



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

“SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA REGIÓN VI IXTAPAN DE LA SAL, ESTADO DE
MÉXICO”

TRABAJO TERMINAL DE GRADO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GEOINFORMÁTICA

PRESENTA

LIC. LUIS ALFONSO FLORES ARTEAGA

TUTOR ACADÉMICO

DRA. CLARITA RODRÍGUEZ SOTO

TUTORES ADJUNTOS

MTRA. DOLORES MAGAÑA LONA

DR. VÍCTOR ÁVILA AKERBERG

NOVIEMBRE DE 2018, TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

Índice

Contenido

Introducción y antecedentes	4
Antecedentes locales.....	8
Marco teórico.....	9
Planteamiento del problema	18
Justificación.....	20
Objetivo general	22
Objetivos específicos:.....	22
Materiales y métodos.....	23
Área de estudio.....	23
Metodología.....	26
Ecosistemas del área de estudio	26
Localización de SE Culturales	27
Localización de zonas agrícolas, SE alimentos y Localización de áreas de producción florícola, SE cultural ornamental.....	29
Metodología para estimar el SE almacenamiento de carbono.....	30
Metodología para estimar la erosión potencial hídrica, SE retención del suelo	31
Resultados y discusión.....	33
Descripción del área de estudio: medio biofísico.....	33
Cuencas.....	33
Terreno.....	35
Clima	38
Hidrografía	39
Edafología.....	42
Áreas Naturales Protegidas	43
Vegetación.....	¡Error! Marcador no definido.
Descripción socioeconómica	51
Distribución de los ecosistemas de la región VI.....	54
Servicio ecosistémico culturales.....	57

Servicio ecosistémico alimentación y materias primas	58
Servicio ecosistémico almacenamiento de carbono	62
Servicio ecosistémico retención del suelo (Erosión Potencial Hídrica)	67
Conclusiones	72
Bibliografía	72

Introducción y antecedentes

El concepto de “servicios” ofrecidos por los ecosistemas a la población surge como consecuencia del movimiento ambientalista de finales de los años 60 (Mooney y Ehrlich 1987), aunque estas ideas relacionadas con la provisión de bienes por parte de la naturaleza al hombre, se han gestado durante décadas, algunos autores como Costanza afirman que antes del surgimiento formal del término servicios ecosistémicos (SE) este ya estaba en la agenda de la investigación ecológica desde el inicio de la ecología misma; otros como Gómez Baggethum y colaboradores (2010) va más allá afirmando es probable que esta idea es tan antigua como la humanidad misma. De manera formal se considera dentro de la literatura especializada que, en el año 1977, dentro de publicación de Walter Westman titulada *How Much Are Nature's Services Worth* se hacen los primeros acercamientos de manera explícita al término SE. Pero es hasta la década de los 90 cuando el concepto llama la atención científica con la publicación de los estudios realizados por Daily (1997) y Costanza y colaboradores (1997).

Un hito importante en el estudio de los SE fue la reunión de New Hampshire en octubre de 1995 dicha reunión incluía a Jane Lubchenco, Stephen Carpenter, Paul Ehrlich, Gretchen Daily quien fungiría como editora, Hal Mooney, Robert Costanza y otros con la finalidad de crear un estudio exhaustivo sobre SE, este libro finalmente se publicó como *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. “Los capítulos abarcaron definiciones, historia, valoración económica, servicios globales como el clima y la biodiversidad, servicios de biomas específicos” (Costanza *et al.*, 2017).

A la par del estudio antes mencionado se publicaría el estudio “The value of the world's ecosystem services and natural capital” que plantea la importancia de los servicios ecosistémicos en el desarrollo y bienestar de las sociedades, en este estudio se calcula el valor económico de 17 SE analizados de manera independiente y aún sin la

agrupación propuesta en 2005 por la evaluación de los ecosistemas del milenio (EEM), Costanza considera la "disposición a pagar" de los individuos por los servicios ambientales. Este estudio generó críticas por parte de algunas corrientes del pensamiento que consideran que la naturaleza no está para servir a las sociedades, partiendo de esta idea estos deberían valorarse y conservarse puramente por razones morales y no por los valores económicos que el humano podría asignarles.

Teniendo como predecesora la Evaluación Global de la Biodiversidad, desarrollada en el marco del convenio de la Diversidad Biológica, misma que se no alcanzó las metas propuestas debido a su énfasis científico, sin la consideración de los actores y tomadores de decisiones, en el año 2000 el Secretario General de las Naciones Unidas Kofi Annan convoca a una iniciativa que tenía como objetivo evaluar las consecuencias de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano, dicha iniciativa se convertiría en una de los acontecimientos más importantes en el estudio de los SE, en ella científicos líderes de 95 países intervendrían en esta evaluación, que a diferencia de su predecesora incluía una visión útil para los tomadores de decisiones: proporciono un panorama científico claro del estado de los ecosistemas de la Tierra a escalas múltiples, haciendo énfasis en la relación y los vínculos entre los ecosistemas y el bienestar humano, incluyendo las aspiraciones económicas, sociales y culturales demostrando el potencial de los ecosistemas para contribuir a la reducción de la pobreza y al mejoramiento del bienestar, dicha iniciativa concluiría sus trabajos en 2005. También en 2005 se publica "The vulnerability of ecosystem services to land use change" que centra la discusión en los cambios asociados con el cambio en el uso del suelo, mediante la definición y estimación de vulnerabilidades.

Con la publicación de la EEM, algunos países elaboraron estudios que ayudarán a conocer a diferentes escalas de análisis las situaciones ambientales de su territorio. Es por eso por lo que en el año del 2005 la Comisión Nacional para el Conocimiento y

Biodiversidad (CONABIO) comienza la elaboración del estudio Capital Natural de México, que según su propia definición “es un estudio que impulsa el tránsito de la fase de definición de problemas, a la de diseño de soluciones en materia ambiental. Asimismo, contribuye a la conformación de una cultura que promueva el aprecio a la biodiversidad y al enorme valor de los servicios ambientales que nos provee la rica naturaleza mexicana, aportando elementos determinantes que arraiguen la decisión de conservar nuestro cada vez más amenazado, patrimonio natural” (CONABIO), al día de hoy conformado por 5 volúmenes en donde incluye el estado de los ecosistemas y servicios ecosistémicos en todo el territorio nacional, sus principales direccionadores de cambios así como escenarios futuros y las capacidades humanas e institucionales siendo este último la más reciente publicación, fechada el 21 de marzo del 2017 y teniendo como finalidad la identificación de las necesidades más apremiantes para que la biodiversidad sea valorada e incorporada en los modelos de desarrollo y en las decisiones de todos los sectores de la sociedad.

En 2006 se publica “Scenarios for Ecosystem Services: an Overview” de Stephen R. Carpenter quien hace un diagnóstico del estado actual de los cambios que los ecosistemas han sufrido y como éstos van de la mano con el crecimiento poblacional exponencial, así como de la desigualdad económica entre los ciudadanos de diferentes naciones. Advierte a su vez una posible espiral de pobreza y degradación masiva de ecosistemas sino se atiende de manera adecuada el tema.

Con el impulso que la EEM trajo consigo al estudio de los SE, la importancia de la interdisciplinariedad es recocida en la “Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario” de Quétier *et al.*, 2007 en donde se proponen enfoques para tomar en cuenta el componente social de los servicios que los ecosistemas brindan a nuestras sociedades y cómo estos servicios se incorporan a nuestros ‘modos de vida’ y cómo emergen conflictos sobre el

manejo de los ecosistemas y los servicios que proveen. Si bien la interdisciplinariedad es recocida, hoy existen fuertes debates en dónde la falta de inclusión de las ciencias sociales en el estudio de los SE ha creado ciertos vacíos en el estudio de las interacciones entre las sociedades y los ecosistemas.

Después de la publicación de la EEM, una creciente ola de estudios basados en el diagnóstico de las situaciones actuales de los ecosistemas en diversas partes del mundo, vislumbro el panorama de la grave degradación que estos presentaban debido en su mayoría al cambio del uso de suelo, temática previamente abordada en "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths" del 2001, y reconocida ampliamente en estudios como "The vulnerability of ecosystem services to land use change" del 2006 así como en "Impacts of land use/land cover change and socioeconomic development on regional ecosystem services: The case of fast-growing Hangzhou metropolitan area, China" del 2013, entre otros.

En este contexto y de manera paralela el estudio y la inclusión del mapeo de las problemáticas y SE en todo el mundo crecía de manera sostenida, dicha afirmación de puede constatar en el estudio del 2012 "Methods for mapping ecosystem service supply: a Review" que hace una revisión, análisis e Identificación de todas las publicaciones que incluyen el mapeo de SE utilizando las bases de datos electrónicas de la Web de Science ISI Web of knowledge, Science Direct y Google Académico, Identificando un total de 70 publicaciones con dichas características en el periodo de tiempo 1995 a 2011.

Posterior a esta publicación estudios de importancia internacional en el mapeo de los SE han sido publicados ejemplo de ellos son "Mapping ecosystem services for planning and management" del año 2008 , "Polyscape: A GIS mapping framework providing efficient and spatially explicit landscape-scale valuation of multiple ecosystem services" del 2013, el estudio de Uttam Roy y M. Majumder basado en el análisis de la

vulnerabilidad de las cuencas analizadas desde diferentes escalas geográficas y del estudio publicado en 2017 "Mapping Ecosystems Services" en donde exponen de manera detallada la forma de mapear servicios ecosistémicos en pequeñas escalas, plataformas para la obtención de insumos como cubierta vegetal, ecosistemas y demás, en el continente europeo.

Antecedentes locales

Después de la publicación de los resultados de la EEM en el año del 2005 y en dónde le científico José Sarukhán participará por parte de México, un grupo de científicos mexicanos publicaría Ecosystem Services of Tropical Dry Forests: Insights from Longterm Ecological and Social Research on the Pacific Coast of México en donde se buscaba la comprensión de las relaciones entre las actividades productivas, los ecosistemas y el bienestar humano. Para ello se analizaron los servicios prestados por un ecosistema de bosques secos tropicales, considerando el marco conceptual de la EEM, siendo este uno de los primeros estudios nacionales con respecto al tema.

Debido a la importancia que representa el entendimiento y acercamiento del término servicios ecosistémicos a los tomadores de decisión y actores claves, en el año 2007 Patricia Balvanera y Helena Cotler, publican "un acercamiento al estudio de los servicios ecosistémicos" en dónde se hace una revisión de los términos, desarrollo histórico y los principales tipos de acercamientos a este tipo de estudios, en este contexto Almeida-Leñero y colaboradores (2007) publicaron el estudio "Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México" en dónde analiza la distribución espacial de los SE en dicha cuenca.

