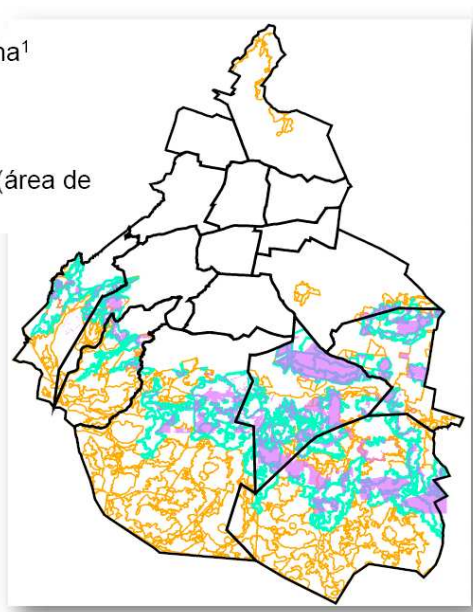
⁷⁵ PAOT, Opinión técnica al Proyecto de Actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico. Septiembre 2010.

⁷⁶ PAOT, Opinión técnica al Proyecto de Actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico. Septiembre 2010.

- Zona de transición de 45,166.94 ha¹
- 13,181 ha con incompatibilidad PGOE (2000) – PDDU
- Hay **244** UGA's en las 13,181 ha (área de interés en éste tema)

Simbología

- ▭ Límites Delegacionales
- ▭ Polígonos de Incompatibilidad PGOE (2000) - PDDU
- ▭ UGAS en polígonos de incompatibilidad
- ▭ Unidades de Gestión Ambiental



Fuente: PAOT, Opinión técnica al Proyecto de Actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico. Septiembre 2010

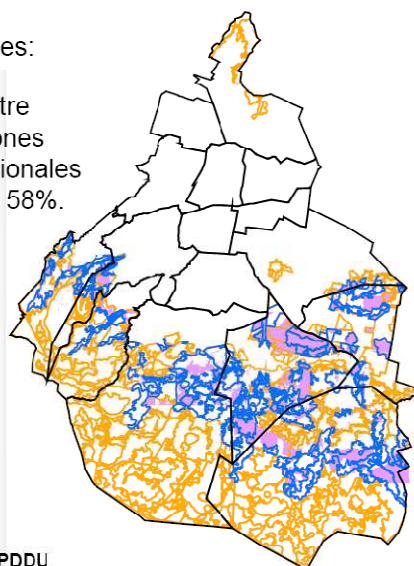
De igual forma, de suma importancia es el hecho de que de estas 244 UGAs, en 142 se encontró incompatibilidad entre las políticas propuestas y las zonificaciones establecidas en los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano (PDDU).

Respecto a los Programas Delegacionales:

- En 142 se encontró incompatibilidad entre las políticas propuestas y las zonificaciones establecidas en los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano (PDDU), es decir, 58%.
- Estas 142 UGA's representan 7,325 ha de la zona de incompatibilidades, es decir, el 56%.

Simbología

- ▭ Unidades con incompatibilidad con el PGOE vigente (2000)
- ▭ Unidades de Gestión Ambiental
- ▭ Zona de incompatibilidad PGOEDF - PDDU



Fuente: PAOT, Opinión técnica al Proyecto de Actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico. Septiembre 2010

Este enfoque sobre la necesaria integración de los dos territorios del Distrito Federal, se refiere a la necesidad de lograr un mayor equilibrio y reciprocidad en la relación entre el suelo calificado como urbano y el suelo de conservación. De forma tal que se pueda integrar el suelo de conservación y a sus habitantes a las tendencias económicas y sociales imperantes en la ciudad y no las contravenga y que atienda las necesidades de la ciudad y del suelo de conservación incentivando las tendencias de ruralización urbana de manera ordenada. Resulta de suma importancia integrar este territorio a la ciudad para contrarrestar el actual desequilibrio a favor de las zonas urbanas, propiamente dichas, en detrimento de los espacios de donde provienen los servicios de los ecosistemas. Se requiere de la formación y fortalecimiento de una cultura de equidad económica y social en la relación campo-ciudad.

Esto último alerta sobre la imperiosa necesidad de abandonar visiones y prácticas que conciben al SC sólo como “lo rural”, como lo estrictamente periurbano de la ciudad, como la gran *Área Natural Protegida* de la ciudad, como la fuente de recarga del acuífero y algunos otros servicios ecosistémicos e idear una regionalización de este territorio que haga visible el enorme fenómeno de urbanización precaria, sus dimensiones espaciales, poblacionales, sociales, económicas e inclusive de diferenciación de derechos ciudadanos.

Sólo así, tomará mayor peso en la agenda de gobierno el tema de integración del SC al desarrollo urbano de la ciudad. Un tema de grandes ramificaciones que compete a casi toda la institucionalidad del Distrito Federal: cómo atenuar la precariedad de la urbanización; cómo dar certidumbre a los productores primarios; cómo valorizar a fondo los servicios ecosistémicos y garantizar su preservación a largo plazo; cómo lograr que la ciudad se *apropie* de las zonas boscosas, de los humedales, de las zonas de alta recarga, sin vulnerar derechos de propiedad; entre otros.

Sólo así, el SC dejará de ser visto como un tema exclusivo de la Secretaría de Medio Ambiente, de la de Desarrollo Rural, de la de Desarrollo Urbano, de

Obras y de algunas Delegaciones. Se trata de un tema de integración del territorio del DF y por ende, estratégico para sus principales instituciones.

Un cambio de fondo que termine con la segmentación de estrategias de desarrollo para el DF, y encamine a una gestión pública integral para todo el territorio del DF, exige necesariamente: diseñar y aplicar políticas territoriales diferenciadas para el suelo de conservación -como se señaló en los enfoques-, en función de la dinámica de la ciudad.

Un nuevo modelo de gestión pública basado en políticas territoriales diferenciadas, significa una real valoración de los servicios ambientales; y una gestión efectiva en las zonas de mayor tensión entre valor de uso y valor de cambio de la tierra. Como se señaló, esta diferenciación de políticas no significa una gestión territorial fragmentada; por el contrario, se sustenta en una visión global de la interacción territorial urbano-rural.

La conformación de este nuevo tipo de gestión pública permitirá abordar el tema de la política agraria en la zona, en especial en lo que se refiere a la consolidación de los derechos de propiedad como plataforma para alentar la multiplicación de formas asociativas y contractuales entre diversos agentes para conservación de los recursos naturales. Tema que por su importancia es referido dentro de los instrumentos.

En la instrumentación de esta reforma, cabe marcar que el principal problema no se ubica en los instrumentos normativos urbano ambientales. Está en la falta o falla de políticas que enmarquen y orienten estos instrumentos y sus interacciones. Baste mencionar tres ejemplos de políticas difusas estrechamente ligadas y dependientes de estos instrumentos: las erráticas políticas en torno a poblados rurales y asentamientos irregulares; la débil política agraria en el suelo de conservación; y la casi inexistente política de conservación de los servicios ecosistémicos desde una perspectiva de desarrollo urbano.

De aquí la imperiosa necesidad de que la aplicación de un efectivo ordenamiento territorial en las nueve delegaciones con suelo de conservación no se visualice como el simple ensamble jurídico o programático de los dos instrumentos: Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico. Resulta indispensable identificar y consolidar las políticas (existentes y por

definir) que están vinculadas y dependen de estos instrumentos, para poder lograr congruencia y eficacia en las políticas públicas.

