

Regionalización y Amenazas a los servicios ambientales del Suelo de Conservación en la Ciudad de México. Hacia una ocupación viable del territorio.

Felipe-Omar TAPIA-SILVA y Alejandro MOHAR, México

Palabras claves : Acceso a la tierra, Cartografía, Geoinformación/GI:Hidrografía; Percepción Remota, Planeación Espacial

RESUMEN

El suelo de conservación SC de la Ciudad de México brinda servicios ambientales fundamentales para el correcto funcionamiento de un conglomerado humano de 20 millones de habitantes. Su extensión abarca el 60% de la superficie de esta ciudad y en ella habitan cerca de 650 mil en poblados rurales y zonas de urbanización regularizada. Entre estos aportes estratégicos están regulación del clima, recarga del acuífero, retención de caudales potencialmente desastrosos, captura de carbono, hábitat para especies (algunas endémicas), ecoturismo y mejoramiento de la calidad del aire. La prestación de estos servicios ambientales se ve amenazada principalmente por el cambio de uso de suelo y los consecuentes degradación de las zonas boscosas y avance de la mancha urbana expresada fundamentalmente por asentamientos humanos irregulares y precarios. Estos últimos se caracterizan por ocupar el territorio de forma desordenada (talando árboles, sellando superficies, etc.) y por tener una limitada certeza jurídica en términos de derechos de propiedad.

Gobierno y sociedad en su conjunto se enfrentan a la compleja problemática de definir la mejor manera de impedir la disminución de la vital prestación de servicios ambientales del SC; inducir una efectiva valoración de los principales recursos naturales; brindar una adecuada respuesta a los pobladores ya asentados, en términos de certeza jurídica y de mejores servicios urbanos y a la par contener su expansión y densificación. Como resultado se ha conformado un marco legal y normativo no muy consistente que prohíbe la comercialización de los terrenos y su ocupación con fines habitacionales, que sin embargo no ha evitado la proliferación de los asentamientos irregulares antes mencionados.

Como una expresión de la respuesta a esta problemática ZAVES (Zonas de Alto Valor Ambiental) fueron obtenidas aplicando conocimiento y métodos provenientes de disciplinas enmarcadas en la Geomática como Percepción Remota, Análisis Espacial y Modelaje. El objetivo es lograr que la regionalización y la definición de las principales vulnerabilidades se convierta en instrumento para generar acuerdos necesarios y políticas públicas pertinentes que permitan un desarrollo urbano adecuado que no vulnere el derecho a un medio ambiente sano y tampoco la viabilidad ambiental y por lo tanto general de la Ciudad.

En este trabajo se aborda la problemática referida en los párrafos anteriores y se describe la iniciativa de solución implementada por un grupo de expertos del CentroGeo en México DF, basada en la definición de las ZAVES, así como los avances en cuanto a su conformación como instrumentos de política pública adecuados para apoyar el proceso de toma de

decisiones.

SUMMARY

The Soil of Conservation (SC) is a territory located in the southern part of Mexico City. It provides environmental services essential to the proper functioning of an urban area of approximately 20 million people. SC covers 60% of the surface of this city and there live about 650 thousand people in rural villages and provisionally regularized urban areas. These environmental services mainly are climate regulation, groundwater recharge, retention of potentially disastrous flow, carbon sequestration, habitat for species (some endemic), ecotourism and improving air quality. The provision of these services is threatened primarily by the process of land use change and the consequent degradation of forest areas and the expansion of urban zones expressed primarily by irregular settlements and slums. These are characterized by occupying the territory of a not sustainable way (felling trees, sealing surfaces, etc..) and by having limited legal certainty in terms of property rights.

Government and society face the complex problem of: defining the best way to prevent the decline of the vital environmental services provided by SC; implementing an effective assessment of the main natural resources, providing an adequate response to the people already settled, in terms of legal certainty and better urban services and in parallel; containing the spread and densification of the urban zones in the SC. As a result, a legal and regulatory framework has been created. However it is not very consistent prohibiting the marketing of land and occupancy for residential purposes, and has not prevented the proliferation of the irregular settlements.

As a response to this problematic, ZAVES (areas of high environmental value) were obtained by applying knowledge and methods from disciplines framed in Geomatics such as Remote Sensing, Spatial Analysis and Modeling. The aim is to achieve that the regionalization based on ZAVES and their definition of key vulnerabilities become an necessary tool to generate agreements and relevant public policies that allow adequate urban development that does not infringe the right to a healthy environment as well as that can result in a situation of environmental viability of the SC and consequently of the City.

This paper addresses the problem referred to in the previous paragraphs and describes the implemented solution initiative by a group of experts at CentroGeo in Mexico City, based on the definition of ZAVES. Some toughs about the progress in their conformation as appropriate instruments to define public policies and to support the decision making process are also included in the work.

1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El suelo de conservación (SC, ver localización en ilustración 1) del Distrito Federal (Ciudad de México) brinda servicios ambientales fundamentales para el correcto funcionamiento de un conglomerado humano de alrededor de 20 millones de habitantes. Su extensión abarca el 60% de la superficie de esta ciudad y en ella habitan cerca de 650 mil personas en poblados rurales y zonas de urbanización regularizada. Estas últimas son zonas donde en principio la urbanización no está permitida pero que se hacen excepciones al marco jurídico vigente para reconocer asentamientos humanos irregulares y para brindarles alguna seguridad jurídica.