En esta corriente de estudios otras publicaciones destacadas a nivel nacional son "Los servicios ecosistémicos" que ofrecen los bosques tropicales" del año 2012 en donde se

analizan los principales servicios de suministro, regulación y culturales, considerando la relación entre los componentes y procesos del ecosistema y su capacidad de proveer servicios, los efectos del manejo sobre la provisión de servicios y los factores sociales que subyacen la provisión de servicios.

Otros estudios elaborados en el territorio nacional podemos mencionar "Identificación de proveedores claves de territorios que generan servicios ecosistémicos prioritarios (SEP) en la subcuenca "La Suiza" Chiapas, México" del año 2012, así como el "Diagnóstico de los Servicios Ecosistémicos en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México" en el año 2016.

Marco teórico

Para entender el concepto de servicios ecosistémicos es necesario definir los ecosistemas considerados una combinación compleja y dinámica de plantas, animales, microorganismos y el entorno abiótico, mediante procesos como la depredación y simbiosis, con su ambiente al desintegrarse y regresar mediante el ciclo de nutrientes. Los ecosistemas son unidades complejas que están integradas por bacterias, hongos, vegetales y animales. El término ecosistema tiene sus orígenes a finales del siglo XVII debido a la necesidad de entender los patrones de distribución, formación y unión de los organismos en un entorno físico, pero es hasta la publicación en 1916 de la teoría de la sucesión de Frederick Clemente, cuando se constituye el marco contextual desde donde tiene su origen el concepto ecosistema, el cual se planteaba desde un punto de vista determinista, ya que asumía que toda comunidad progresaría indudablemente a una composición estable, y a un estado final único de equilibrio.

En contra parte Gleason (1926) propone una visión individualista que propone que cada especie tiene patrones individuales de distribución y las comunidades son simplemente el resultado de la superposición de varias poblaciones con una distribución común.

Otros científicos como George Tensely (1935) propone el termino ecosistema en su artículo titulado "The use and abuse of vegetal concepts and terms" en donde se proponía que el ecosistema era la unidad básica de la ecología, siendo parte en una jerarquía de sistemas entre aspectos bióticos y abióticos (Rincón, 2017). Si bien Gleason fue inicialmente ignorado por la mayoría de los ecólogos, su postura opuesta a las ideas expuestas de la teoría sucesional Clementsiana son hoy en día ampliamente aceptados (Glenn Lewin, Peet, y Veblen, 1992).

De tal manera que el termino ecosistema ha evolucionado constantemente, si bien las propuestas de Gleason fueron ignoradas en un inicio debido a la contra posición de la teoría de Clementsiana son hoy en día ampliamente aceptados (Lewin *et al.*, 1992), en las últimas décadas el termino ha tenido un énfasis geográfico y se ha hecho análogo a los tipos de vegetación y ocupación del suelo. Se sugiere que esta simplificación ignora el hecho de que los límites de algunos tipos de vegetación son discretos, mientras que los límites de los ecosistemas no lo son. A las zonas de transición entre ecosistemas se les conoce como "ecotonos" (CONABIO, 2018).

Según la CONABIO para la preservación de un ecosistema son necesarios los procesos ecológicos: ciclo del agua, los ciclos de nutrientes, el flujo de energía y la dinámica de las comunidades, es decir cómo cambia la composición y estructura de un ecosistema después de una perturbación (sucesión).

En este sentido los ecosistemas representan una fuente de bienestar a las sociedades, abastecimiento de materias primas, suministro de agua, regulación climática son algunos de dichos beneficios. Si bien en un principio se creía que estos eran inagotables, en la actualidad existe una visión totalmente opuesta, ya que se reconoce la necesidad de conservar los ecosistemas debido a su fragilidad y perdida acelerada de sus extensiones, limitando así la posibilidad de brindar bienes y servicios, y que este mensaje llegue a los actores claves a nivel mundial con la finalidad de preservarlos, es

por eso que surge la necesidad de evaluar, definir y agrupar este grupo de bondades que los ecosistemas brindan.

Algunos términos científicos se han mantenido estáticos a lo largos de décadas, caso contrario el concepto SE que se podría considerar un concepto o termino en constante evolución, por ejemplo en el año de 1997 dicho concepto se definía a los servicios ecosistémicos de manera ampliamente reconocida por el sector científico "como las características ecológicas, funciones o procesos que directamente o indirectamente contribuyen al bienestar humano: es decir, los beneficios que las personas obtienen del funcionamiento de los ecosistemas" (Costanza, *et al.*, 1997). En 21 años el término ha sido motivo y centro del debate científico, la diferenciación entre procesos y funciones del de los servicios ecosistémicos es uno de ellos. Para Costanza (2017) los procesos y funciones del ecosistema contribuyen a los SE, pero no son sinónimos ya que los procesos y funciones de los ecosistemas que describen las relaciones biofísicas existentes independientemente del beneficio o no por parte de los seres humanos. Por el contrario, los servicios ecosistémicos son aquellos procesos y funciones que benefician a las personas, consciente o inconscientemente, directa o indirectamente. Solo existen si contribuyen al bienestar humano y no se pueden definir de forma independiente (Braat, 2013).

El papel de los humanos en la coproducción de SE es cada vez más reconocida en la literatura científica, como una idea clave en la interface ciencia-política. Reconocida en la EEM mediante el capital humano se identifica como un factor de menor importancia, es hasta el marco conceptual de Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Service (IPBES) que se establece que tanto la 'naturaleza' como otros 'activos antropogénicos' contribuyen conjuntamente a la provisión de servicios ecosistémicos para el bienestar humano (Díaz *et al.*, 2015), dicha corriente se reconoce como esfuerzo por valorar la bidireccionalidad del estudio de los SE. Autores claves de

esta ideología son Biggs, Reyers y Palomo que consideran que los SE son producidos conjuntamente mediante procesos socioecológicos: en su base, requieren ecosistemas, pero están dirigidos exclusivamente hacia los humanos y generalmente requieren alguna forma de intervención humana para ser recibido.

Palomo (2016) enfatiza la importancia de dicha bidireccionalidad en la necesidad de considerar insumos del capital no natural, como los fertilizantes no orgánicos, las tecnologías y mano de obra, que contribuyen por ejemplo a la producción agrícola o de los servicios culturales, quienes necesitan de vías de comunicación y adecuaciones al entorno natural para su contemplación. A continuación, se describen los tipos de capitales considerados por Palomo (2016) como necesarios para la provisión de SE.

- A) Capital Natural: Cantidad de bienes o recursos naturales que son necesarios para sostener la vida sobre la tierra.
- B) Capital Humano: Activos intangibles y normas necesarias para mejorar la calidad y cantidad de las interacciones sociales, que en conjunto con el capital social facilita la colaboración y la cooperación para el beneficio mutuo.
- C) Capital construido: hace referencia a los activos fijos que contribuyen al proceso de producción de bienes y servicios por ejemplo la maquinaria agrícola.
- D) El capital financiero: es un mecanismo virtual que nuestra sociedad utiliza para comerciar con otras formas de capital (natural, humano, social y manufacturado), por lo que no tiene valor en sí mismo sino en cada contexto social particular. Se refiere a los ahorros, créditos y dinero utilizado para invertir en el mantenimiento y la mejora de otros activos de capital.

Para entender mejor la interacción entre los diferentes tipos de capitales, a continuación se muestra el gradiente a través de la provisión de SE en la figura 1.



Figura 1: Retomado de Palomo 2016, tradición y adaptación propia, gradiente de contenido de capital natural en la coproducción de servicios de ecosistemas conceptualmente (figura superior) y aplicado a la provisión de agua de servicio.

Bajo esta perspectiva, el termino SE procura pasar la interface entre el entendimiento científico al político, haciendo énfasis en el factor humano que no sólo afecta, sino que también contribuye, como se hace mención en párrafos anteriores el estudio de los SE se considera un ente vivo, que se evoluciona con el paso del tiempo, a diferencia de otros temas de interés ambiental particularmente este es centro del debate hoy en día. Esto se puede ver reflejado en la publicación *Assessing nature's contributions to people* de Díaz y colaboradores (2018) en marco de la creación del marco contextual del IPEBS, resalta el papel central que desempeña la cultura en la definición de todos los vínculos entre las personas y la naturaleza, así como el uso de *nature's contributions to people* (NCP) que eleva, enfatiza y operacionaliza el rol del conocimiento indígena y local en la comprensión de la contribución de la naturaleza a las personas, es decir propone una nueva terminología para el estudio de los SE, propuesta que ha generado

respuestas favorables como la publicada en Welcoming different perspectives in IPBES: "Nature's contributions to people" and "Ecosystem services" en donde se reconoce los avances que Díaz y col., tienen en su propuesta enfatizando la importancia de incluir el contexto cultural como factor transversal que forma parte de la percepción humana de la naturaleza y la buena calidad de vida, así como una conexión entre la naturaleza y la capacidad de las personas en una perspectiva hacia el futuro , ayudando a una planificación futura, abandonando el concepto estático de los SE permitiendo una fertilización cruzada entre la investigación de los SE, la resiliencia, la capacidad de adaptación, etc. y severas críticas en el sentido del posible cambio de SE a NCP, ya que el termino naturaleza deja fuera aspectos importantes como los agroecosistemas y ecosistemas urbanos que a pesar de no ser comúnmente clasificados como ecosistemas los aportes de estos son importantes, subestimando el grado en que los procesos antropológicos que transforman los ecosistemas del mundo. Así como la infraestructura, tecnología y demás que apoyan a la producción de los SE, poniendo en riesgo todos los logros y políticas en favor de los ecosistemas que han partido de dicho concepto.

Otra respuesta a la propuesta de Díaz es Ecosystem Services are Nature's Contributions to People: Response to: Assessing nature's contributions to people" en donde considera que dicha publicación podría confundir a los responsables políticos y académicos debido a los debates que podría generar este cambio de concepto. Proponiendo una posible dualidad para la utilización el termino es decir utilizar SE para públicos especializados y NCP para públicos menos sofisticados. A pesar de que esta discusión es muy importante en el estudio de los SE, debido a que se está desarrollando en este momento no se profundizara en el mismo. Es importante mantener una mente plural e inclusiva ya que las conexiones entre los ecosistemas, sus funciones y procesos son complejas y en algunos casos poco claras.

Para este trabajo de investigación se definirá a los servicios ecosistémicos como las características ecológicas, funciones o procesos que de manera directa o indirecta dan bienestar al ser humano: es decir, los beneficios que las personas obtienen del funcionamiento ecosistemas en coproducción con los capitales humanos, sociales y construidos (Costanza, *et al.*, 1997; MEA, 2005; TEEB, 2010).