En síntesis, se trata de construir y aplicar un modelo de gestión pública integral de todo el territorio bajo jurisdicción del DF.

III. Instrumentos

Los instrumentos expuestos en el presente apartado, están basados en el enfoque territorial, de desarrollo rural territorial de políticas territoriales diferenciadas. De igual manera, se fundamentan en las componentes anteriores en la valoración social de este territorio rural en términos de los servicios ecosistémicos que brinda a la ciudad, asociada a un efectivo reconocimiento, visibilidad y retribución de toda la gama de tareas relacionadas -directa o indirectamente- con su conservación, entendida en un sentido integral. Se presentan varios instrumentos ya que las distintas políticas territoriales exigen trabajar en varios frentes y dependiendo de las circunstancias y capital territorial de la zona puede ser aplicado uno u otro.

Se trata de mecanismos que pueden ser diferenciados territorialmente, para la incorporación activa de las comunidades locales a las acciones de conservación, de uso y aprovechamiento sustentable y de restauración de los recursos naturales. Resulta necesario señalar, que el uso de cualquiera de estos instrumentos por sí solo no garantiza la conservación de un área, sino que evidentemente varios de ellos deben ir asociados a un programa de manejo, acceso a financiamiento, incentivos, capacitación, etcétera.

1. La resolución de la cuestión agraria en el Suelo de Conservación

En el apartado sobre los componentes de la política, en el relativo a la valoración patrimonial de los recursos del SC se hizo referencia, por su vínculo directo con la valoración patrimonial, a la necesidad de dar certidumbre a los derechos de propiedad en este territorio. De igual, forma se hizo referencia a este tema en la componente sobre la necesaria integración territorial urbano

rural al expresar la segmentación de estrategias de desarrollo para el DF que ha traído como resultado derechos diferenciados entre los pobladores urbanos y “rurales” en especial en cuanto a los derechos de propiedad. A pesar de que este tema fue referido en dicho apartado, se presenta como un instrumento de la política por su importancia.

De acuerdo a la documentación técnica que sustenta el nuevo PGOEDF (en proceso de aprobación), en el SC “los procesos por litigio entre las comunidades del DF y los núcleos agrarios de otras entidades causan conflictos sociales y políticos, situación que dificulta la conservación y restauración de los ecosistemas.”

Es indispensable resolver la cuestión agraria sobre la base del reconocimiento jurídico agrario de las tierras de las comunidades agrarias y de la aplicación especial de un proceso de certificación de derecho parcelario adecuado a las circunstancias. El objetivo es evitar el conflicto de linderos entre los productores rurales y eliminar las causas del mercado ilegal de tierras del sector social.

Esto lleva a la necesidad de implementar un proceso particular de certificación de los derechos parcelarios y de propiedad en el duelo de conservación, vinculado a un sistema de pesos y contrapesos jurídicos-económicos-administrativos que logre una mayor propensión a la conservación de la tenencia de la tierra por parte de los habitantes rurales con el fin de implementar un proceso de desarrollo rural sostenible en el largo plazo en esta zona.

Asimismo, una estrategia activa y transparente de reconocimiento y consolidación de derechos de propiedad, puede ser plataforma para alentar la multiplicación de formas asociativas y contractuales entre diversos agentes económicos, no gubernamentales y, especialmente, con entidades académicas ya involucradas en la conservación y por tanto preservación, restauración y manejo sustentable de los recursos naturales del suelo de conservación. Este tema recurrentemente marginado de la agenda, es condición prácticamente indispensable para una activación económica y social de este territorio.

2. Mecanismos que reconocen y proyectan los esfuerzos de gobernanza

Considerando la complejidad inherente a los problemas ambientales y sociales del SC resulta obvio que los retos enfrentados en términos de política territorial y gestión no pueden atenderse de forma fragmentada sino de manera sistémica, lo que hace necesario construir capacidades de todos los actores socio-políticos (gubernamentales, organismos privados y pobladores). Esto implica un proceso de modernización y desarrollo institucional orientado hacia la construcción de una gobernanza participativa, corresponsable y democrática, a través del involucramiento de todos los actores para mantener la coordinación, coherencia, cohesión y acción colectiva dirigida a lograr la gobernabilidad en esta región.⁷⁷ Como ya se señaló, la gran mayoría de los propietarios y poseedores de recursos naturales del SC, están consientes de la importancia de su patrimonio y han avanzado hacia el empoderamiento.

Es evidente que en el SC las acciones de conservación no pueden quedar reducidas a la acción gubernamental y por ejemplo a la sola creación de Áreas Naturales Protegidas o a los programas de apoyo económico. Los siguientes instrumentos que forman parte de un esquema de gobernanza, reconocen la necesidad de la coparticipación de las comunidades rurales en las tareas de conservación. Forman parte de la tendencia que no concibe la conservación biológica separada del desarrollo social, la cultural y las actividades productivas. Reconocen el valor del capital natural en la economía, la generación de incentivos para el uso sustentable del capital natural y son una fuente de apoyo para quienes ya lo usan de manera sustentable. Tienen como objetivo asegurar la integración de las comunidades locales a las acciones de conservación y restauración de los recursos naturales, como participantes y beneficiarios, desarrollando programas específicos de participación social y capacitación. Además, estos instrumentos, pueden servir de complemento para los actuales esfuerzos gubernamentales de conservación y como mecanismos para acercar más recursos públicos y privados a estas tareas.

⁷⁷ Luis Aguilar Gobernanza: normalización conceptual y nuevas cuestiones E S A D E, Catedra LideratgeS i Governanca democrática, 20 de mayo del 2008. P. 10

2.1 La emergencia de nuevos productores como agentes de conservación

La necesidad de concebir a los productores como agentes de conservación se visualiza como un instrumento ya que es una alternativa orientada a la gestión integral del territorio como modelo de intervención pública para hacer compatible la conservación de la biodiversidad, de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que proveen, con el desarrollo económico y social en este territorio.

En las zonas reconocidas como frágiles del SC, en las cuales deben planearse acciones urgentes para evitar los cambios inadecuados de uso de suelo y preservar los recursos naturales se plantea reconocer también su gran potencial productivo como una alternativa para la conservación de estas zonas.

El objetivo de este instrumento, que tiene una relación directa con la componente relativa a concebir a la conservación de manera integral. Consiste en revalorizar la producción rural con claras prácticas de conservación, frente a la sociedad. Revalorizar su papel como productor de alimentos, su papel en el beneficio económico y social de la población y sobre todo, concebir que la realización de estas actividades bajo un marco claro, que potencie el manejo adecuado de los recursos, convierte a los productores en agentes de conservación.

Se trata de impulsar productores en el SC como agentes de conservación y de reconocer los esfuerzos de reconversión productiva como multifuncionales. Esfuerzos de reconversión productiva que derivan en un buen manejo de tierras; actividades que significan el resguardo de los recursos naturales que son estratégicos en la zona como suelo, agua, y biodiversidad. Esfuerzos que sobre todo contribuyen a la preservación de la funcionalidad ecosistémica y de los servicios ecosistémicos.

El objetivo es impulsar una actividad que además de ayudar a garantizar el desarrollo económico y social, incide de manera directa en la conservación de

la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos. Se busca enmarcar la actividad para que tenga objetivos de conservación de los recursos y servicios ecosistémicos a través de la intensificación sostenible, como técnicas agroecológicas, que incrementen la productividad por unidad de superficie.

La estrategia busca que estos productores al dejar de plantearse cambios inadecuados de uso de suelo, y prácticas inadecuadas, preserven los recursos naturales y por lo tanto se conviertan en agentes de conservación.