Entre los servicios estratégicos que el SC presta están regulación del clima, recarga del acuífero, retención de caudales potencialmente desastrosos, captura de carbono, hábitat para especies (algunas endémicas), ecoturismo y mejoramiento de la calidad del aire. Su prestación se ve amenazada principalmente por el cambio de uso de suelo y los consecuentes degradación de las zonas boscosas y avance de la mancha urbana expresada fundamentalmente por asentamientos humanos irregulares y precarios. Estos se caracterizan por ocupar el territorio de forma desordenada (talando árboles, sellando superficies, etc.) y por tener una limitada certeza jurídica en términos de derechos de propiedad.

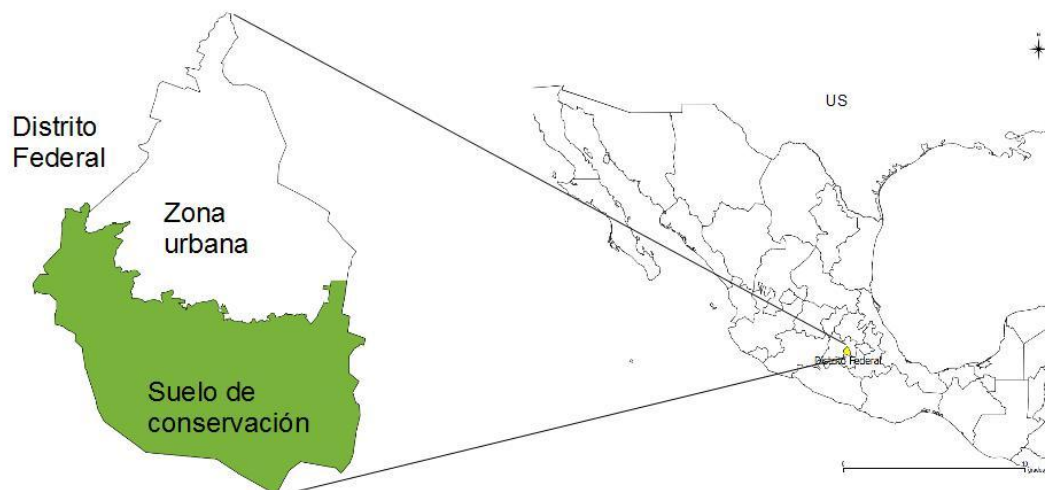


Ilustración 1: Localización del suelo de conservación (SC) del DF

Gobierno y sociedad en su conjunto se enfrentan a la compleja problemática de definir la mejor manera de impedir la disminución de la vital prestación de servicios ambientales del SC; inducir una efectiva valoración de los principales recursos naturales; brindar una adecuada respuesta a los pobladores ya asentados, en términos de certeza jurídica y de mejores servicios urbanos; y a la par contener su expansión y densificación. Como resultado se ha conformado un marco legal y normativo no muy consistente que prohíbe la comercialización de los terrenos y su ocupación con fines habitacionales, que sin embargo no

ha evitado la proliferación de los asentamientos irregulares antes mencionados.

1.1 Asentamientos humanos irregulares como amenaza a la prestación de servicios ambientales

Para ilustrar el avance del proceso de urbanización sobre el SC en la ilustración 2 se presenta un mapa incluido en la propuesta de programa general de ordenamiento ecológico del DF para 2010. En el mismo se incluyen tres tipos de usos de suelo relacionados con ocupación humana del territorio. Estos son equipamiento rural, poblados rurales y programas parciales. Estos últimos (indicados en color naranja en el mapa) corresponden con los denominados asentamientos humanos irregulares. Como se mencionó anteriormente, estos asentamientos por sus características de precariedad y de ausencia de mecanismos de regulación de ocupación del territorio se constituyen como amenazas en términos de la funcionalidad del SC como prestador de los servicios ambientales antes referidos.

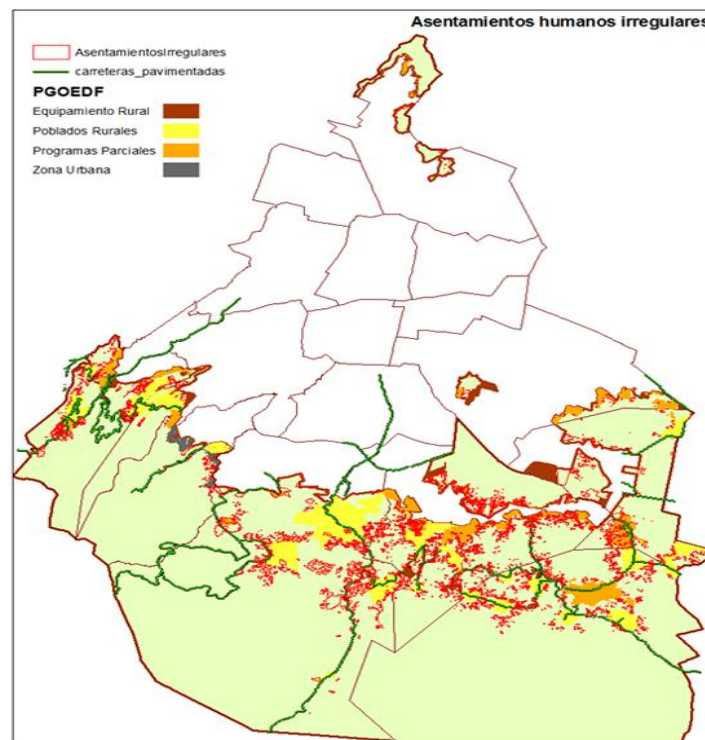


Ilustración 2: Zonas de urbanización en el SC (Programa General de Ordenamiento Ecológico 2010, en proceso de revisión en la Asamblea Legislativa de la Ciudad de México)

1.2 Pérdida de cobertura forestal

Los bosques de SC muestran múltiples síntomas de un sistema bajo estrés. Ello se manifiesta en la dinámica de la cobertura forestal caracterizada por deforestación y formación de parches; la pérdida de capacidad de resistencia a los impactos y presiones que inciden de manera permanente sobre las áreas naturales de la región. Esta capacidad se conoce como

TS08A - Urban and Rural Land Use Planning - 6391

4/17

Felipe-Omar Tapia-Silva y Alejandro Mohar

Regionalización y Amenazas a los servicios ambientales del Suelo de Conservación en la Ciudad de México.