Estos servicios ecosistémicos hasta hace un par de años se podían distinguir o dividir en cuatro grandes grupos: Servicios de aprovisionamiento, regulación, culturales y de hábitat o apoyo (EEM 2005; De Groot *et al.*, 2012), con el paso del tiempo los SE apoyo o habitad se han ido diluyendo en los estudios científicos de los últimos años, claro ejemplo de esta afirmación lo podemos constatar en los estudios de la European Environment Agency (EEA) mediante The Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) quienes desaparecen este gran grupo considerandolos como funciones del ecosistema, debido a la no interacción ni necesaria aportación directa de un beneficio hacia los humanos, esta tendencia de clasificación es cada vez más común y generalizada en el ámbito científico por lo que no serán motivo de estudio en este trabajo, de tal manera que los SE quedarán clasificados y definidos como a continuación se describen:

Los servicios de aprovisionamiento son los bienes que se pueden extraer y consumir de los ecosistemas y que a menudo se valoran en los mercados: por ejemplo, agua, alimentos, materias primas como la madera quedando excluidos los minerales y combustibles fósiles ya que son bienes sobre los cuales (debido al tiempo de producción) el ser humano no tiene la capacidad de decisión sobre de ellos.

Los servicios de regulación son los beneficios derivados de los procesos del ecosistema que modulan las condiciones de nuestro entorno: como la regulación del clima, contaminantes, la fertilidad del suelo o las inundaciones este último ejemplo

fuertemente en coproducción con los capitales construidos. Por su naturaleza rara vez son valorados en el mercado convencional, y deben ser valorados indirectamente.

Servicios culturales que son beneficios reales, pero no físicos ("intangibles") que surgen de las interacciones entre humanos y ecosistemas (Chan *et al.*, 2012), por ejemplo, empleo, sentido de identidad, valor espiritual, valor estético y desarrollo cognitivo (Balvanera *et al.*, 2016).

El mapeo de los servicios ecosistémicos es una corriente en constante aumento, la necesidad de espacializar la problemática, identificar factores de presión y crear escenarios futuros a partir del análisis espacial mediante el uso de sistemas de información geográfica, son útiles para crear estrategias que ayuden a la conservación de los mismos, a su vez mediante la cartografía participativa es posible acercar el estudio de los SE a las localidades, reconociendo así la importancia que éstas tienen en el cuidado de estos. En la actualidad se reconocen diversos métodos y fuentes para el mapeo, evaluación, monitoreo y estimación de la capacidad de brindar algún SE por parte de algún ecosistema en específico (Tabla 1), estas fuentes y métodos pueden ir de los análisis globales a los nacionales y regionales, es importante cuidar la escala de análisis ya que, partiendo de ella, se descartarán o no dichas fuentes y métodos.

Tabla 1: Métodos y fuentes para el mapeo y estimación de la capacidad de producción de un SE por parte de un ecosistema, basado en Balvanera *et al.*, 2016, elaboración propia.

Servicio	Estadísticas Globales escala nacional	Sensores Remotos	Estimaciones locales	Modelos
Alimentos	FAOSTAT.	LANDSAT, SPOT, SENTINEL. i: contribución de la teledetección como una de las	SIAP, SEDAGRO	ARIES, LPJmL, MIMES, InVEST, qGis, Terrset

capas de información

Wood	FAOSTAT	LANDSAT, SPOT, SENTINEL	INEGI	CONABIO	InVEST, qGis, TERRSET
Regulación de la erosión	Global Data Products CD-ROM Contents (IGBP-DIS)	Soil Products	Contribución de la teledetección como una de las capas de información	INEGI Información generada en estudios e investigaciones locales	Grass SIG, qGis, InVEST, ARIES, MIMES
Polinización	NATURA			Información generada en estudios e investigaciones locales, SEDAGRO, INEGI	InVEST, MaxENT
Turismo basado en naturaleza			Contribución de la teledetección como una de las capas de información	Información generada en estudios e investigaciones locales	InVEST, Co\$ting e nature

Los métodos de mapeo en la actualidad están basados en su mayoría en estudios continentales y nacionales, siendo aún escasa la bibliografía a escalas locales, por lo cual es importante la creación de información base que sirva para el estudio de estos en un futuro, en ello la teledetección juega un papel importante ya que no sólo brinda información actual, sino que también nos brinda la capacidad de realizar análisis históricos ya que se puede acceder a datos recabados desde la década de los 70 hasta nuestros días, así como la automatización y agilización de procesos gracias a las grandes bases de datos almacenadas en las plataformas antes mencionadas. Con base en esto y mediante algoritmos es posible generar escenarios futuros positivistas y pesimistas mediante los Sistemas de información geográfica, brindándonos así la

posibilidad de determinar la posible pérdida de capacidad de abastecimiento de un SE por parte de un ecosistema.

El análisis de la interacción entre las sociedades y el ambiente ha introducido en las últimas décadas una corriente de estudio basada en el concepto de vulnerabilidad, que centra la atención hacia los grupos o entidades expuestas a cambios ambientales (manglares, productores locales, especies, bosques tropicales, etc.).

Fenómenos como los deslizamientos de laderas, las inundaciones, incendios forestales entre otros, han sido parte fundamental de la evolución y adaptación de los ecosistemas, dichas sinergias aumentan o disminuyen la resiliencia de diversos elementos que conforman un ecosistema, sin embargo el contexto en que suceden dichos eventos se ha visto afectado por la intervención de los humanos, que en general ha derivado en un aumento de cambios de coberturas vegetales a zonas urbanas, agrícolas, pecuarias etc.

Planteamiento del problema

Dado que los ecosistemas sustentan todas las actividades necesarias para el bienestar social y el desarrollo económico. La creciente tendencia de conversión de usos de suelos ocupados por ecosistemas naturales hacia zonas de agricultura y ganadería, la urbanización; la contaminación, pérdida y compactación de suelos y el cambio climático son las principales fuerzas direccionadoras causantes de daños a los ecosistemas naturales. Según la EEA en 2050 podría haber desaparecido el 11 % de las zonas naturales que había en el mundo en el año 2000. Casi el 40 % de las tierras agrícolas existentes pueden pasar a explotarse de forma intensiva. Se estima según los escenarios más críticos que en 2030 podría desaparecer el 60 % de los arrecifes de coral, así como la pérdida de grandes extensiones de áreas potenciales de distribución de diversas especies debido al cambio climático.

La Región VI Ixtapan de la Sal, Estado de México cuenta con 11 ANP's, entre ellas, la porción Noreste del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, también cuenta con algunas especies bajo alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT, a su vez tiene un potencial de distribución de un tercio de la avifauna estatal, cuenta con el Santuario de la Mariposa Monarca del ejido Piedra Herrada del Municipio de Temascaltepec, cuenta con el potencial de distribución de *Abies religiosa* (especie amenazada por los efectos del cambio climático) más extenso del estado de México, por último es una de las 2 regiones de 16 que conforman el estado de México que mayor cobertura vegetal conserva sólo después de la región X Tejupilco.

El INEGI (2014) describe las actividades económicas de la región que identifica predominantemente las vinculadas con los sectores primarios y terciarios que invariablemente ejercen presión directa sobre los servicios ecosistémicos mediante la extracción de madera, obtención de alimentos derivados de la agricultura, floricultura y actividades turísticas, generando cambios de usos de suelo que merman la capacidad de brindar servicios por parte de los ecosistemas.

Se reconoce que el capital natural de nuestro país es megadiverso, condición que le confiere la influencia de la zona de convergencia neotropical y neártica, dicha particularidad se acentúa aún más en la región VI, ya que se encuentran justo en la zona de convergencia nacional de dichas regiones biogeográficas, propiciando la presencia de ecosistemas variados que van desde los bosques de montaña hasta las selvas bajas caducifolias, la degradación de los ecosistemas de la región se deriva del cambio de uso de suelo, contaminación aguas superficiales y subterráneas, la pérdida de suelo por erosión eólica e hídrica y compactación del suelo, entre otros; dichas problemáticas han situado a los ecosistemas de dicha región en un escenario de amenaza y vulnerabilidad.

La afectación de los ecosistemas repercute de manera negativa y directamente en la capacidad que estos tienen para brindarnos bienes y servicios, la reducción de estos significa la pérdida de bienestar, servicios como abastecimiento de agua, materias primas, alimentos entre otros no sólo afecta el bienestar de las sociedades, sino que a su vez colapsa el desarrollo económico de una región.

Justificación

Los ecosistemas de la región VI, Ixtapan de la Sal han sido transformados en sistemas de producción masiva de bienes, por ejemplo: los bosques de las zonas altas han sido convertidos en grandes extensiones de invernaderos para la producción intensiva florícola, las zonas de intermedias en grandes áreas de cultivos principalmente de maíz y haba forrajera, así como desarrollo de áreas de recreación y turismo en el corredor Malinanco-Tonatico.

La Región VI Ixtapan de la Sal cuenta con 11 áreas naturales protegidas que ocupan aproximadamente el 30% del total su territorio, en ella se desarrollan actividades turísticas, agrícolas, florísticas y forestales, generando así un deterioro de dichas áreas. Presenta también varias especies en alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010: dos de ellas son consideradas probablemente extintas en vida silvestre, nueve en peligro de extinción y tres sujetas a protección especial (CONABIO, 2007).

Su vegetación está compuesta principalmente por bosques de coníferas, bosque mesófilo de montaña y selvas bajas caducifolias, estos ecosistemas se encuentran altamente fragmentados debido a las actividades antrópicas que en la región se realizan, la conversión de usos de suelos forestales a zonas agrícolas son la principal amenaza de estos ecosistémicas.

Las transformaciones de los paisajes naturales a modificados propician la disminución de la capacidad de los ecosistemas para la producción de servicios ecosistémicos,

principalmente aquellos del orden intangibles como lo son la regulación climática, la riqueza genética de especies y la infiltración entre otros. Estos debido a su naturaleza pocas veces son valorados en el mercado, pero la pérdida de uno de ellos representaría una pérdida potencial de SE que de ellos dependen, cómo la agricultura (alimentos) que depende altamente de la regulación climática, variable que debido al cambio climático presenta más intensos y continuos eventos hidrometeorológicos extraordinarios. Por otra parte perder la capacidad de abastecimiento de agua debido a la tala de zonas boscosas o debido a la compactación del suelo por actividades agrícolas, implicaría la pérdida de su capacidad de producción florícola y turística de la región. Perder dispersores de semillas o polinizadores debido al uso excesivo de pesticidas en la actividad florícola implicaría la pérdida de hábitat para especies, pérdida de riqueza genética y capacidad de almacenamiento de carbono, en ambos escenarios la disminución de la capacidad de producción de servicios ecosistémicos implicaría un estancamiento y pérdida de bienestar y desarrollo en la región.