Los productores seguirán siendo agentes económicos, pero de esta forma, al ser agentes de conservación, su actividad debiera considerarse de interés público.

Esta visión, parte de comprender que las actividades de estos productores están estrechamente relacionadas con la conservación de los recursos naturales. La conservación como actividad, ante la situación ambiental y pérdida de servicios ecosistémicos en la zona, debe considerarse una actividad económica de interés público ya que tiene un impacto en el bienestar de toda la población.

Al realizar una actividad económica de interés público, se deben apoyar los esfuerzos de reconversión productiva brindando a los productores los apoyos necesarios para profundizar en su papel como nuevos agentes de conservación. Estos apoyos debieran incluir el reconocimiento, visibilidad, divulgación, metas de gestión gubernamental, así como apoyos para adentrarse en el cuidado de los recursos naturales e impulsar proyectos directamente relacionados con servicios ecosistémicos directos como de recreación, culturales, éticos, etcétera.

Como se señaló en el apartado sobre componentes, a través de visualizar a la conservación de manera integral se busca comprender que el apoyo a estos esfuerzos de reconversión productiva tiene un alto valor en términos de conservación puesto que se está convirtiendo a productores, que generalmente mantienen prácticas degradantes en agentes de conservación.

De esta forma, la meta es:

1. proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos;
2. respaldar la producción rural, reforzarla y dignificarla; y
3. en congruencia con lo anterior, garantizar la generación de mayores medios de vida, y atenuar riesgos y desastres.



Ante esto se requiere de promoción y respaldo a los proyectos social-productivos en los diversos territorios del Distrito Federal mediante el impulso a distribuidoras comerciales para productos rurales con marca social o sello ambiental tanto para pequeños empresarios y organismos campesinos, sociales, etcétera; el financiamiento para la microindustria y las empresas sociales de distintos giros como ecoturísticas, de turismo rural, de servicios, entre otros.

2.2 REDD+

Para el caso específico del Distrito Federal, habrá que darle especial atención al curso que tome el mecanismo REDD+ y hacerlo en sinergia con la gama de iniciativas en torno a cambio climático. La alarma temprana sobre el cambio climático es una oportunidad que el Gobierno del Distrito Federal debe aprovechar, ya que se ha convertido en un tema político a nivel nacional e internacional y resulta relativamente sencillo conseguir financiamiento.

Vale la pena reiterar que el suelo de conservación es el único espacio de la ciudad en la que de alguna manera se pueden efectuar procesos de captura y almacenaje de carbono. El objetivo es lograr que los proyectos de cambio climático generen beneficios para los dueños de los bosques, y los recursos como el pago por servicios.

La reducción de las emisiones de carbono derivadas de la deforestación⁷⁸ y degradación forestal⁷⁹ (REDD) se basa en una idea central: premiar a las personas, comunidades, proyectos y países que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de los bosques. (Angelsen *et al.*, 2009). Recientemente, la “+” en REDD+ ha ido captando mayor atención hacia actividades relativas a la conservación y aumento de los reservorios de carbono (Parker *et al.*, 2009). El potencial del mecanismo REDD es extenso. Al mismo tiempo que REDD se ocupa del cambio climático, simultáneamente enfrenta la pobreza rural, ayuda a conservar la biodiversidad y promueve el sostenimiento de vitales servicios para el ecosistema (Parker *et al.*, 2009).

⁷⁸ *Deforestación*: La mayoría de las definiciones caracterizan a la deforestación como la conversión al largo plazo o permanente de tierra de bosque a área sin bosque.

- La Conferencia de las Partes de la CMNUCC define la deforestación como la ‘conversión directa inducida por el hombre de tierras con bosque a tierras sin bosque.’
- IPCC define deforestación como la “remoción permanente de cobertura forestal y el retiro de la tierra del uso forestal, ya sea de forma deliberada o circunstancial.”
- La FAO define la deforestación como “la conversión de bosque a otro uso de la tierra o la reducción al largo plazo de la cobertura de copa por debajo del umbral mínimo de 10 por ciento”.

⁷⁹ *Degradación*: La FAO se refiere a la degradación como “cambios dentro del bosque que negativamente afectan su estructura o funcionamiento y por lo tanto disminuyen su capacidad de abastecer productos y/o servicios”.

Podría afirmarse que REDD+ surge como un proceso con un valor agregado, que incluye al menos tres tipos de beneficios adicionales: 1) Beneficio climático: porque reduciría hasta un 20% de las emisiones globales; 2) Beneficio de biodiversidad: porque prevendría pérdida de los hábitats más ricos; y 3) Beneficio social: porque brindaría ganancias y otros beneficios. REDD + se aplica principalmente en bosques naturales y se refiere a las emisiones que no se liberan a la atmósfera al evitar que un bosque se deforeste o degrade. No es simplemente una compensación por un bosque. Además, también puede ser una herramienta de mitigación de la pobreza, dado que los bosques pueden y deben ser una fuente importante de ingreso, empleo y subsistencia para la población dueña de los recursos y que generalmente vive en pobreza.

En el caso del Distrito Federal, se debería considerar al carbono retenido en la biomasa forestal, que no se deforesta y que no se degrada, como un activo natural y darle una valoración económica en beneficio de los pobladores del suelo de conservación. Además de incidir directamente en la economía de los dueños de estos recursos, los beneficios del secuestro de C en los bosques naturales, plantaciones y sistemas agropecuarios son múltiples. Si se aumenta el almacenamiento de C en la vegetación y los suelos, además del servicio de mitigación, se obtienen otros servicios ecosistémicos, tales como: mejores suelos y calidad de agua, menos pérdida de nutrientes, reducción de la erosión, mejores hábitats para la vida silvestre, más conservación de agua, y más productos de la biomasa.

2.3 Instrumentos legales PRIVADOS para la protección de sitios críticos propiedad de ejidos, comunidades y pequeños propietarios en el SC

Los instrumentos a los que se hace referencia en este apartado, permiten la protección y el manejo sustentable de sitios críticos para la conservación propiedad de ejidos, comunidades y pequeños propietarios a través de diversas acciones y estrategias. Pueden ser sitios que requieren de protección inmediata, corredores biológicos o zonas de amortiguamiento. Son instrumentos que pueden ser diferenciados territorialmente, el objetivo es hacer

la selección del instrumento que mejor se acopla para el área en cuestión. De gran importancia, todos estos, permiten la incorporación activa de las comunidades locales a las acciones de conservación, de uso y aprovechamiento sustentable y de restauración de los recursos naturales.

Estos instrumentos de conservación (servidumbres ecológicas, usufructos, arrendamientos), dependen de la voluntad de los propietarios por lo tanto, favorecen el involucramiento de los dueños de los recursos y permiten incluir a un mayor número de actores. Se planean conjuntamente, por lo que también favorecen el trabajo conjunto entre comunidades, propietarios, ejidos y otras organizaciones públicas y privadas diseñando alternativas para potenciar los usos productivos y a la vez conservar los atributos naturales. Lo que los hace atractivos es que son flexibles, se adecúan a diversos intereses, circunstancias y necesidades y pueden ser utilizadas en propiedades dentro o fuera de ANPs.

De suma importancia es que ayudan a garantizar la conservación ya que requieren de la creación de acuerdos o compromisos legales vinculantes entre las partes que pueden ser defendidos legalmente en tribunales aun en contra de terceros que pretendan dañar los atributos naturales de los predios.

Como ya se indicó, resulta necesario señalar, que el uso de cualquiera de estos instrumentos por sí solo, no garantiza la conservación de un predio, sino que deben ir asociados a un programa de manejo, acceso a financiamiento, incentivos, capacitación, etcétera.