Hacia una ocupación viable del territorio.

8th FIG Regional Conference 2012

Surveying towards Sustainable Development

Montevideo, Uruguay, 26 – 29 November 2012

resiliencia y genéricamente refiere a la capacidad de los ecosistemas de recibir impactos negativos y de recuperar sus condiciones originales antes de la ocurrencia del fenómeno potencialmente desastroso. Estos procesos de degradación pueden considerarse esencialmente generados por patrones incorrectos de ocupación del territorio principalmente con fines habitacionales y de aprovechamiento agrícola. El resultado de ellos normalmente se ve reflejado como pérdida de la capacidad de prestación de los servicios ambientales considerados en este estudio. En la sección de resultados se presenta un índice de cobertura forestal como variable geográficamente distribuida indicadora del nivel de cobertura forestal actual para la zona de estudio. La forma de obtenerlo se especifica adelante.

2. SOLUCIÓN OFRECIDA MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN ESPACIAL DE LAS ZAVES

Como una expresión fundamental de la estrategia de solución de la problemática antes descrita, ZAVES (Zonas de Alto Valor Ambiental) fueron obtenidas aplicando conocimiento y métodos provenientes de disciplinas enmarcadas en la Geomática como Percepción Remota, Análisis Espacial y Modelaje. El objetivo primordial consiste en lograr que la regionalización y la definición de las principales vulnerabilidades, se convierta en instrumento para generar acuerdos necesarios y políticas públicas pertinentes que permitan un desarrollo urbano adecuado que no vulnere el derecho a un medio ambiente sano y tampoco la viabilidad ambiental y por lo tanto general de la Ciudad.

2.1 Regionalización en unidades de análisis geográfico con enfoque hidrológico (áreas de captación)

Para el desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo se requiere la definición de un modelo geográfico que permita la representación de indicadores para diferentes áreas geográficas (Mora et al. 2007). De acuerdo a lo anterior, es necesario determinar las unidades territoriales en las que se van a exponer los resultados obtenidos de zonificación del SC para identificar las áreas más conservadas y que prestan en mayor medida los servicios ambientales de interés. Las AC constituyen una opción adecuada para regionalizar el territorio, para evaluarlo en función de esa regionalización y para organizar el proceso de toma de decisiones en unidades flexibles y susceptibles de ser analizadas a diferentes escalas basadas en la configuración misma del territorio. Así mismo, las AC posibilitan la integración de información de diferentes fuentes y permiten conformar unidades geográficas comparables, tanto espacial (AC homogéneas) como temporalmente, ya que no se modifican con cambios de uso de suelo.

La importancia de utilizar AC para fines de monitoreo y de gestión del territorio particularmente en el proyecto materia de este estudio radica en que son los espacios fundamentales de ocurrencia y funcionamiento del ciclo hidrológico. Este último ejerce a su vez una influencia directa para posibilitar la prestación de los servicios ambientales considerados (infiltración, almacenaje de carbono, cobertura forestal y provisión de hábitat para la biodiversidad).

2.2 Aproximación vía Geomática a los procesos ecosistémicos que sustentan los servicios ambientales

Las AC pueden ser extraídas de la estructura topográfica al definir los patrones de conectividad hidrológica superficial a partir de modelos de elevación digital (DEMs) de acuerdo a procedimientos como el planteado por Jenson & Domínguez (1988). En trabajo conjunto con PAOT se definió un tamaño promedio de 1Km² para las AC debido a que se estimó adecuado para fines de gestión y monitoreo. En los siguientes párrafos se aborda la conceptualización de cada uno de los indicadores de los servicios ecosistémicos incluidos en este estudio y también se indican los procedimientos implementados en el ámbito de la Geomática para obtener superficies (capas geográficas) de estos indicadores al ser considerados como variables espaciales.

2.2.1 Infiltración

De acuerdo con Scanlon et al., (2002) infiltración puede ser considerada equivalente a la recarga. El suelo puede ser visto como sistema que puede absorber una cantidad máxima de agua (S) por día o por evento promedio de precipitación. En tal caso la infiltración será un valor aproximado a S. En tal caso se puede referir a este procedimiento como un modelo tipo cubeta (*bucket*) en el que el suelo se comporta como un recipiente capaz de ser rellenado hasta un tope máximo por agua proveniente directamente de precipitación o por acumulaciones de flujo.

La definición de S en este estudio está basada en el modelo número de curva (CN) del SCS (Servicio de Conservación de Suelos) hoy NRCS (Servicio de Conservación de Recursos Naturales) de los EU. De acuerdo con Mishra y Singh (2003) el método es simple, fácil de entender, estable y útil para cuencas no instrumentadas, además que se adecúa de excelente forma a datos geoespaciales. Otra razón para elegir el CN para estimar S es que es una opción para estudiar impactos de modificaciones de cobertura terrestre en: generación de escorrentías (Perez-Pedini et al., 2005). Por lo tanto resulta muy pertinente ya que el SC viene incrementando su capacidad de generación de escorrentías y paralelamente decrementando su capacidad de recargar acuíferos en función de cambios en cuanto a cobertura terrestre.