El monitoreo de los servicios ecosistémicos es vital para hacer llegar a los tomadores de decisión la información necesaria para la toma de decisiones en favor del ambiente. Si bien los servicios ecosistémicos están estrechamente vinculados a la biodiversidad, los factores sociales que cada vez son más reconocidos como coproductores de SE, ya que justo el factor humano quien se encargará del administrarlos, entrega y valoración, por lo que estos no pueden ser excluidos de este tipo de estudios.

El modelado y la exploración de escenarios futuros de los servicios ecosistémicos puede clarificar los impactos de las políticas en favor del ambiente analizando las posibles sinergias que en ellos se produzcan con miras a la planificación de escenarios futuros más sostenibles y equitativos.

Esta investigación forma parte del diagnóstico integral socio-ambiental de la región VI coordinado por el Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable (CEDeS) de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Objetivo general

Analizar la pérdida de producción de los servicios ecosistémicos almacenamiento de carbono y regulación de la erosión del suelo (2008-2015) en la Región VI, Ixtapan de la Sal, Estado de México.

Objetivos específicos:

- Identificar ecosistemas presentes en la región VI, Ixtapan de la Sal, Estado de México.
- Caracterizar y analizar la distribución espacial de los servicios ecosistémicos culturales, almacenamiento de carbono, retención del suelo, agricultura y floricultura de la región VI Ixtapan de la Sal, Edo. México.
- Estimar la capacidad de producción en la temporalidad 2005 y 2013 de los servicios ecosistémicos almacenamiento de carbono, regulación de la erosión del suelo en la región VI.

Materiales y métodos

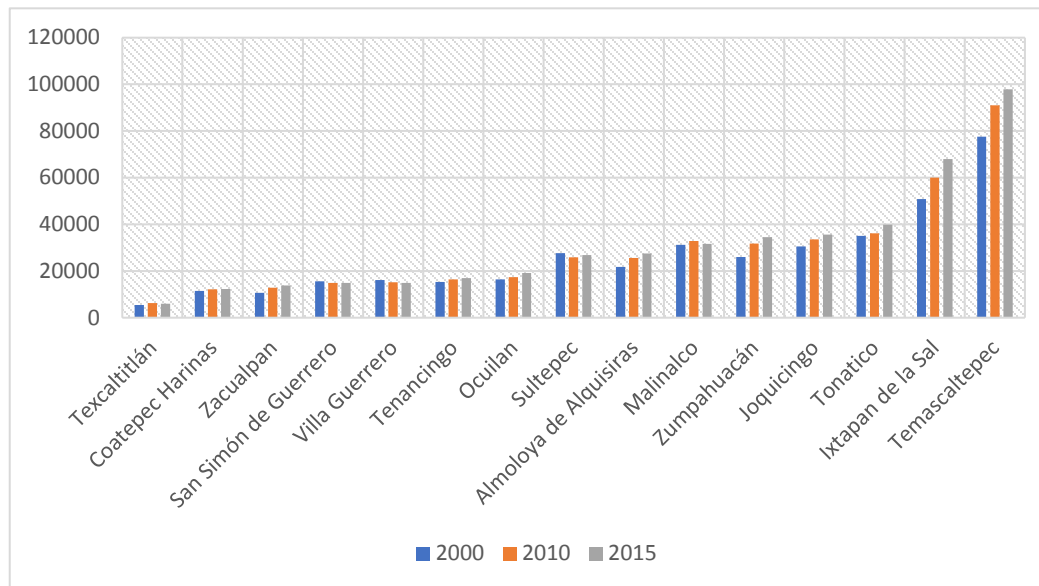
Área de estudio

El área de estudio denominada Región VI, Ixtapan de la Sal, Estado de México (figura 1) abarca un total de 4,305.58 km² distribuidos en 15 municipios, colinda con las regiones de Toluca, Valle de Bravo, Lerma y Tejupilco. Dada la naturaleza sistémica de este estudio dicha delimitación administrativa fue redelimitada a partir de las microcuencas elaboradas por el FIRCO en el año 2012, resultando un total de 62 microcuencas pertenecientes al área de estudio. La población total según la encuesta intercensal del año 2015 fue de 459,827 habitantes, aumentado un 14.9% con respecto al conteo de población y vivienda del año 2005 (INEGI, 2016). El total poblacional de esta región representa el 3% estatal y su densidad poblacional de 106 habitantes por km².

La población se tiende a concentrarse en municipios cercanos a la llamada cuenca florícola: Temascaltepec, Ixtapan de la Sal, Tonatico, Malinanco y Joquicingo concentran más del 66% de la población regional, mientras que los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo y Coatepec de Harinas caracterizados por su producción florícola intensiva y extensiva presentan totales poblacionales menores, debido a las grandes extensión de terrenos dedicados a la producción florícola, siendo los municipios vecinos quienes fungen como los lugares de residencia de los trabajadores (Grafica 2).

Por otra parte, el índice de marginación municipal del Consejo Nacional de Población CONAPO (2015) en lo general indica que la mayor parte de los municipios presenta altos grados de marginación, a excepción de los municipios de Tonatico e Ixtapan de la Sal quienes se posicionan los lugares 65 y 44 de 125, mientras que Zacualpan, Zumpahuacan y Sultepec se localizan entre los 10 municipios más marginados de la entidad.

Tabla 1. Dinámica Poblacional región VI, Ixtapan de la Sal 2005-2015.



Elaboración propia con base en censos INEGI 2015.

Por otra parte, el índice de marginación municipal del Consejo Nacional de Población CONAPO (2015)¹ en lo general indica que la mayor parte de los municipios presenta altos grados de marginación, a excepción de los municipios de Tonatico e Ixtapan de la Sal quienes se posicionan los lugares 65 y 44 de 125, mientras que Zacualpan, Zumpahuacán y Sultepec se localizan entre los 10 municipios más marginados de la entidad.

¹ Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta, porcentaje de población de 15 años o más sin primaria completa, porcentaje de ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado, porcentaje de ocupantes en viviendas sin energía eléctrica, porcentaje de ocupantes en viviendas sin agua entubada, porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento, porcentaje de ocupantes en viviendas con piso de tierra, porcentaje de población en localidades con menos de 5 000 habitantes, porcentaje de población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos, índice de marginación, grado de marginación.

Cuadro 2. Lugar estatal con base en el índice de marginación CONAPO 2015

Nombre del municipio.	Lugar estatal
Zacualpan	3
Zumpahuacan	5
Sultepec	7
Temascaltepec	14
Almoleya de Alquisiras	18
Texcaltitlan	19
Coatepec Harinas	20
Ocuilan	22
Villa Guerrero	25
San Simón de Guerrero	26
Joquicingo	30
Malinalco	37
Tenancingo	39
Ixtapan de la Sal	44
Tonatico	65

Elaboración propia con base en CONAPO 2015

Ambientalmente la región debe a su ubicación dentro de la zona de ecotono, una gran variedad de ecosistemas que van desde pradera de alta montaña, hasta selvas bajas caducifolias, que a su vez le concede endemismos como lo es el *Romerolagus diazi* (teporingo) especie considerada en peligro de extinción, así como zonas de distribución potencial de *Leopardus pardalis* (ocelote), *Leopardus wiedii* (tigrillo), *Colinus virginianus* (codorniz), *Xenospiza baileyi* (gorrión serrano), *Rhynchopsitta pachyrhyncha* (cotorra serrana occidental), así como grandes extensiones de bosques de *Abies religiosa* (Oyamel) especie altamente amenazada por el cambio climático.

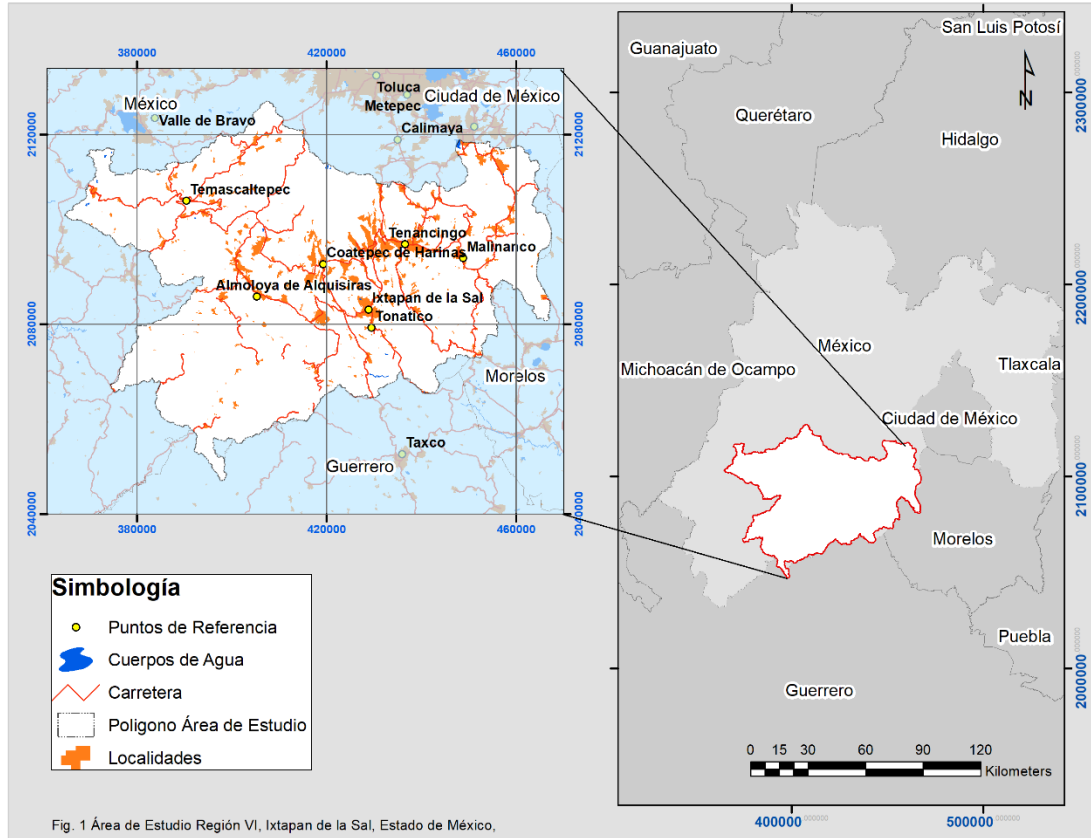


Figura 2. Área de Estudio redelimitada con base en 63 microcuencas (FIRCO)

Metodología

Ecosistemas del área de estudio

Para la determinación de los ecosistemas presentes en la región se utilizó el uso de suelo y vegetación de INEGI en su versión V, a partir del cual se determinaron los ecosistemas con base en cada uso de suelo (Burkhard y Maes 2017; Figura 3).