Figuras Contractuales con núcleos agrarios o ejidatarios y comuneros

Debido a que un porcentaje alto de los recursos a conservar están en manos de ejidos y comunidades, vale la pena especificar que es posible realizar varias figuras contractuales con estos núcleos. Evidentemente, en el caso de los pequeños propietarios no existe ninguna restricción. De conformidad con lo dispuesto en los artículos 45, 79 y 100 de la Ley Agraria, las tierras ejidales o comunales pueden ser objeto de cualquier contrato que permita su aprovechamiento óptimo. Éstos pueden ser celebrados por los núcleos de

población agrarios o por los ejidatarios y comuneros –según se trate de tierras de uso común o parcelado.

Se consideran aquí como instrumentos contractuales a los acuerdos voluntarios o transacciones mutuamente acordadas entre dos partes. Involucran un pago monetario o en especie a cambio de una contraprestación (en este caso, la conservación de un predio determinado) y tienen una vigencia temporal específica.

El Artículo 79 de la Ley Agraria establece que “el ejidatario puede aprovechar su parcela directamente o conceder a otros ejidatarios o a terceros su uso o usufructo, mediante aparcería, mediería, asociación, arrendamiento o cualquier otro acto jurídico no prohibido por la ley, sin necesidad de autorización de la asamblea o de cualquier autoridad”.

Como ya se señaló, una característica muy importante de los bienes públicos, como la biodiversidad y sus bienes y servicios, es que no ha logrado ser redituable su conservación y protección. En este contexto, los instrumentos contractuales ofrecen a la posibilidad de movilizar recursos económicos para financiar los costos de oportunidad de la conservación. En segundo lugar, permiten elevar de manera tangible los niveles de bienestar en la sociedad, ya que los instrumentos contractuales son capaces de expresar preferencias e inducir cantidades eficientes de conservación ecológica como un bien público.

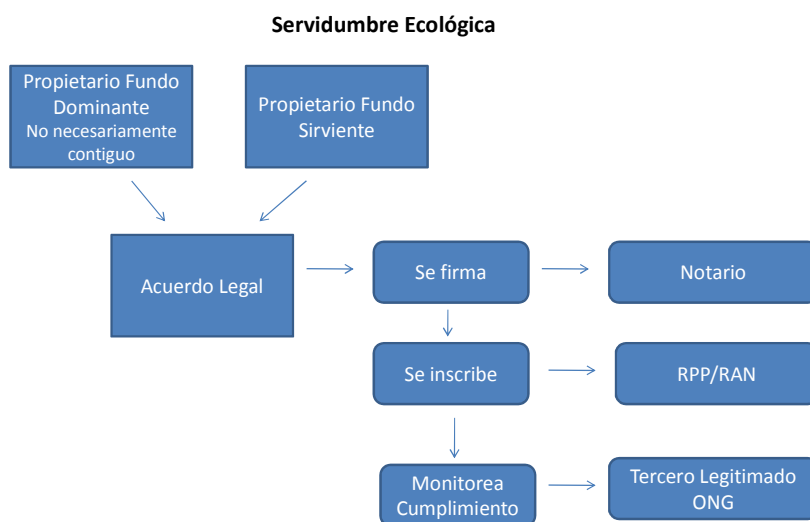
2.3.1 Servidumbres ecológicas

Es un acuerdo legal por parte voluntaria del dueño que limita el uso de una propiedad con el fin de conservar los recursos naturales o se obliga a realizar una serie de acciones.

- Intervenciones diferenciadas territorialmente
- Se mantiene la propiedad
- Instrumento legal que planifica el tipo e intensidad de uso futuro a fin de preservar los atributos naturales
- Acuerdo que reconoce la interdependencia de los procesos ecológicos
- Asegura la conservación de un sitio a través no sólo de restricciones sino puede imponer labores de conservación
- Posibilidades de involucrar a más actores a las labores de conservación

con remuneración.

- Flexibles para ser diseñadas con base en las características físicas de cada propiedad.
- Generalmente se constituyen a perpetuidad. La creación a perpetuidad las hace muy atractivas para muchos propietarios porque les da la seguridad de que su actual esfuerzo de protección será continuado.



Las servidumbres ecológicas son sin duda un mecanismo que permite integrar a las comunidades locales a las acciones de conservación y restauración de los recursos naturales ya sea como participantes en labores de conservación y/o beneficiarios de incentivos económicos por un tipo de uso o restricciones impuestas a sus propiedades. Este instrumento permite integrar a un mayor número de participantes en las tareas de conservación, no sólo a los propietarios de los recursos, desarrollando programas específicos de participación social, capacitación y vinculación internacional.

Las servidumbres ecológicas son un instrumento reciente de conservación que destaca la correlación y dependencia que existe entre dos propiedades y por lo tanto la interdependencia de los procesos ecológicos en una región. De mayor importancia es el hecho de que se trata de un acuerdo legal, vinculante, que asegura la conservación de un sitio a través de una serie de acciones o restricciones autoimpuestas mediante las cuales se mantiene la integridad de los recursos naturales. La servidumbre ecológica es el acuerdo legal en el que

dos propietarios de bienes inmuebles planifican el tipo e intensidad de actividades y uso futuro que debe dársele a una de las dos propiedades con el fin de preservar los atributos naturales. “Es un acuerdo legal por parte voluntaria del dueño que limita el uso de una propiedad con el fin de conservar los recursos naturales”.⁸⁰ Para el caso específico del suelo de conservación, lo que resulta más atractivo de las servidumbres ecológicas es su poder jurídico, su carácter obligatorio y perpetuo.

Entre las características principales de las servidumbres ecológicas figura el hecho de que su constitución es voluntaria. Es decir, se constituyen por interés del dueño de la propiedad quien recibe una remuneración o incentivo económico por el desuso de su terreno que implican ciertas restricciones, ya que son un contrato privado en el cual la voluntad de aquél es libre. También, de mayor relevancia en el caso del suelo de conservación, es el hecho de que las servidumbres son flexibles para ser diseñadas con base en las características físicas de cada propiedad, con el objetivo de proteger, restaurar o conservar los recursos naturales. De esta forma, cada servidumbre ecológica es diferente.

Generalmente se constituyen a perpetuidad y es esta la recomendación para el establecimiento de servidumbres ecológicas en el SC. La creación a perpetuidad las hace muy atractivas para los financiadores y para los propietarios porque les da la seguridad de que su actual esfuerzo de protección (por ejemplo, de un bosque) será continuado. Consideramos que éste es el principal beneficio resultante de la servidumbre ecológica, el legado a perpetuidad que el dueño hace. De esta forma, su propiedad será utilizada indefinidamente en forma sostenible y las áreas ecológicamente más importantes serán conservadas por siempre, brindando los mismos servicios ecosistémicos actuales o mejorándolos. Tratándose de propiedad privada o tierras ejidales, resulta relevante el hecho que las obligaciones creadas por una servidumbre son inseparables del predio y pertenecen a todos los futuros

⁸⁰ Cope Joanna, Servidumbres Ecológicas en América Latina, El pensamiento convencional. Fase 1- Investigación. 2005. p.6

dueños. También, en estas circunstancias es importante considerar que si la propiedad bajo una servidumbre ecológica se divide, las restricciones no cambian.