Cobertura terrestre es consecuentemente la variable principal del modelo y se obtuvo mediante clasificación de imágenes satelitales. Otros insumos que se utilizan en el modelo son permeabilidad geológica, profundidad de suelo, promedio de precipitaciones de 30 años de la temporada de lluvias considerada de mayo-octubre y acumulaciones de flujo. S se obtuvo considerando los grupos hidrológicos de suelos (GHS, valor definido en función de su capacidad de drenaje) y el tipo de cobertura terrestre. Para simular el llenado del recipiente mediante precipitación a nivel pixel se resta a S el valor de precipitación. Las acumulaciones de flujo se calcularon de acuerdo a lo siguiente. Se estimaron escorrentías a nivel pixel utilizando el método CN y posteriormente se “rutearon” de acuerdo al modelo de conectividad hidrológica superficial propuesto por Jensen y Domingue (1998) mediante cálculo de direcciones y acumulaciones de flujo. Posteriormente los pixeles que aún cuentan con capacidad de absorción de agua disponible (aquellos donde se cumple $P < S$) son “rellenados” con agua que precipitó en otros pixeles pero que por conectividad hidrológica superficial se

acumularon en ellos. Después de este procedimiento se considera que suelo (recipiente o *bucket*) no tiene mayor de capacidad de absorber agua hasta el siguiente evento de precipitación.

El resultado de los procesos anteriores consiste en un continuo de valores estimados de infiltración. Para efectos de clasificación de valores obtenidos se procedió a calcular el cociente infiltración/precipitación. Este cociente aporta excelente comparabilidad de resultados obtenidos, ya que expresa la cantidad infiltrada con referencia a lo que llueve en el área de interés (a nivel pixel). El mapa de infiltración resultante se categorizó con los valores de este cociente como: < 0.2 muy baja, 0.2 a 0.4 baja, 0.4 a 0.6 moderada, 0.6 a 0.8 alta y > 0.8 muy alta. Adicionalmente se asignó a cada categoría cualitativa un valor estimado de la cantidad de agua que se infiltra, es decir un significado en términos cuantitativos de lo puede infiltrarse por pixel.

Para incluir en el modelo características de la capa de almacenamiento subyacente al suelo se efectuó un ajuste por categorías de permeabilidad geológica. Teniendo la clasificación de infiltración y permeabilidad geológica en las cinco categorías mencionadas, cada categoría de infiltración se comparó con cada una de las de permeabilidad geológica y en los casos donde esta última es muy baja y la de infiltración alta, se reasignó el nivel de infiltración a una categoría de menor infiltración.

2.2.2 Captura de Carbono

La captura de carbono es un servicio global que se considera como una medida de mitigación ante el cambio climático. Este servicio puede definirse como almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros de carbono a través de procesos físicos y/o biológicos como la fotosíntesis. El SC es el único espacio del Distrito Federal en el que se pueden efectuar procesos de captura y almacenaje de carbono a una escala considerable. Por tal motivo, el cuidado de los ecosistemas y la recuperación de bosques resultan indispensables para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. La atención adecuada a los bosques considera acciones de protección de cuencas y masas forestales actuales y esfuerzos de forestación y reforestación. En este contexto, los proyectos incluidos en las iniciativas enmarcadas por la confirmación de los efectos del cambio climático (como lo es el pago por servicios ambientales) pueden generar beneficios incentivar a conservar los bosques.

Las estimaciones de captura de carbono para el año 2010 se efectuaron siguiendo un procedimiento de interpolación geoestadística de 299 conglomerados de tipos de cobertura forestal y uso de suelo del SC efectuados por un estudio encargado anteriormente por PAOT (INIFAP, 2010) . Los métodos de interpolación geoestadística presentan la ventaja de estimar valores de datos en locaciones no muestradas. Se efectuaron tres tipos de estimaciones geoestadísticas Kriging Ordinario, Cokriging Ordinario y Conditional simulation. La idea fue generar una capa de carbono con la menor incertidumbre. En un artículo en preparación (Tapia-Silva et al, en prep.) se describe a mayor detalle esta actividad.

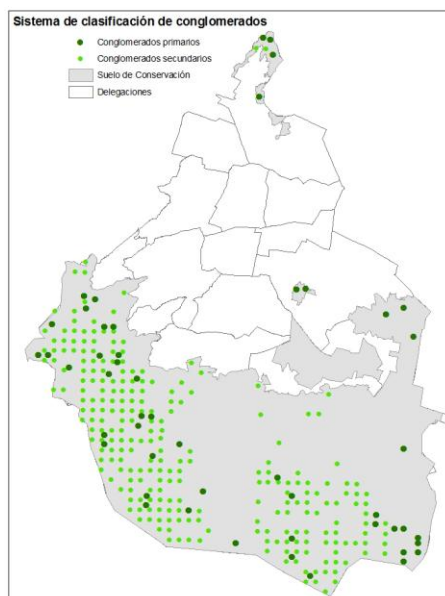


Ilustración 3: Conglomerados de datos de campo obtenidos para definición de índice de cobertura forestal. INIFAP (2010).

2.2.3 Provisión de habitat

Los bosques tienen atributos especiales para producir servicios de soporte entre los que se cuenta la provisión de hábitat, lo que permite el mantenimiento y la evolución de la biodiversidad. Por lo tanto la destrucción y fragmentación de bosques afectan la biodiversidad. Otros fenómenos como el cambio de uso del suelo, la intensificación de la agricultura y la urbanización, la sobreexplotación de recursos naturales, la contaminación, el cambio climático y la introducción de especies que compiten con la flora y fauna autóctonas, son igualmente causantes de daños a los ecosistemas naturales.