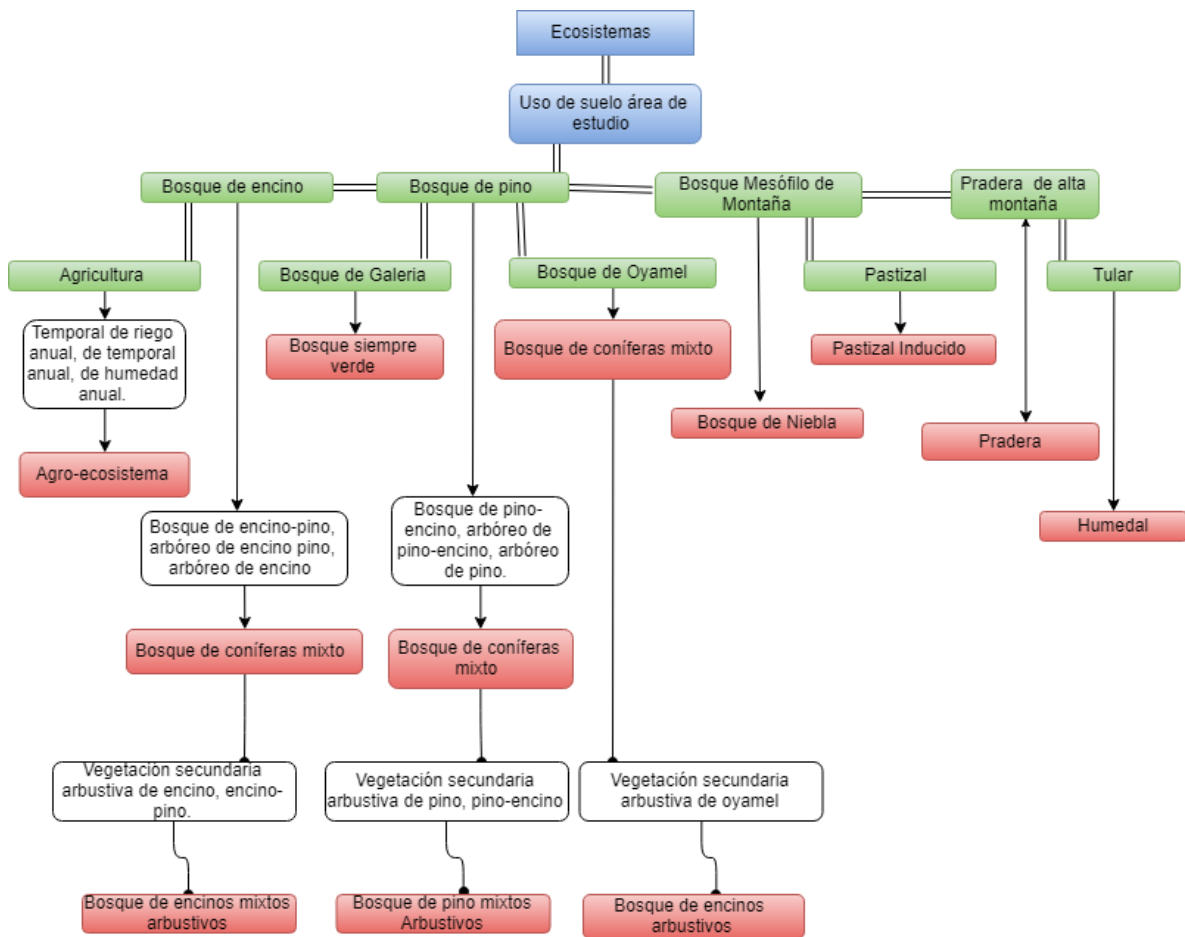


Figura 3. Identificación de ecosistemas

Localización de SE Culturales

Para determinar los sitios que brindan servicios ecosistémicos culturales (Belleza escénica, ecoturismo y turismo religioso) se realizaron consultas bibliográficas con la finalidad de identificar los sitios turísticos más representativos de la región VI. Una vez identificados se seleccionaron aquellos que dependieran de algún SE por ejemplo aprovisionamiento de agua , después de identificarlos se procedido a hacer una

búsqueda en la web específica de los lugares seleccionados, en ella se localizaron aquellas fotos que habían sido guardadas con esa ubicación y que cumplieran con mostrar un “algo” que identificase el atractivo turístico, las plataformas de búsqueda fueron Google Maps mediante Google Photos, Instagram, Facebook y Flickr, con base en el número de fotografías y después de ser filtradas se obtuvo el headmap que muestra de manera proporcional y mediante intensidad de brillo en paleta de color roja, la cantidad de visitas registradas en el periodo 2013-2018.

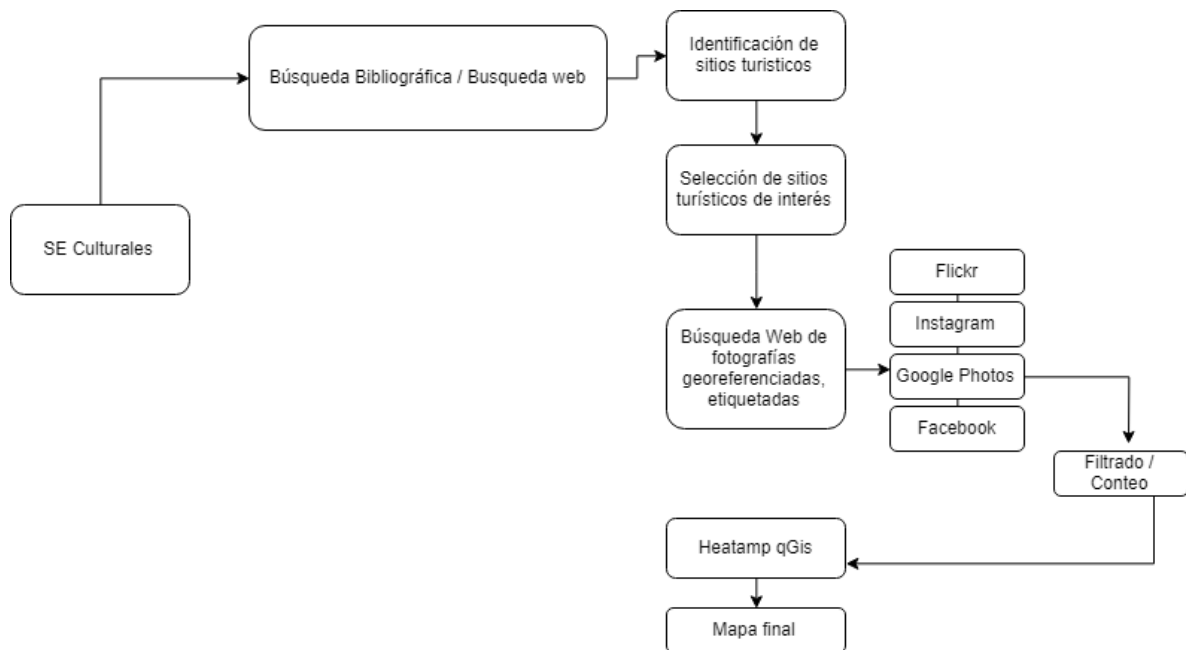


Figura 4. Metodología para la localización de SE Culturales

Localización de zonas agrícolas, SE alimentos y localización de áreas de producción florícola, SE Cultural ornamental

Para la localización de las zonas de cultivos y áreas de producción florícola se utilizaron imágenes satelitales Sentinel 2 A del mes de abril del 2016, a partir de éstas se realizaron supervisiones clasificadas en dónde mediante polígonos de entrenamiento sobre las zonas de invernaderos se determinó su firma espectral mediante el plugin de qGis Semi Automatic Classification. El resultado de esta clasificación sirvió como mapa base para la realización de un cruce de información con la versión III de la Frontera Agrícola del SIAP y el uso de suelo y vegetación de INEGI, a partir de la cual se adecuo el vectorial que serviría para la representación espacial de este servicio ecosistémico, la obtención de datos de producción agrícola por municipio y principales cultivos se obtuvo de la información disponible en la plataforma web el SIAP, así como de la SEDRAGO Estado de México para el caso de floricultura, ambos casos para el año 2016 (Figura 5).

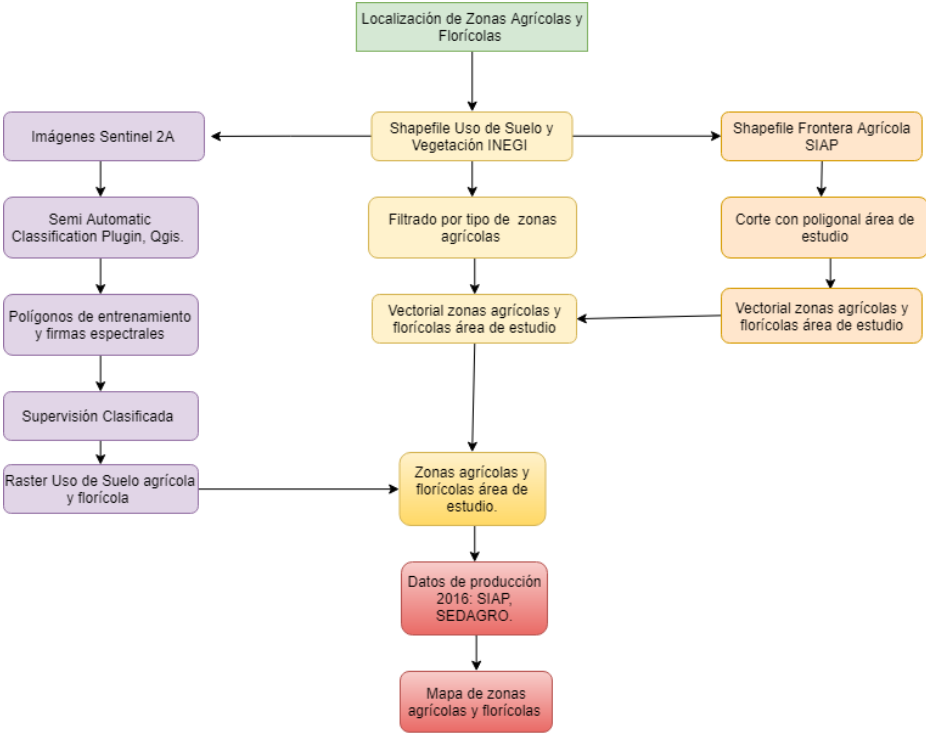


Figura 5: Identificación de zonas agrícolas y florícolas

Metodología para estimar el SE almacenamiento de carbono

Para estimar la cantidad de carbono almacenado en los bosques y selvas del área de estudio se utilizaron los resultados obtenidos a partir del estudio elaborado por Mondragón en 2017 en donde a partir de la metodología propuesta por Rojas et al. (2011) estimo la cantidad de carbono almacenado a partir de un muestreo sistemático estratificado por conglomerados ubicados a cada cinco kilómetros, se elaboró una malla de muestreo que se tomó como base para la distribución de los conglomerados, teniendo como unidad mínima puntos equidistantes a 2.5 kilómetros.