Son varias las ventajas del establecimiento de servidumbres en el SC ya que su constitución es muy sencilla. Se requiere primero, que participen y se pongan de acuerdo dos propiedades: una, que tendrá su uso planificado (fundo sirviente) y es el propietario de este fundo quien recibe el incentivo económico, y, otra, que se va a beneficiar de la servidumbre ecológica (fundo dominante), aunque en el caso del SC, el beneficio no es sólo para el fundo dominante sino que los beneficiarios son incluso todos los ciudadanos del DF por la importancia de los servicios ecosistémicos que provee esta región. El dueño del fundo dominante –que en muchas ocasiones puede ser un agente gubernamental o una ONG- es el encargado de pagar la contraprestación por las labores que se restringen en el predio y los costos de las distintas labores de conservación estipuladas en el contrato de servidumbre. El segundo requisito para su constitución es que se identifique claramente la utilidad de la servidumbre ecológica.

Por la importancia de la región, se requieren seleccionar aquellas áreas donde es necesario o urgente conservar y establecer ahí servidumbres que deben ser en principio alrededor de las áreas deforestadas para contener la deforestación, para conservar o restaurar, integrando a estas labores a más beneficiarios, cuyos trabajos y costos de restauración deberán ser subvencionados por los propietarios del fundo dominante además de que es indispensable y debe aprovecharse la servidumbre ecológica para acercar un mayor número de recursos, para remunerar a los pobladores envueltos en las labores de conservación; por ejemplo, fondos de programas gubernamentales como el de Pago por Servicios Ambientales. Podría constituirse la servidumbre ecológica con el apoyo y asesoría de una organización especializada que esté dedicada a la conservación de los recursos naturales y que dicha organización sea de hecho la dueña del fundo dominante o podría constituirse mediante la compra de terrenos a través de un fideicomiso para que estos funjan como predios dominantes. De esta forma dichas organizaciones deberán asesorar al

propietario para definir en conjunto con éste, las actividades que deben ser llevadas a cabo en la propiedad y los términos de la servidumbre ecológica. Además, esta organización sería la responsable de realizar el seguimiento correspondiente al contrato de servidumbre ecológica en forma perpetua, garantizándose así el mantenimiento de los valores naturales de la propiedad a perpetuidad.

En la opinión de varias ONG's, la servidumbre es un instrumento eficaz para complementar los programas de conservación del sector público. Promueven su uso para terrenos de propiedad privada ubicados dentro o adyacentes a un área natural protegida, para la creación de áreas núcleo, para terrenos que pueden formar parte de un corredor biológico y para incluir a ecosistemas o comunidades que no están representadas en el sistema de áreas naturales protegidas. Estas organizaciones señalan que la proximidad de una servidumbre a un área protegida realza el esfuerzo de lograr metas de conservación.⁸¹

Una característica que las hace un instrumento viable en la región, donde, las comunidades y propietarios de los recursos naturales están muy consientes de la riqueza que poseen y de las potencialidades de este capital, es el hecho de que la constitución de servidumbres ecológicas no cambia la propiedad de los bienes inmuebles y aumentan el valor de las propiedades en que se establecen. Los propietarios de éstos mantienen sus deberes en tanto dueños de la tierra y conservan el derecho de realizar todas las actividades que deseen, con la excepción de aquéllas que voluntariamente acordaron que no se continuaran efectuando, con el estímulo de que se hacen acreedores a una contraprestación que funge como compensación a sus derechos como propietarios de recursos naturales, de por sí ya legalmente bastante limitados y con nuevas restricciones mediante la servidumbre. El dueño de la otra propiedad tiene la responsabilidad de vigilar que se esté cumpliendo con dichos compromisos.

⁸¹ Cope Joanna, Servidumbres Ecológicas en América Latina, El pensamiento convencional. Fase 1- Investigación. 2005 p. 10.

Existen ejemplos de servidumbres ecológicas a nivel internacional y nacional en donde no ha sido necesaria la figura del predio dominante. Tal es el caso de la servidumbre ecológica establecida en la Finca Custepec a favor de la Reserva de la Biosfera El Triunfo⁸². Este es el caso de una propiedad del fundo dominante bajo dominio público, por ejemplo en terrenos que están dentro de una área natural protegida o cercanos⁸³. La creación de servidumbres se pueden otorgar, no a favor de un fundo dominante contiguo, sino directamente a favor de un fideicomiso gubernamental o una organización ambientalista privada calificada o del gobierno. De esta forma, un ejido o propietario de una parcela decide establecer una servidumbre ecológica en su predio sin necesidad de que esta sirva a otro predio dominante contiguo. Debido a la posible dificultad de compra de tierras en esta región esta posibilidad vuelve a las servidumbres ecológicas un instrumento atractivo ya que son instrumentos vinculantes y perpetuos lo que permite asegurar la conservación indefinida de éstas áreas.

Habría que impulsar este tipo de servidumbres que en última instancia, beneficia a la sociedad en general. Las actividades o restricciones a favor de la conservación se hacen a favor de la sociedad ya que generalmente se dirigen hacia la protección de objetos de conservación que proporcionan algún tipo de servicio ambiental. Una organización gubernamental o privada, toma el papel de “titular” (usualmente un land trust o una agencia conservacionista pública) que asegura el cumplimiento de las restricciones. Existen numerosos ejemplos de servidumbres entre predios no-colindantes en donde la servidumbre se basa en una relación funcional, por ejemplo, entre terrenos, no colindantes pero que

⁸² Con la firma de este contrato, propietarios de siete predios de la Finca Custepec, se comprometieron a proteger macizos forestales de Bosque Mesófilo, Bosques de Pino Encino y Selva Mediana Perennifolia, que sirven de hábitat a especies de importancia internacional por su status de endemismo y/o por estar contempladas dentro de la Norma Ecológica Mexicana 059 como especies en Peligro de Extinción o Amenazadas. Son en total mil 381 hectáreas de bosques templados protegidos por la Finca Cafetalera en la Reserva de la Biosfera El Triunfo. http://noticias.cuarto-poder.com.mx/4p_apps/periodico/pag.php?NDE2NDY%3D

⁸³ Cope Joanna, Servidumbres Ecológicas en América Latina, El pensamiento convencional. Fase 1- Investigación. 2005. p 12.

comparten un hábitat prioritario para la protección de alguna especie⁸⁴. Existen ejemplos donde fondo dominante sirve para varios fondos sirvientes. Pronatura A.C. ha creado proyectos de este tipo en propiedades dentro de o adyacentes a un área natural protegida en México.⁸⁵ Este enfoque facilita la colaboración entre agencias públicas y las ONG's para manejar los programas de conservación de tierras públicas y privadas que aumentan la protección para un área protegida.

En el SC, el aporte voluntario de los propietarios de tierras con valor ambiental es vital para el logro del equilibrio entre la protección y el uso de los recursos naturales. El trabajo del gobierno y de las organizaciones privadas en este campo debe ser de promoción de dicha posibilidad y de facilitación de su realización. Las servidumbres ecológicas son, en ese sentido, una importante opción para contribuir a la conservación de los recursos naturales y por lo tanto de protección a los servicios ecosistémicos que provee la región, con la posibilidad de integrar a una mayor cantidad de población en tareas de conservación remuneradas.

Los individuos que dependen de sus tierras para su estabilidad económica requieren opciones que provean un balance entre producción y conservación. Las servidumbres pueden permitir el uso de agricultura, ganadería y turismo. En estos casos, ceder el derecho y cambiar el comportamiento para asegurar un uso racional de la tierra es probablemente más difícil para los propietarios, a no ser que las alternativas provean una inversión económica viable. Una servidumbre ecológica puede ser diseñada para lograr satisfacer las necesidades del propietario, a pesar de sus preocupaciones económicas. Durante el proceso para determinar el uso de la tierra, las ONG's conservacionistas o la agencia gubernamental, pueden desarrollar una propuesta para el manejo apropiado de las tierras basado en las necesidades económicas, los objetivos para el uso de la tierra y un análisis de las

⁸⁴ Cope Joanna, Servidumbres Ecológicas en América Latina, El pensamiento convencional. Fase 1- Investigación. 2005 p. 11.