Los bosques de la Ciudad de México forman parte de un continuo de serranía predominantemente boscosa, de gran importancia para el centro del país, que en algunos sectores académicos empieza a ser reconocido como Bosque de Agua, por los servicios ecosistémicos que de ahí se obtienen. En esta zona también se localiza el corredor biológico Chichinautzin considerado por la Conabio como Región Prioritaria de Conservación y como Región Hidrológica Prioritaria a nivel nacional. Se caracteriza por tener especies arbóreas dominantes con afinidad boreal y localizarse siempre arriba de la cota de los 2,600m. De acuerdo con información provista por la Secretaría de Medio Ambiente del DF la importancia del SC en términos de su riqueza biológica radica en el mantenimiento de especies endógenas (aprox. 2,500 especies de flora y fauna). Lo anterior corresponde a dos por ciento de la biodiversidad mundial y 12 por ciento de la del país.

El índice de cobertura forestal se seleccionó como indicador de provisión de hábitat. Fue

obtenido mediante procesamiento de imágenes satelitales del sensor Spot. Se efectuaron métodos de corrección geométrica, atmosférica y orto-rectificación. Se generó una máscara binaria de valores de “bosque” y “no bosque”, a partir de patrones visuales extraídos del sistema secundario de conglomerados otorgados por PAOT (INIFAP 2010, ilustración 3). Los resultados obtenidos de una regresión logística permiten definir la probabilidad de que el tipo de cobertura sea forestal. Este valor en porcentaje corresponde al índice de cubierta forestal que se puede visualizar como el porcentaje de cobertura de copas con respecto a la superficie basal (detalle en un artículo en preparación, Tapia-Silva et al, en prep.).

3. RESULTADOS: REGIONALIZACIÓN Y VALORACIÓN CON PERSPECTIVA DE SERVICIOS AMBIENTALES

En la ilustración 4 se muestran los resultados obtenidos correspondientes a indicadores de los servicios ambientales de interés a nivel de superficies o continuos espaciales de las variables de interés. En esa misma ilustración se incluye la capa resultante de AC misma que fue utilizada para regionalizar dichas variables, tal como se muestra posteriormente. La escala de colores para las capas de información geográfica de los indicadores de los servicios ambientales va del amarillo (valores inferiores), pasa por verdes (valores intermedios) y termina en azules (valores mayores).

3.1 Análisis de Resultados de Infiltración

En el caso de los valores de aptitud a infiltración podemos observar una proporción cercana al 50% de zonas con valores de alta aptitud. Las zonas con predominancia de colores amarillos (menor aptitud) corresponden a regiones con presencia de frentes de urbanización en el SC (ver ilustración 2). De la información geoespacial generada el 7.5% corresponde a la categoría de infiltración muy alta, el 15.8% a la de alta, el 34.9% a la de media, el 32.8% a la de baja y el 9.1% a la de muy baja. Se tiene entonces un 22% del territorio con más de un 60% de infiltración de la cantidad de lluvia y un 32.4% entre 40% y 60% de infiltración de la cantidad de agua precipitada. Es decir resulta que 54% del territorio analizado del SC infiltra el 40% de la lluvia precipitada como mínimo. En cuanto al proceso de infiltración es importante observar que no todos los volúmenes de agua que se infiltran se recargan. Esto es especialmente importante en zonas boscosas y otras con vegetación, donde se considera que hasta un 50% de la precipitación puede llegar a evaporarse. Esta evaporación proviene en buena parte de lo que se infiltró es decir lo que se captó en los suelos. El ajuste por permeabilidad geológica acerca un poco más los valores de infiltración obtenidos a los valores de recarga.

3.2 Análisis de Resultados de Índice de Cobertura Forestal

Los bosques que se encuentran indicados en la ilustración con el color azul mas oscuro son aquellos que poseen una alta densidad (índice de cobertura forestal superior al 70%). Además presentan la característica de haberse conservado hasta 2010 y haber garantizando provisión de hábitat desde mucho tiempo atras. Lo anterior es una condición determinante desde una perspectiva de preservación de la biodiversidad. Sin embargo como puede observarse se trata de un remante de apenas 30% de la superficie del SC que de acuerdo a los estimaciones

realizadas está en condiciones de prestar el servicio ambiental de provisión de hábitat estructurado como masas forestales.