La estimación de volúmenes Mondragón aplico las ecuaciones de volumen generadas en el Segundo Estudio Dasonómico del Estado de México (SEDEMEX, 1985-1990). Estas ecuaciones concentran a las principales especies de los bosques del Estado de México de acuerdo con su hábito de crecimiento y morfología (Cuadro 1). Para el caso de las especies de selva baja, el volumen se calculó a partir de los modelos del SEDEMEX

La estimación de la biomasa se calculó a partir de la ecuación propuesta por Rojas *et al.* 2011.

$$B = V * d$$

Donde:

B = Biomasa

V= Volumen (Existencias reales en m³ V.T.A.)

d = Densidad de la madera

Para el caso de la densidad de la madera se utilizó la densidad promedio de las especies reportadas en el Inventario Forestal. Los resultados de la estimación de carbón almacenado en bosques y selvas del estado de México, se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Almacenamiento de carbono por tipo de vegetación

Tipo de Bosque	Ton/Ha
<i>Oyamel</i>	63.36
<i>Pino</i>	31.48
<i>Pino-Encino</i>	31.39
<i>Encino</i>	28.39
<i>Bosque mesófilo de montaña</i>	26.64
<i>Encino -Pino</i>	21.71
<i>Selva baja Caducifolia</i>	3.24

Con base en Mondragón, 2017 elaboración propia.

Después mediante el uso del software qGis versión 2.18 se procesó la información vectorial del uso de suelo y vegetación del INEGI serie V en dónde a partir de procesos y consultas SQL utilizando postgres y postgis se asignaron los valores correspondientes a cada tipo de bosque y selva del estado de México.

Metodología para estimar la erosión potencial hídrica, SE retención del suelo
 La determinación del mapa de erosión potencial hídrica que se puede definir como el resultado de la combinación de los factores cómo la precipitación, el escurrimiento, la textura del suelo y topografía (Pendiente), una de las metodologías más usadas para determinar la pérdida de suelo en toneladas por hectárea al año es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés) (Wischmeier y Smith 1965, 1978). Que consiste en la siguiente formula:

$$A = R K L S C P$$

Donde:

A = tasa de erosión anual (ton/ha.año).

R = factor de erosividad de la lluvia (MJ.mm/ha.h).

K = factor de erodabilidad del suelo (ton.h/MJ.mm).

LS = factor topográfico longitud-pendiente.

C = factor de vegetación y cultivo.

P = factor de prácticas conservación.

Factor R

El factor R representa, para un área específica, la energía potencial de la lluvia y su escurrimiento asociado; es el factor de tipo climático que indica el potencial erosivo de las precipitaciones (Montes-León, 2011). Para estimar el valor de erosividad para la región se utilizó el algoritmo de GRASS SIG (Rainfall erosivity index) mediante el ráster de precipitación total anual elaborado por albores, 2017. La contribución más importante relativa a la estimación del presente factor consiste en el empleo del dicho algoritmo y ráster que resulta en un mayor detalle y rapidez con respecto a la regionalización nacional del factor R propuesta en la metodología simplificada para la estimación de la erosión potencial hídrica desarrollada por el COLPOS.

Factor K

El factor K indica el grado de susceptibilidad de un horizonte específico del suelo a la erosión, este factor se determinó a partir del algoritmo de GRASS SIG USLE soil erodibility Factor K, en donde se consideran aspectos edáficos tomados de la cartografía oficial de INEGI.

Factor LS

Este factor considera la longitud (L) la distancia desde el punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente, al grado de que ocurre una sedimentación o bien hasta el punto donde el escurrimiento, una vez concentrado,

encuentra un canal de salida bien definido y grado de pendiente (Montes-León, 2011). Para la determinación de este factor se consideraron los modelos digitales de elevación con menor error cuadrático en el área de estudio (STRM V3) a partir de los cuales se obtiene la pendiente, las alturas máximas y mínimas del área de estudio, posterior a la obtención de estos insumos se procedió al uso de la calculadora ráster en la cual se ingresaron las fórmulas correspondientes para la conversión de radianes a unidades métricas, así como la obtención de L , S y postteriormente la formula $A = R K L S C P$.

Una vez obtenido el ráster de erosión potencial hídrica se utilizó el módulo reclass para determinar rangos de erosión con base en la propuesta por la FAO que va desde normal en el rango de las <.5 toneladas por hectárea al año, hasta muy severa en el rango de las 50 a 200 toneladas por hectárea al año.

Resultados y discusión

Descripción del área de estudio medio físico

Cuencas

Para analizar los servicios ecosistémicos en la región VI del Estado de México se redelimito el área de estudio con base en las microcuencas (delimitaciones naturales) existentes, debido a la naturaleza sistémica de dichos servicios y la interconectividad que estos presentan. Esta redelimitación mantiene una forma muy similar a la delimitación político-administrativa (figura 1), está constituida por 57 microcuencas pertenecientes a 12 subcuencas, ambas propuestas por El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), esta nueva delimitación abarca al norte pequeñas zonas de la región XIII Toluca, al noreste de la región VII Lerma, al noroeste de la región XV Valle de Bravo, al oeste de la región X Tejupilco, al sur partes del municipio de Tetipac,

Pilcaya, Pedro Ascencio Alquisiras y Teloloapan del estado de Guerrero y al este con los municipios de Huitzilac, Miacatlán y Coatlán del Río en el estado de Morelos.

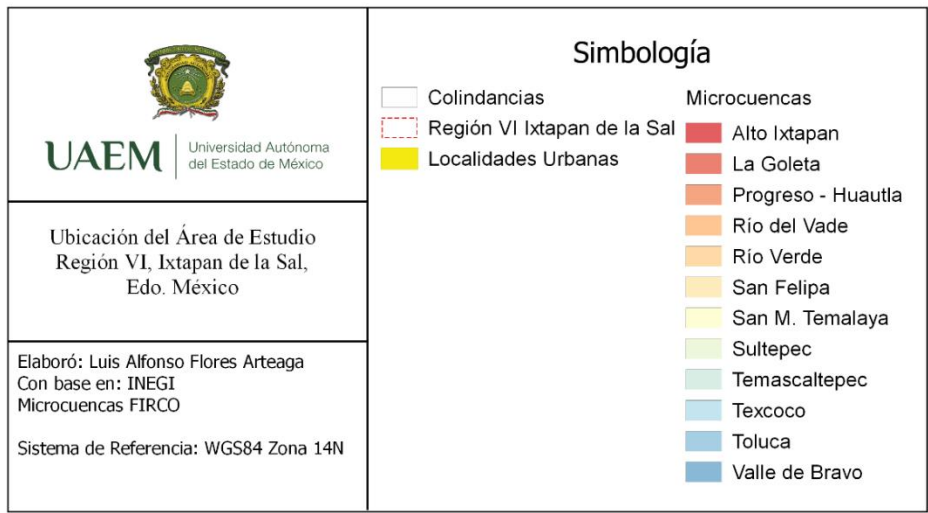
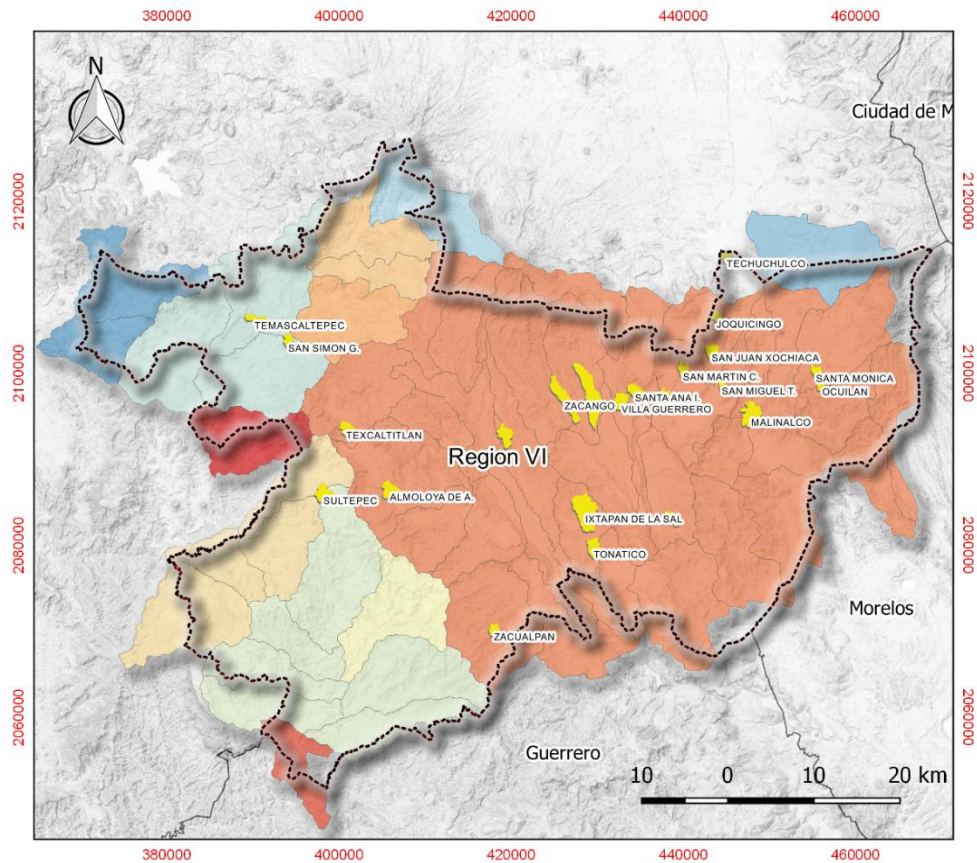


Figura 6. Área de estudio basado en Microcuencas. Con base en: FIRCO 2015, INEGI 2017, Elaboración propia.

Su localización geográfica corresponde en su zona norte a la provincia de los lagos y volcanes del Anáhuac, en su zona sureste a la provincia de las sierras y valle guerrerenses, por último, en su vertiente oeste corresponde a la provincia de la depresión de las balsas.

Terreno

Las altitudes de toda el área de estudio van desde los 1132 hasta los 3519 msnm (figura 7). Las pendientes de la región en su mayoría presentan rangos entre los 0 y 30 grados de inclinación, siendo la zona centro en los municipios de Coatepec de Harinas, Ixtapan de la Sal, Villa Guerrero, Tonatico, Temascaltepec y Malinanco los de menor escabrosidad, mientras que la zona sureste en los municipios de Sultepec y Zacualpan los de mayor escabrosidad con pendientes entre los 15 y 45 grados de inclinación (Figura 8).