⁸⁵ Cope Joanna, Servidumbres Ecológicas en América Latina, El pensamiento convencional. Fase 1- Investigación. 2005. p22.

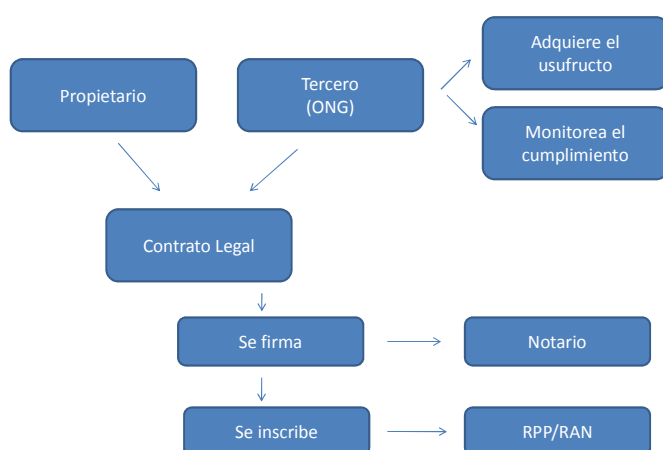
propiedades naturales del terreno. Ya sea que el propietario desee la conservación absoluta o una combinación de conservación y producción.

2.3.2 Usufructo con fines de conservación

Es un contrato en virtud del cual, un propietario otorga a un tercero (puede ser una ONG) el derecho de usar y disfrutar de su predio, en este caso en particular, con el objeto de conservar, proteger o restaurar los recursos naturales que posee, por un número significativo de años y sin perder la propiedad sobre el mismo.

- No se pierde la propiedad
- Se garantiza el manejo y conservación, mediante las acciones de un tercero.
- Se inscribe en el RPPC-RAN
- Si esa favor de una persona física puede ser vitalicio.
- Temporalidad máxima de 30 años con ejidos
- Van ligadas al predio, o sea, se transmiten con la propiedad.

Usufructo con fines de conservación



El usufructo para la conservación es un contrato en el que un propietario otorga a un tercero el derecho de usar y disfrutar un terreno, con objeto de conservar, proteger o restaurar los recursos naturales que posee, sin perder la propiedad sobre el mismo.

Por regla general, las facultades inherentes al dominio (usar, gozar y disponer) se ejercen por una misma persona. Sin embargo, a través de la figura jurídica del usufructo pueden desagregarse tales facultades y permitirse que la facultad de disponer quede en el propietario (al que se le llamará nudo propietario), y las facultades de uso y disfrute queden radicadas en otra persona, que se llamará usufructuario. De conformidad con el Artículo 980 del Código Civil Federal, "...el usufructo es el derecho real y temporal de disfrutar de los bienes ajenos". La regulación de esta figura jurídica se encuentra en los Artículos 980 a 1048 del Código Civil Federal, así como en los Artículos correlativos de los distintos Códigos Civiles de los Estados.

Aplicado al régimen ejidal el usufructo también puede presentar oportunidades importantes. Es así como una persona, incluyendo una organización no gubernamental, puede adquirir de un ejidatario el derecho de usufructo sobre sus parcelas, con objeto de realizar actividades de conservación de los recursos naturales. El ejidatario mantiene el derecho de disponer de sus parcelas y por el traspaso de las facultades de uso y disfrute recibe un pago, el cual puede ser en efectivo o incluir algún otro tipo de beneficio. De igual manera, es posible negociar con un ejido la constitución de un usufructo en tierras de uso común, siempre y cuando se cumpla con las formalidades que establece la Ley Agraria.

2.3.3 Arrendamiento de Tierras

El arrendamiento es un contrato por el cual un propietario permite el uso o goce de un inmueble por un tiempo determinado a cambio del pago de una renta. Mediante este tipo de contrato se pueden establecer cláusulas que limiten determinadas actividades que pueden dañar el medio ambiente o la biodiversidad. El interesado en estas limitaciones puede ser el propietario (arrendador) o el usuario (arrendatario).

El Código Civil Federal define al arrendamiento como un contrato en el cual dos partes se obligan recíprocamente –una a conceder el uso y goce temporal de una cosa y la otra a pagar por ese uso o goce un precio cierto–, recibiendo dicha contraprestación la denominación de renta.

Al hablar de los contratos de arrendamiento donde se contemple la conservación de terrenos de importancia ecológica, es necesario recurrir a lo

que se conoce como arrendamiento de fincas rústicas. El Código Civil Federal prevé este tipo de contrato en los Artículos 2454 a 2458. Tratándose de parcelas ejidales, el Artículo 79 de la Ley Agraria establece que el ejidatario puede conceder a otros ejidatarios o a terceros el uso o usufructo mediante arrendamiento de su parcela, sin necesidad de pedir autorización a la Asamblea Ejidal. Por lo que se refiere a los arrendamientos en tierras de uso común, el Artículo 100 de la Ley Agraria, indica que se podrá ceder el uso temporal de bienes para su aprovechamiento (arrendamiento) a terceros, siempre y cuando se cumpla con las formalidades que establece la Ley para la disposición de tierras de uso común en ejidos.

2.4 Áreas voluntarias de conservación

Las áreas voluntarias de conservación, se aprecian como una interesante estrategia para incorporar nuevas áreas a esquemas de conservación. A pesar de no contar con las características de los esquemas contractuales, obligatorios, representan un esquema que llega a convertirse en vinculante a pesar de que son regidos por los propietarios de los predios.

Las áreas voluntarias de conservación son “Predios destinados a acciones de preservación de los ecosistemas naturales o modificados, que incluyen biodiversidad, servicios ecosistémicos, y/o valores culturales e históricos, que es conservada voluntariamente por pueblos indígenas, comunidades agrarias, organizaciones sociales, personas morales, públicas o privadas, a través de sus propias normas y reglamentos u otros mecanismos efectivos, con estrategias de desarrollo que favorecen la integridad funcional de ecosistemas, y contribuyen a la mitigación de los efectos y adaptación al cambio climático.”⁸⁶

Actualmente, con las modificaciones de 2008 a la LGEEPA⁸⁷, son una categoría de Área Natural Protegida, con el mismo grado de importancia pero en donde sus propietarios conservan la propiedad, el dominio, manejo y gobernanza del área.⁸⁸ Son, ANPs definidas por sus dueños. En la misma ley

⁸⁶ Cecilia Elizondo y David López Merlín, *Las áreas voluntarias de conservación en Quintana Roo Corredor Biológico Mesoamericano México Serie Acciones / Número 6, CONAMIO, 2009 P. 120*

⁸⁷ LGEEPA, artículo 55 bis, (*Diario Oficial de la Federación*, 16 de mayo de 2008).