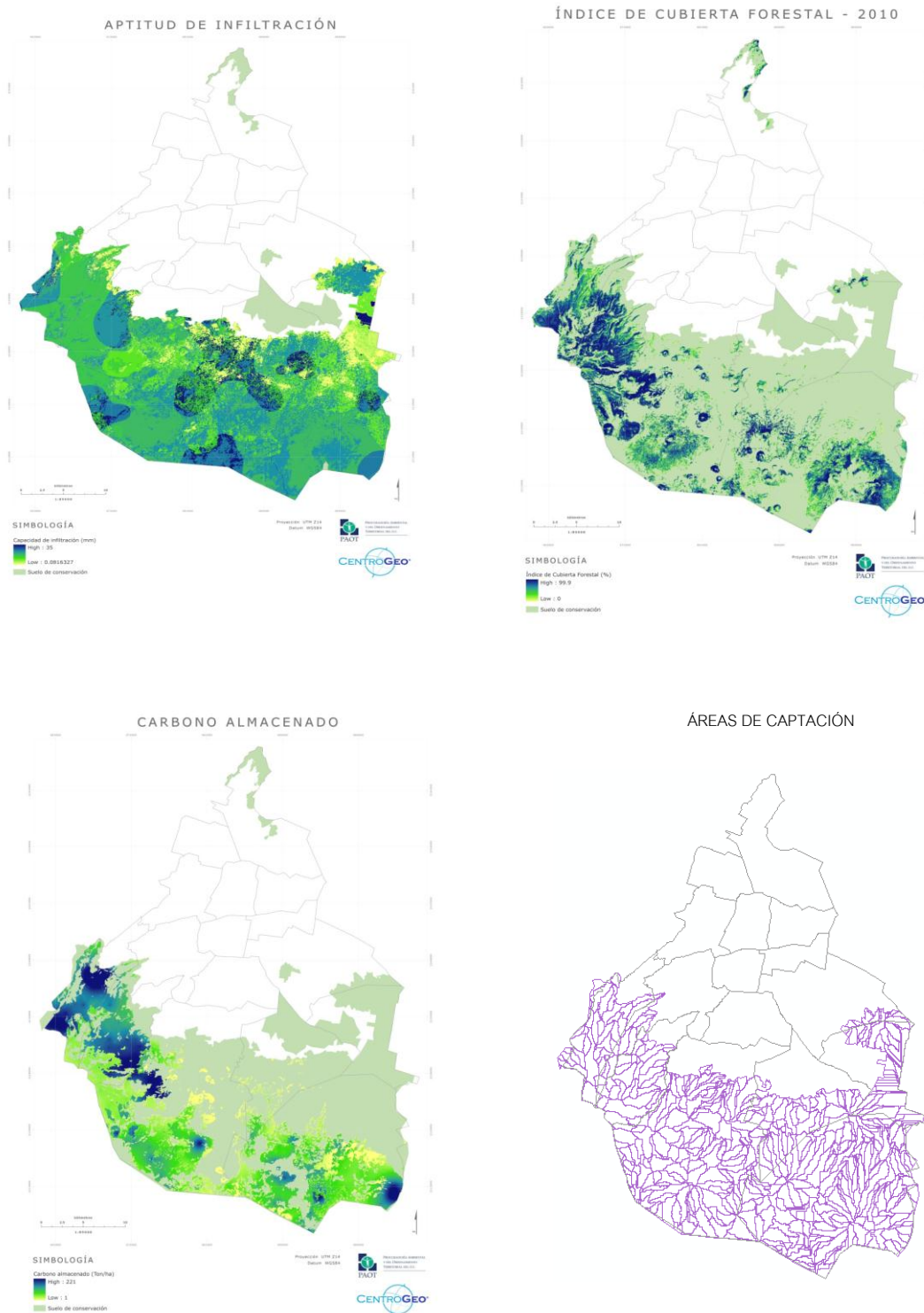


Ilustración 4: Superficies o continuos espaciales de los indicadores de los servicios ambientales y regiones (AC) para espacializarlos

3.3 Análisis de Resultados de carbono almacenado

De acuerdo a las estimaciones realizadas, los bosques que presentan la mayor cantidad de Carbono almacenado corresponden a:

- Oyamel, con 798,662tC en una superficie de 9,357.60 ha;
- Bosque de pino con 778,362tC en una superficie de 19,529.96 ha
- Bosques mixtos con 192,539tC en una superficie de 5,737.85 ha.

Cabe resaltar la importancia del oyamel, que presenta la mayor cantidad de carbono almacenado en una superficie mucho menor a la que representa el Pino. El oyamel es una especie que necesita condiciones abióticas específicas como es el caso de temperatura baja y sin grandes oscilaciones térmicas diurnas así como una humedad relativa alta y constante, entre otras, lo que la hace muy vulnerable, por lo que es importante crear estrategias que aseguren su permanencia.

3.4 Análisis de Resultados regionalizadas por áreas de captación

En la ilustración 5 se muestran los resultados de expresar las superficies de las variables espaciales infiltración, captura de carbono y provisión de hábitat en AC. Esta información resulta muy útil para el planteamiento de acciones de gestión y políticas públicas correspondientes considerando que se tienen identificadas las AC que deben ser atendidas prioritariamente a efecto de mantener la prestación de los servicios ambientales de interés.

3.5 Inserción de las ZAVES como instrumentos de política pública para la Ciudad de México

En el caso de un proceso de regionalización como el expuesto en este escrito, la información geo-espacial que identifican las zonas estratégica se visualizan y aplican como un instrumento de una política pública, como uno de los medios para cristalizar el curso de acción deseado, viable y acordado. Para este estudio el instrumento base para una gestión territorial con enfoque de servicios ambientales constituye una regionalización que expresa dinámicas territoriales del SC y que sea congruente con las disposiciones legales. Ha habido intentos previos de regionalización pero una evolución de estos es la constituida por las ZAVES (sumando tanto las relevantes por aptitud de infiltración como las de alta densidad en bosques, también referidas como ZAVES de provisión de hábitat).