El área de estudio se caracteriza por la presencia de sierras de cumbres tendidas, cuyas laderas son escarpadas y que está constituida predominantemente de rocas volcánicas basálticas, aunque en el sur tiene rocas sedimentarias calcáreas, las altitudes que prevalecen van de los 1700 a los 2400 msnm, pero descienden hacia el sur, respectivamente, en tanto que en el sur encontramos sistemas de lomeríos con mesetas, que abarca la mitad occidental, lugar de localización de las localidades de Ixtapan de la Sal, Tonatico y Malinaltenango; valle de laderas tendidas, en las proximidades de la cabecera municipal de Malinalco; valle de laderas tendidas con mesetas, ubicado al sur del anterior; lomerío con cañadas, lomerío y meseta de aluvión antiguo con lomeríos, los tres en la zona limítrofe con Morelos (INEGI, 2001).

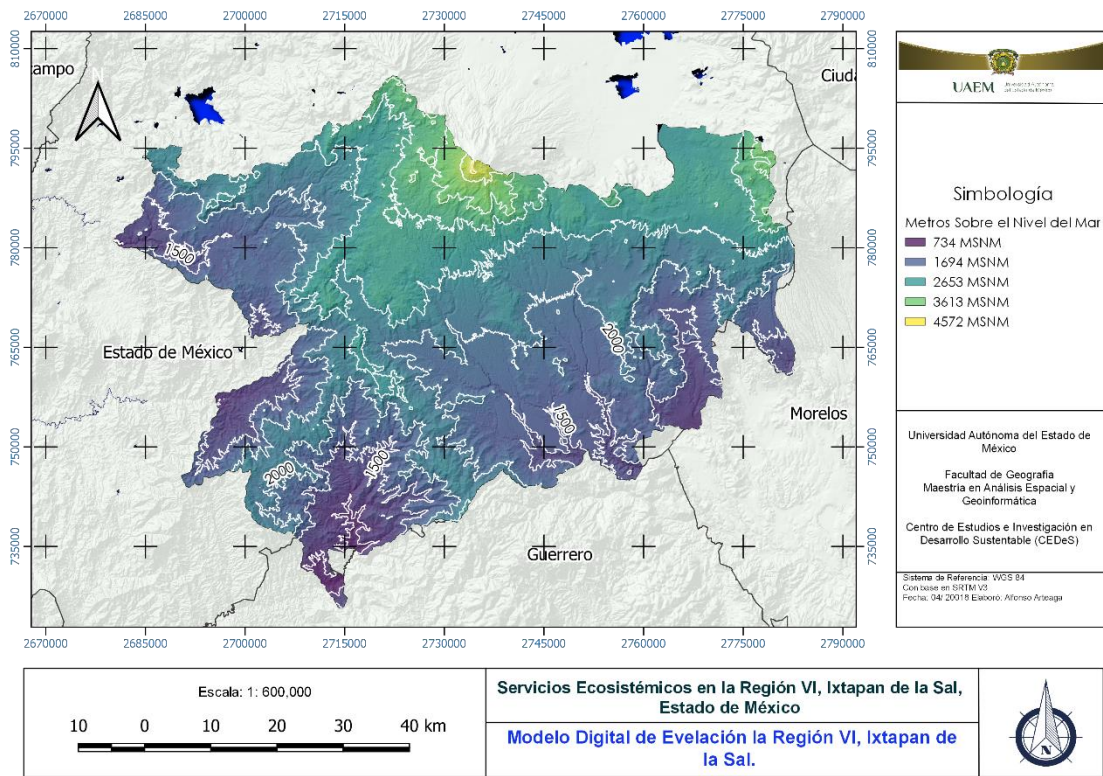


Figura 7. Modelo de elevación Región VI Ixtapan de la Sal. Elaboración propia con base en CEM INEGI 2017

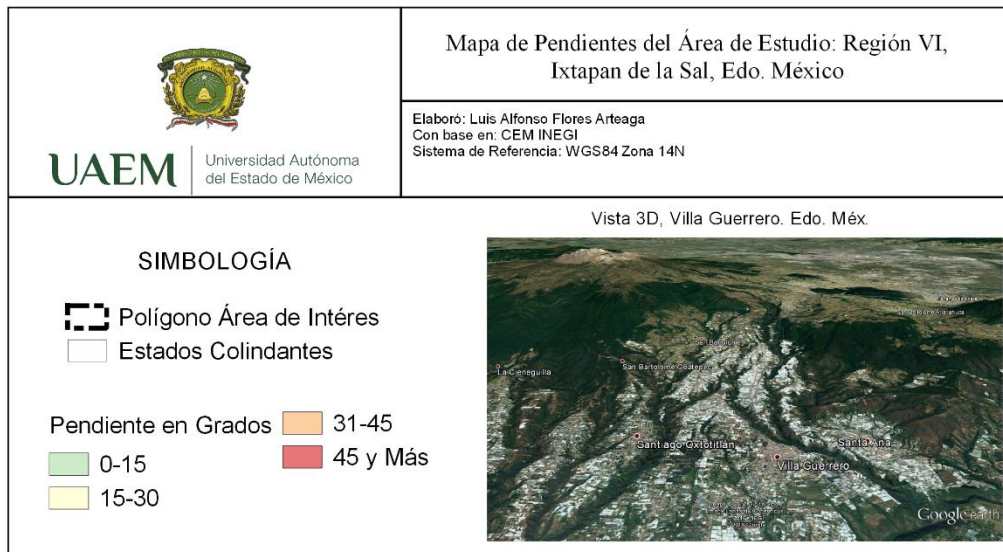
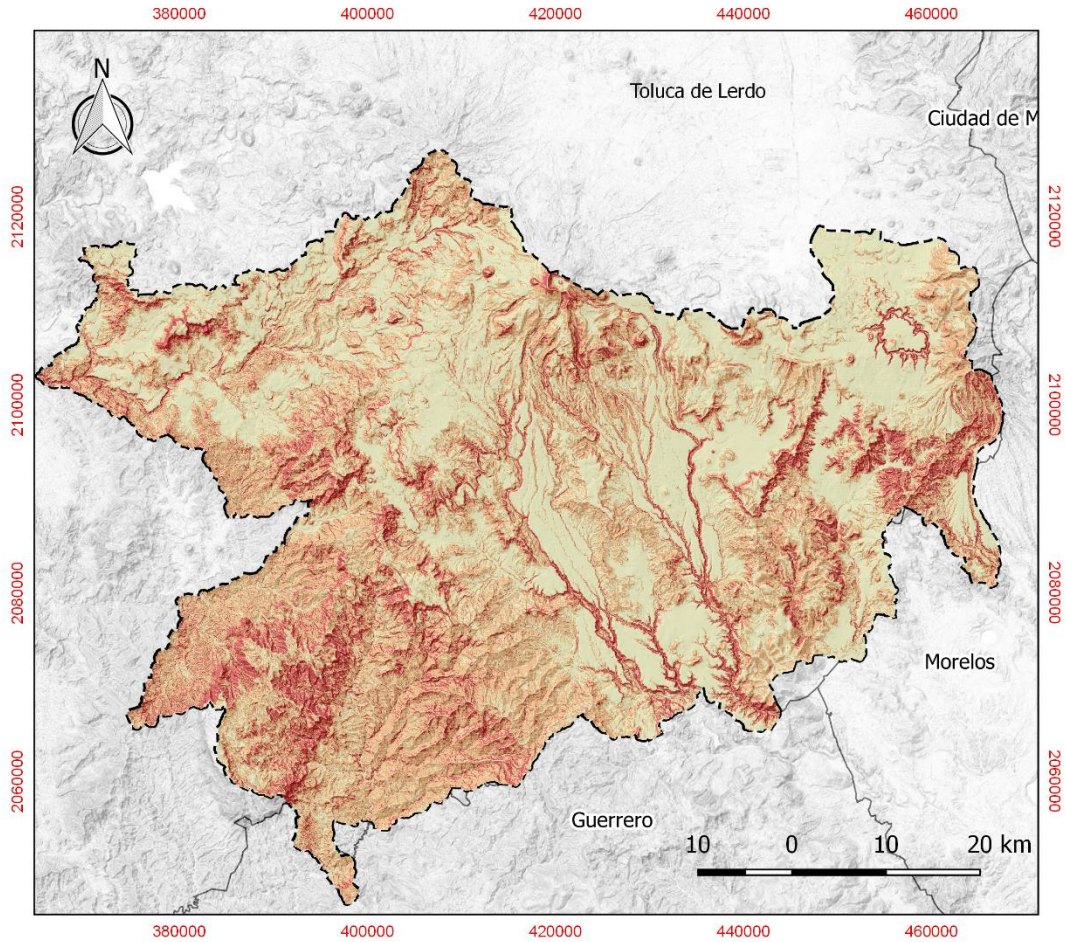


Figura 8. Mapa de pendientes de la Región VI Ixtapan de la Sal. Con base en CEM INEGI elaboración propia

Clima

El clima de la región consta en la zona cercana a la zona más alta del volcán Nevado de Toluca con un clima Frio (E(T)CHw), temperatura media anual entre -2°C y 5°C , temperatura del mes más frío sobre 0°C y temperatura del mes más caliente entre 0°C y 6.5°C , presenta precipitaciones en verano, dentro del área de protección de flora y fauna nevado de Toluca el clima prevaleciente es el semifrío, subhúmedo ($\text{Cb}'(\text{w}2)$) con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C , temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C , temperatura del mes más caliente es de 22°C . La zona noreste de la región presenta un clima ($\text{Cb}'(\text{w}2)$) Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C , temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C , temperatura del mes más caliente es de 22°C . El clima prevaleciente en el área de estudio, sobre todo en la zona central es ($\text{C}(\text{w}2)$) es decir Templado, subhúmedo, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C , mientras que su temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C , en la zona noreste encontramos climas ($(\text{A})\text{C}(\text{w}1)$) Semicaldo subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C , temperatura del mes más frío menor de 18°C , temperatura del mes más caliente mayor de 22°C , en las áreas sur y sureste hay presencia de un cálido ($\text{Aw}1$) es decir subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor a los 18°C .