⁸⁸ Según datos de la Conanp, hasta 2008 existen en el territorio nacional 165 áreas de conservación certificadas, de las cuales 75% se encuentran en el estado de Oaxaca.

se expresa que, mediante la certificación voluntaria de predios destinados a la conservación, las propiedades obtienen un valor agregado, por tanto el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales se convierte en un “negocio”, al distinguirse los predios certificados por llevar a cabo actividades productivas de acuerdo con esquemas de sustentabilidad o representar una opción ecoturística para los visitantes⁸⁹. Además tienen la posibilidad de obtener un sello de sustentabilidad del producto o servicio, otorgado por la Semarnat.⁹⁰ A pesar de que generalmente las áreas voluntarias de conservación, tienen superficies pequeñas, tienen una gran importancia conservacionista ya que con base en este patrón es posible formular una estrategia de conservación de recursos naturales mediante una red de áreas de conservación voluntarias, cada una, protegiendo y manejando pequeñas islas de hábitat, diseñadas y articuladas en un sistema tipo archipiélago integrado.

Este instrumento, al igual que las figuras contractuales expuestas en el apartado anterior, son un paso adelante en la gobernanza de la región ya que reconocen que la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad puede ser por medio de la sociedad civil y no sólo a través de la acción gubernamental y de decretos de Áreas Naturales Protegidas. Es importante reconocer que la figura de área voluntaria de conservación es reciente y a pesar de que en México se han certificado alrededor de 160 reservas voluntarias⁹¹, no poseen las características vinculantes de otros instrumentos contractuales a pesar de que al ser reconocidas como Áreas Naturales Protegidas adquieren obligatoriedad pero pueden ser desincorporadas a diferencia de por ejemplo, las servidumbres a perpetuidad. Habrá que valorar sobre todo, las posibilidades de su permanencia y supervisión.⁹²

⁸⁹ Cecilia Elizondo y David López Merlín, *Las áreas voluntarias de conservación en Quintana Roo Corredor Biológico Mesoamericano México Serie Acciones / Número 6, CONAMIO, 2009 P. 120*

⁹⁰ LGEEPA, Artículo 77 Bis

⁹¹ Según datos de la Conanp, hasta 2008 existen en el territorio nacional 165 áreas de conservación certificadas, de las cuales 75% se encuentran en el estado de Oaxaca

⁹² El Reglamento establecerá los procedimientos relativos a la modificación de superficies o estrategias de manejo, así como la transmisión, extinción o prórroga de los certificados expedidos por la Secretaría.

Claro, más que un esquema de vigilancia, en la región es necesario uno de apoyo, con incentivos y que les otorgue reconocimiento social. Pero sobre todo en la región, es necesario establecer instrumentos en sitios prioritarios y su carácter voluntario hace que no siempre se logre poner bajo este esquema aquellos sitios urgentes de proteger ante la amenaza de la deforestación. Sin embargo, la opción establecida en el artículo 59 de la LGEEPA, aún no reglamentada, de establecer este tipo de áreas de conservación mediante un contrato con terceros abre la vía para que ONGs o fideicomisos promuevan su uso en sitios clave, acerquen recursos y acompañen y monitoreen las tareas de conservación.

Artículo 59 (LGEEPA): Los pueblos indígenas, las organizaciones sociales, públicas o privadas, y demás personas interesadas, podrán promover ante la Secretaría el establecimiento, en terrenos de su propiedad o **mediante contrato con terceros**, de áreas naturales protegidas, cuando se trate de áreas destinadas a la preservación, protección y restauración de la biodiversidad. La Secretaría, en su caso, promoverá ante el Ejecutivo federal la expedición de la declaratoria respectiva, mediante la cual se establecerá.⁹³

En el Distrito Federal Programa de Retribución por la Conservación de Servicios Ambientales en Reservas Ecológicas Comunitarias⁹⁴, y el Programa de Retribución por la Conservación de Servicios Ambientales en Áreas Comunitarias de Conservación Ecológica⁹⁵ son programas similares y que cumplen estos objetivos.

Las Reservas Ecológicas Comunitarias o Áreas Comunitarias de Conservación Ecológica se establecieron como una categoría de las Área Natural Protegida, para preservar aquellas regiones, de propiedad comunal o ejidal, que aún conservan sus condiciones naturales que no compromete los derechos de propiedad del ejido o comunidad, ni se modifica el régimen de propiedad. Su objetivo es asegurar la conservación y restaurar los ecosistemas naturales del Distrito Federal y la permanencia de los servicios ecosistémicos que

⁹³ LGEEPA, Artículo 59.

⁹⁴ Publicado en la Gaceta Oficial del D. F. del 19 de octubre de 2005.

⁹⁵ Publicado en la Gaceta Oficial del D. F. del 8 de diciembre de 2006

proporcionan a los habitantes de la Ciudad de México a través del involucramiento de los ejidos y comunidades en la conservación de la biodiversidad y la vigilancia de las zonas con vegetación natural que existen en los terrenos de su propiedad. Otro objetivo específico, a diferencia de las Áreas voluntarias de conservación es retribuir económicamente a los ejidos y comunidades que realicen labores de protección, restauración y mejoramiento de los servicios ambientales. La operación de los Programas está a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente, a través de la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales. Los Programas están diseñados para los ejidos y comunidades del Distrito Federal que sean propietarios de una extensión mínima de 100 hectáreas de zona de vegetación natural, libres de asentamientos humanos y que a través de su asamblea decidan establecer todo o parte de su territorio como Área Natural Protegida, ya sea en la categoría de Reserva Ecológica Comunitaria o en la categoría de Área Comunitaria de Conservación Ecológica.

2.5 Fideicomisos con fines de conservación

El fideicomiso es un contrato a través del cual una persona o grupo de personas (fideicomitentes) aportan bienes para el cumplimiento de un fin determinado encargados a un tercero (fideicomisario), los cuales serán administrados por un organismo especializado (fiduciario) que los pondrá a disposición del responsable del cumplimiento de los fines estipulados (en este caso, de conservación de la biodiversidad).

Dos características importantes del fideicomiso son: a) que los bienes, una vez aportados, poseen una protección legal especial y desde el momento en que se transmiten a la institución fiduciaria son inembargables, y b) que esta transmisión de bienes confiere al fiduciario únicamente la facultad de aplicarlos a los fines del fideicomiso de conformidad con el Artículo 381 de la Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito. El llamado Fideicomiso de Administración es el que probablemente plantea más ventajas como herramienta conservacionista. Consiste en que una persona o grupo de personas aporte terrenos de importancia ecológica a una institución fiduciaria, para que sean manejados por un fideicomisario que puede ser una organización civil o académica. Una vez finalizado el contrato, los bienes aportados pueden

regresar a la propiedad de los aportantes, siendo en este caso fideicomiso en administración puro, o bien, transmitidos a la organización conservacionista (fideicomiso en administración traslativo de dominio).

El fideicomiso representa para el fideicomitente un acto de dominio, por lo que sólo pueden aportar bienes al mismo, los legítimos propietarios de tierras, los ejidatarios individuales tratándose de sus parcelas y la Asamblea Ejidal sobre tierras de uso común.

2.6 Certificación de Productos

Es cada día más notable el desarrollo de preferencias ecológicas entre los consumidores, principalmente en aquellos de altos ingresos. Pueden aprovecharse en forma más amplia si se logra certificar la compatibilidad de la producción de ciertos bienes y servicios con la conservación, lo que redundaría en la estructuración de un mercado.

La certificación es un incentivo que se otorga a productos que cumplan con ciertas normas. Es equitativo, pues todos los productores, propietarios o inversionistas tendrían las mismas oportunidades o posibilidades de beneficiarse con la valorización adicional que se otorguen a los bienes y servicios certificados. A diferencia de otros incentivos que requieren de subsidios o grandes erogaciones de recursos, un programa de certificación, mercadeo y promoción basado en la estructura institucional existente podría ahorrar recursos y generar economías de escala. Una buena información y acceso oportuno de los mercados permitiría a los beneficiarios obtener los mejores precios de venta y mejorar sus ingresos.