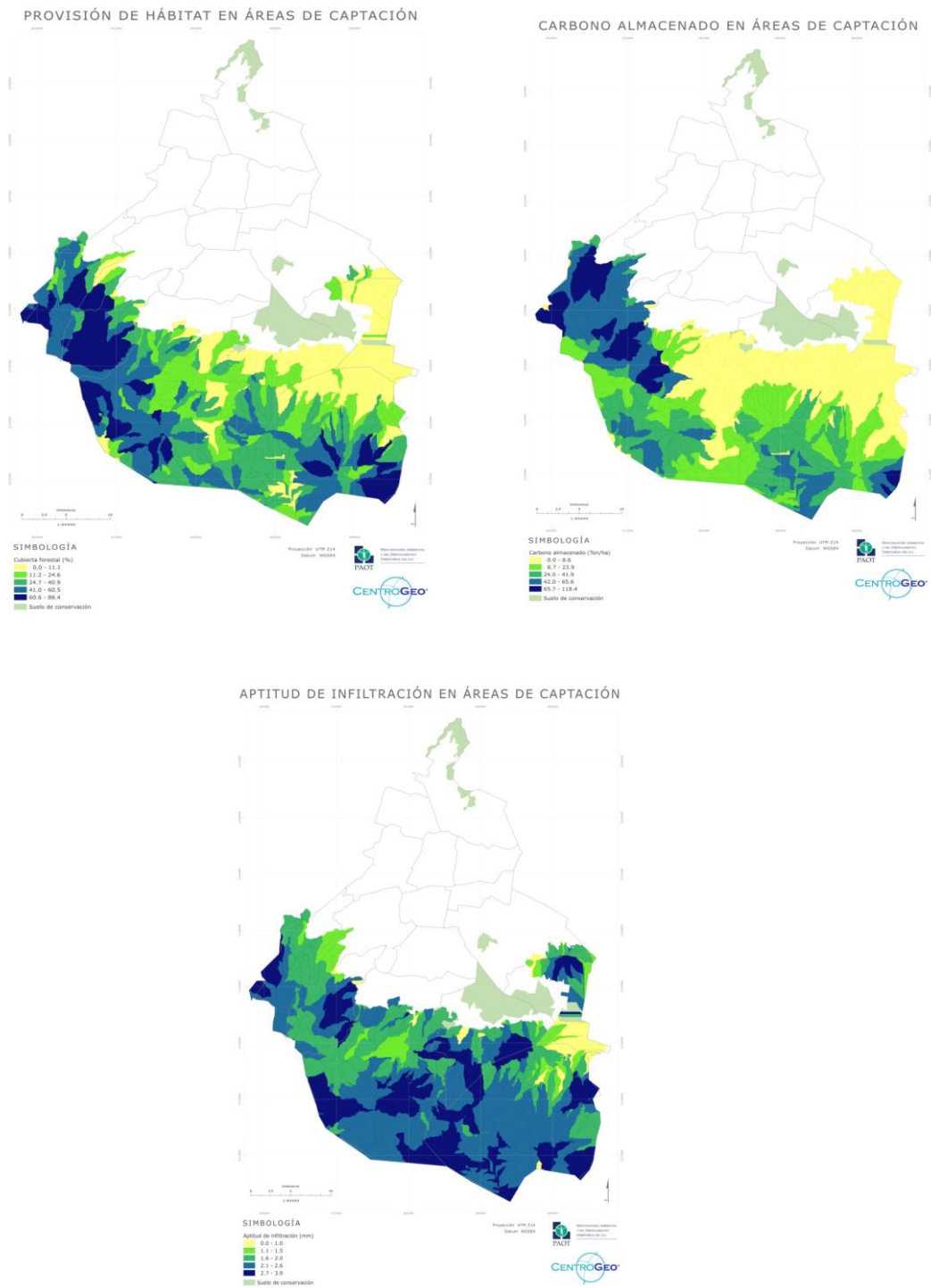


Ilustración 5: expresión espacial en AC de superficies de las variables espaciales infiltración, captura de carbono y provisión de hábitat.

El punto de partida para la iniciativa de las ZAVES son las dos grandes dinámicas territoriales presentes en el suelo de conservación

- La primera refiere principalmente a los fenómenos de urbanización precaria y multiplicación de asentamientos humanos irregulares. Lo anterior delimita en términos geográficos una amplia franja fronteriza con el suelo urbano.
- La segunda gran dinámica territorial del SC coincide en gran medida con la presencia de zonas de alto valor ecosistémico. Estas zonas constituyen un territorio que puede aproximarse a la definición jurídica de Suelo de Conservación: “Las zonas que por sus características ecológicas proveen servicios ambientales, de conformidad con lo establecido en la Ley Ambiental del Distrito Federal, necesarios para el mantenimiento de la calidad de vida de los habitantes del Distrito Federal...” .

Antes de pasar al análisis de la regionalización mediante ZAVES, es importante destacar que entre ambos territorios existe una importante diferenciación espacial, y también existen zonas de contacto críticas generadas por un subconjunto menor de los asentamientos humanos irregulares y donde se concentran las áreas de mayor vulnerabilidad para los servicios ambientales.

La segunda dinámica territorial se observa en un enorme territorio –el 72 % del SC- que comprende las zonas estratégicas para la preservación de los servicios ambientales (ZAVES). Si bien todo el espacio que ocupa el SC tiene una notable importancia, dados los servicios ecosistémicos que de ahí se obtienen, resulta de gran utilidad para la gestión delimitar aquellas zonas que sobresalen por sus mayores aportes en términos de los servicios que son más relevantes para la ciudad. En términos de su extensión la región cubre casi 61 mil ha equivalentes al 71.6 % del Suelo de Conservación; e incluye: ZAVES por aptitud de infiltración, ZAVES por provisión de hábitat, las ANP y las Reservas Comunitarias.

Por todo lo anterior, las ZAVES presentan un enorme potencial para la evolución de políticas públicas que permitan desplegar una eficaz gestión territorial orientada a la preservación y mejora de los servicios ambientales, sea bajo pautas de conservación o de intervenciones territoriales sustentables, que para el caso del SC significan una modalidad del denominado desarrollo rural territorial (iniciativa que la FAO y varios organismos multinacionales latinoamericanos han impulsado tanto en su desarrollo conceptual, como en las vertientes de recomendaciones de política e intercambio de experiencias). Y como instrumento de política se enriquecen y extienden sus alcances hacia la determinación de prioridades espaciales para la gestión pública. En esta dirección se avanza con las denominadas ZAVE vulnerables a cambios drásticos, que especialmente se concretan en ZAVE amenazadas por asentamientos humanos irregulares.