2.7 Compra de Derechos de Desarrollo o Transferencia de Potencial

Los Derechos de Desarrollo Transferibles son un instrumento que puede ayudar a lograr el cumplimiento del ordenamiento ecológico y por lo tanto la protección del suelo de conservación. Permite, proveer una compensación financiera a aquellos propietarios de terrenos con restricciones. Esto, a diferencia del actual proceso de instrumentación del ordenamiento ecológico cuyas políticas y usos de suelo, están respaldadas en una regulación de

comando control para su observancia por los pobladores de esta zona. Este instrumento permite mayor flexibilidad y menos costo en su operación.

Los permisos de desarrollo transferibles se usan para controlar el crecimiento urbano y preservar los ambientes naturales. Es un instrumento que se utiliza, para lograr los objetivos de la planeación de los usos del suelo, las fuerzas del mercado para lograr que el crecimiento se de en las zonas más adecuadas y que en ese sentido ayuda a proteger las áreas destinadas a la conservación de los recursos naturales.

Como ya se ha reiterado, en el suelo de conservación hay una importante presión inmobiliaria y agrícola por desarrollar las áreas destinadas a la conservación. El Programa de Derechos de Desarrollo Transferibles (PDDT) utiliza las fuerzas del mercado para pagar por esa conservación que se necesita en aras del bien común y de la calidad de vida y sustentabilidad de la Ciudad de México.

A través de este Programa, los propietarios en las zonas emisoras pueden seguir utilizando su predio en los usos permitidos, ya sean agrícolas, forestales, o turísticos de muy baja intensidad, y obtener una compensación por la venta de los derechos y conservar la propiedad. Los propietarios o desarrolladores en las zonas receptoras, en el suelo urbano, obtienen una mayor intensidad de construcción y por lo tanto mayores ingresos, mediante la compra de los derechos transferidos.

Todo indica que en el D.F. sigue vigente el instrumento y que se le reactivará de manera ampliada estableciendo formal y operativamente su vinculación y compatibilidad con el Programa General de Ordenamiento Ecológico del D.F.

Para el caso específico de la vulnerabilidad a la presión del desarrollo urbano y agrícola en el suelo de conservación, la política de compensación en los precios de la zona de conservación ecológica debe orientarse a evitar el deseo de vender por parte de los ejidatarios y promover el uso de servicios

ecosistémicos de alta rentabilidad (viveros o centros de educación ambiental, centros de recreación y esparcimiento, eco turismo entre otros).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar Luis. 20 de mayo del 2008. Gobernanza: normalización conceptual y nuevas cuestiones. Catedra LideratgeS i Governanca democrática. E S A D E. España.

Angelsen, A.; Brown, S.; Loisel, C.; Peskett, L.; Streck, C. Zarin, D. 2009. Reducción de Emisiones de la deforestación y la degradación de bosques (REDD): Reporte de Evaluación de Opciones. Preparado para el Gobierno de Nicaragua. Meridian Institute. Washington.

Barzel, Yoram. 1997. Economical analysis of property rigths. 2^a ed. E.U.A., Cambrige University Press.

Cope Joanna, 2005. Servidumbres Ecológicas en América Latina, El pensamiento convencional. Fase 1-Investigación.

Díaz y Díaz Martín. 2001. El aprovechamiento de los recursos naturales. Hacia un nuevo discurso patrimonial. CEIBA. México.

Elizondo Cecilia y López Merlín David, 2009. Las áreas voluntarias de conservación en Quintana Roo Corredor Biológico Mesoamericano México Serie Acciones / Número 6, CONAMIO. México

Secretaría del Medio Ambiente, 2000. Estudio para la recarga del acuífero. Documento de trabajo. Gobierno del Distrito Federal. México

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being. Island Press, Washington, D.C

Montes C y Salas O. 2007."La evaluación de los ecosistemas del Milenio. La relación ente ecosistemas y bienestar humano". En: *Revista Ecosistemas*, septiembre. España.

Morell I. y Fagundo J (1996). Contribuciones a la investigación y gestión del agua subterránea. Publicaciones de la Universidad Jaume I.

PAOT 2010, Opinión técnica al Proyecto de Actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico.

Parker, C., Mitchell, A., Trivedi, M., Mardas, N. 2009. The Little REDD+ Book Global Canopy Foundation.

Saavedra Zenia, Ojeda Lina, López Barrera Faustino, 2009 "Identificación de áreas de valor ambiental amenazadas y su prioridad de atención en el suelo de conservación del Distrito Federal". Texto inédito de próxima publicación en la revista Investigaciones Geográficas, de la UNAM.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. 2002. Proyecto de Reglamento para la operación del Sistema de Transferencia de Potencialidad de Desarrollo Urbano. Versión del 13 de agosto de 2002. (Inédito).

Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda . 2000. Sistema de Transferencia de Potencialidad de Desarrollo. Propuesta de operación. Febrero 2000. (Inédito)

Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2005, Atlas de Usos de Suelo y Vegetación.

Sheimbaum, 2009. Problemática ambiental de la Ciudad de México. UNAM, Instituto de Ingeniería. México DF.

Sepúlveda, Sérgio, Rodríguez, Adrian, Echeverri Rafael y Portilla Melania. 2003. El Enfoque Territorial del Desarrollo Rural,; IICA, San José, Costa Rica.

Tarté Rodrigo, 2008. Reflexiones sobre el tema de los servicios de los ecosistemas y su desarrollo, 28 octubre.

Vela Correa, Gilberto, 2009. Vulnerabilidad del suelo de conservación del Distrito Federal ante el cambio climático. Posibles medidas de adaptación. Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México.

Valery Mirra, Alvaro Luis. 2002 Acao civil pública e peracao do dano ao meio ambiente. Sao Paolo, Brasil, Editara Juárez de Oliveira.

Leyes y Reglamentos:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917, TEXTO VIGENTE, Última reforma publicada DOF 29-07-2010

Código Civil Federal, Nuevo Código publicado en el Diario Oficial de la Federación en cuatro partes los días 26 de mayo, 14 de julio, 3 y 31 de agosto de 1928. TEXTO VIGENTE. Última reforma publicada DOF 28-01-2010

Ley Agraria. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de febrero de 1992. TEXTO VIGENTE. Última reforma publicada DOF 17-04-2008.
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. TEXTO VIGENTE. Última reforma publicada DOF 06-04-2010,

Ley General de Vida Silvestre. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000. TEXTO VIGENTE. Última reforma publicada DOF 02-09-2010

Ley para la Retribución por la Protección de los Servicios Ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 04 de octubre de 2006)

Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito. Diario Oficial de la Federación 27 de agosto de 1932. Última reforma publicada DOF 20 de agosto de 2008

Reglamento a la Ley para la Retribución por la Protección de los Servicios Ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal. Reglamento publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, el 13 de Octubre de 2010

Reglamento de la Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal. Reglamento publicado en la Gaceta oficial de la Federación, el 03 de noviembre de 2009

Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, el lunes 29 de enero de 1996. Última reforma publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal: 11 de agosto de 2006.

Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 29 de enero de 2004.

Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal, Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el de 2002.

Páginas de internet:

Arboricultura Urbana y Medioambiente, Introducción al Ecosistema Urbano, <http://www.arbolesymedioambiente.es/Pagina9.html>.

http://noticias.cuarto-poder.com.mx/4p_apps/periodico/pag.php?NDE2NDY%3D