La institucionalización de esta regionalización presenta avances, entre ellos: la transferencia de metodologías y resultados en información geo-espacial a las delegaciones; su incorporación al Atlas del Suelo de Conservación 2012 (publicado por la PAOT y la SMA, en mayo del 2012). las ZAVE están en el núcleo de las propuestas de política en materia de contención de la densificación, ampliación o emergencia de nuevos asentamientos humanos

irregulares; y de establecimiento de una Red Ecológica de la Ciudad de México.

4. APUNTES FINALES

Entre los aspectos primordiales que esta investigación ha permitido definir están los siguientes:

- Los procedimientos de análisis espacial, Percepción Remota y Modelaje en el entorno de SIG resultan fundamentales para generar información y conocimiento útiles para una gestión espacialmente diferenciada del territorio.
- Las ZAVES están inmersas en un proceso de implantación como instrumentos de gestión pública. La PAOT es la organización promotora de esta iniciativa. En principio se trata de un gran acierto considerando que esta procuraduría fue la entidad solicitante de este estudio. Esta situación refleja una conciencia creciente para fomentar una gestión territorial basada en el diagnóstico del estado de los servicios ambientales prestados por los ecosistemas teniendo en cuenta las posibles amenazas a los mismos.
- Las ZAVES presentan un enorme potencial para la evolución de políticas públicas que permitan desplegar una eficaz gestión territorial orientada a la preservación y mejora de los servicios ambientales, sea bajo pautas de conservación o de intervenciones territoriales sustentables, que para el caso del SC significan una modalidad del denominado desarrollo rural territorial (iniciativa que la FAO y varios organismos multinacionales latinoamericanos han impulsado tanto en su desarrollo conceptual, como en las vertientes de recomendaciones de política e intercambio de experiencias).
- Como instrumento de política las ZAVES se enriquecen y extienden sus alcances hacia la determinación de prioridades espaciales para la gestión pública. En esta dirección se avanza con las denominadas ZAVE vulnerables a cambios drásticos, que especialmente se concretan en ZAVE amenazadas por asentamientos humanos irregulares.
- La institucionalización de esta regionalización presenta avances, entre ellos: la transferencia de metodologías y resultados en información geo-espacial a las delegaciones; su incorporación al Atlas del Suelo de Conservación 2012 (publicado por la PAOT y la SMA, en mayo del 2012). las ZAVES están en el núcleo de las propuestas de política en materia de contención de la densificación, ampliación o emergencia de nuevos asentamientos humanos irregulares; y de establecimiento de una Red Ecológica de la Ciudad de México.

REFERENCIAS

- Beven K (2002) Towards an alternative blueprint for a physically based digitally simulated hydrologic response modelling system. *Hydrolog Process* 16:189–206
- Coskun M, Musaoglu N, Hýzal A (2005) Prediction of Hydrological Model of Yuvacik Catchment by using Remote Sensing and GIS Integration. *Proceedings of the 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Saint Petersburg, June 20-24. Available via: <http://www.isprs.org/publications/related/ISRSE/html/papers/756.pdf>. Accessed 19 Aug 2008
- Jenson S.K. y Domingue O. 1988. Extracting Topografic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 54 No. 11 November pp. 1593-1600
- Mooser, com. personal, 2002. Programa de Manejo Integral del suelo. Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Dirección General de regulación y gestión ambiental del agua, suelo y residuos.
- Mora F., Rodríguez P., Tapia-Silva F-O, Núñez J-M., Coronel C., Rodríguez Y. & Mohar A.. 2007. The Ecological Monitoring System of the Mesoamerican Biological Corridor – Mexico. *Proceedings of the 32nd International Symposium on Remote Sensing of Environment*.
- Perez-Pedini C, Limbrunner JF, Vogel RM (2005) Optimal location of infiltration-based best management practices for storm water management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131(6) pp. 441-448
- R.K. Saha, S.K. Mishrab, and T.I. Eldhoc, 2010. Comparative evaluation of SCS-CN-inspired models in applications to classified datasets. *Agricultural Water Management*, Volume 97, Issue 5, Pages 749-756
- Rao KV, Bhattacharya AK, Mishra K (1996) Runoff estimation by curve number method-case studies. *J Soil W Conserv* 40:1-7
- Scanlon BR, Healy RW, Cook PG (2002) Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeol J* 10:18–39
- Sharma D, Kumar V (2002) Application of SCS model with GIS data base for estimation of runoff in an arid watershed. *J Soil W Conserv* 30(2):141-145
- Sharma T, Satya Kiran PV, Singh TP, Trivedi AV and Navalgund RR (2001) Hydrologic response of a watershed to landuse changes: A remote sensing and GIS approach. *Int J Remote Sens* 22(11):2095-2108
- Soil Conservation Service (SCS): National engineering handbook. (1985) Section 4-Hydrology. Washington, DC.
- INIFAP, 2010. 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.

Tapia-Silva F.-O., Mohar A., Nuñez J. M. y Galeana M. (en prep.). Análisis espacial y regionalización de procesos fundamentales de la funcionalidad ecosistémica

CONTACTOS

Dr. Felipe Omar Tapia Silva
Universidad Autónoma Metropolitana campus Iztapalapa
Av. San Rafael Atlixco N° 186, Col. Vicentina C.P. 09340, Iztapalapa
México D.F.
PAIS: MEXICO
Tel. +52(55)58044600
Fax + 52(55)58044600
Email: otapia@xanum.uam.mx
Web site: <http://www.izt.uam.mx/>

Mc. Alejandro Mohar
Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo A.C.
Contoy 137 Esq. Chemax, Col. Lomas de Padierna, Delegación Tlalpan, CP. 14240
Ciudad: México D.F.
PAIS: MEXICO
Tel. +52(55) 25162224
Fax + 52(55) 26152289
Email: amoharp@gmail.com
Web site: <http://www.centrogeo.org.mx/es/>