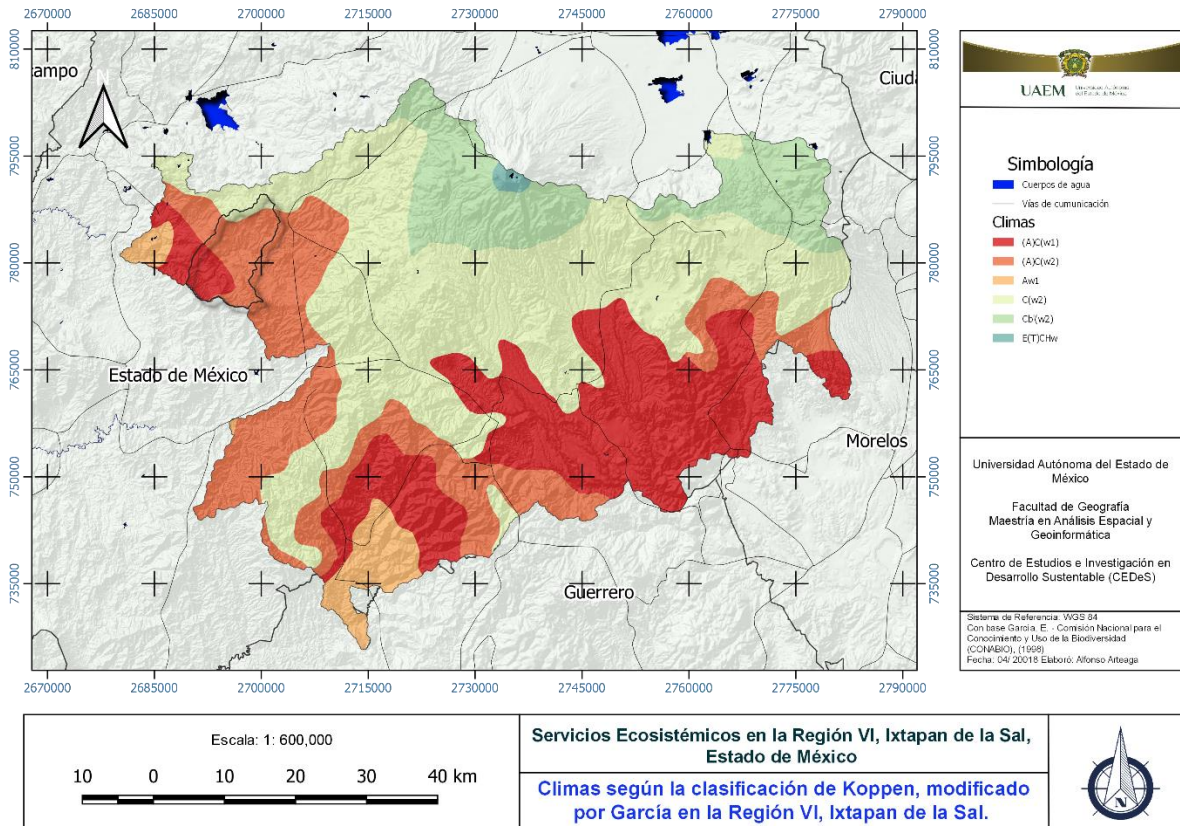


Figura 9. Climas de la Región VI Ixtapan de la Sal. Elaboración propia con base en García, E. CONABIO

Hidrografía

Pertenciente a la cuenca del río Balsas según datos de la CONABIO la región se encuentra en una zona de baja demanda hídrica², está conformada por 4 subcuencas: Cutzamala, Río -Balsas-Zirándalo, Río Lerma Toluca y Río Grande Amacuzac que a su vez estas se dividen en 57 microcuencas; en dónde debido a su longitud destacan los Ríos Sultepec, Tenancingo y Chalma (figura 6), los dos últimos presentan altos índices de contaminación debido a las descargas de aguas residuales domésticas y lixiviados provenientes de la floricultura y agricultura. A la par de los recursos hídricos lóiticos,

² Suma de los valores de consumo de agua para uso urbano, para riego y para ganadería obteniendo así el consumo de agua total en hectómetros cúbicos (hm³). A los valores de disponibilidad se les restaron los valores de consumo total de agua y de esta forma se obtuvo el balance de agua por zona funcional de cuenca en la República Mexicana del año 2006.

existen recursos lénticos en toda la región estos en su mayoría de pequeño tamaño y en algunos casos de origen antrópico, para el caso de Ixtapan de la Sal, estos son aprovechados para el abastecimiento de los balnearios que ahí se encuentran. Existen ríos tributarios de importancia regional que son utilizados para fines de riego y abastecimiento local de agua potable (cuadro 3).

Cuadro 3. Ríos perennes en la región VI Ixtapan de la sal.

Nombre	Condición
Presa Ordorica	Perenne
Río Calderón	Perenne
Río Chalma	Perenne
Río El Chilero	Perenne
Río El Cristo	Perenne
Río El Naranja	Perenne
Río Hacienda de Guadalupe	Perenne
Río Jalpa	Perenne
Río Jerónimo	Perenne
Río La Comunidad	Perenne
Río La de Fierro	Perenne
Río Los Aguacates	Perenne
Río Sultepec	Perenne
Río Temascaltepec	Perenne
Río Tembembe	Perenne
Río Tenancingo	Perenne
Río Verde	Perenne

Fuente: Elaboración propia con base en carta nacional SEDENA 1:100.000

Existen seis acuíferos en la región, el de mayor tamaño llamado acuífero Tenancingo, abarca totalmente los municipios Almoloya de Alquisiras, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Joquicingo, Malinalco, Ocuilan, Tenancingo, Texcaltitlán, Tonatico, Villa Guerrero y Zumpahuacán; y parcialmente los municipios Sultepec, Temascaltepec, y Zacualpan. El acuífero de Temascaltepec, ocupa de manera parcial los municipios de Temascaltepec y una pequeña porción de Texcaltitlán. El acuífero Altamirano-Cutzamala abarca de manera parcial los municipios de San Simón de Guerrero, Sultepec y Texcaltitlán. El acuífero Arcelia ocupa parcialmente los municipios de

Sultepec y Zacualpan, el acuífero de Toluca ocupa una pequeña porción de los municipios de Joquicingo y Ocuilan; por último, el acuífero de Villa Victoria – Valle de Bravo ocupa parcialmente el municipio de Temascaltepec. Con base en datos de la Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos de la CONAGUA (2015), el 42% del agua extraída del acuífero Tenancingo es ocupado para el uso agrícola, el 29% para el uso doméstico, el 25% para el uso público urbano y el 0.6% para el uso industrial. Exceptuando el acuífero de Toluca debido a la pequeña porción que ocupa en la región, el resto de los acuíferos en el área correspondiente a la región VI Ixtapan de la Sal, son ocupados principalmente para usos domésticos-público urbano.

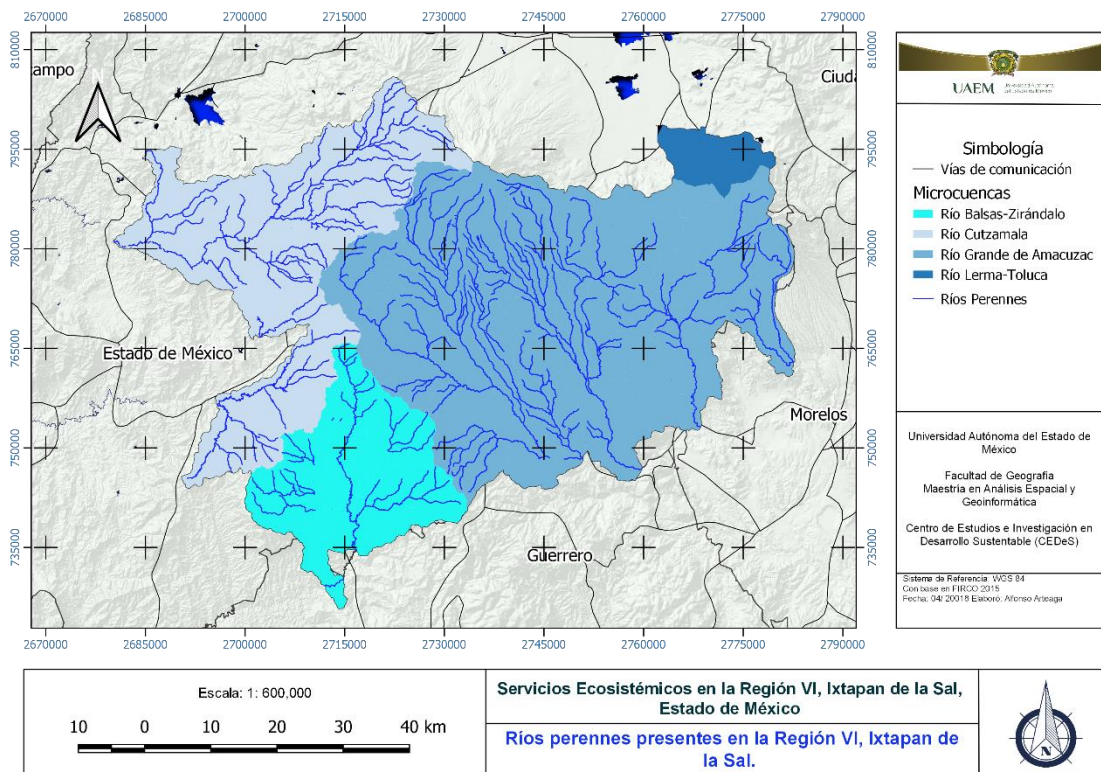


Figura 10. Ríos del Área de Estudio. Elaboración propia con base en INEGI

Edafología

Su edafología (figura 11) cercana al volcán nevado de Toluca está compuesta por suelos Andosoles característicos de los volcanes del Anáhuac de color oscuro, con alta capacidad en retención de humedad y Cambisoles en forma de polvo o caliche, con fertilidad que va de moderado a alto, Vertisoles en la zona Centro característicos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales, presentan altos contenidos de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad, su color más común es el negro o gris oscuro. En las zonas sur de los municipios de Zumpahuacán y Malinalco se encuentran suelos Leptosoles limitados en profundidad por roca dura continua dentro de los primeros 25 cm desde la superficie hasta límite con el estrato rocoso. Luvisoles en los municipios con presencia de climas templados como de Almoloya de A. Coatepec de Harinas, Ixtapan de la Sal y San Simón de Guerrero, este suelo presenta acumulación de arcilla, la vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros. El suelo Phaeozem distribuido en la zona central del municipio de Sultepec, zona noreste del municipio de Zacualpan, San Simón de Guerrero, Texcatitlán, Temascaltepec y Villa Guerrero es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país (INEGI 2001). Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Por último, el Regasol suelo muy poco desarrollado, muy parecido al material de origen y Luvisol suelo que tiene un incremento de

acumulación de arcilla en el subsuelo, se localizan en los municipios de San Simón de Guerrero, Sultepec, Zacualpan, Ixtapan de la Sal y en pequeñas áreas en el municipio de Ocuilan.

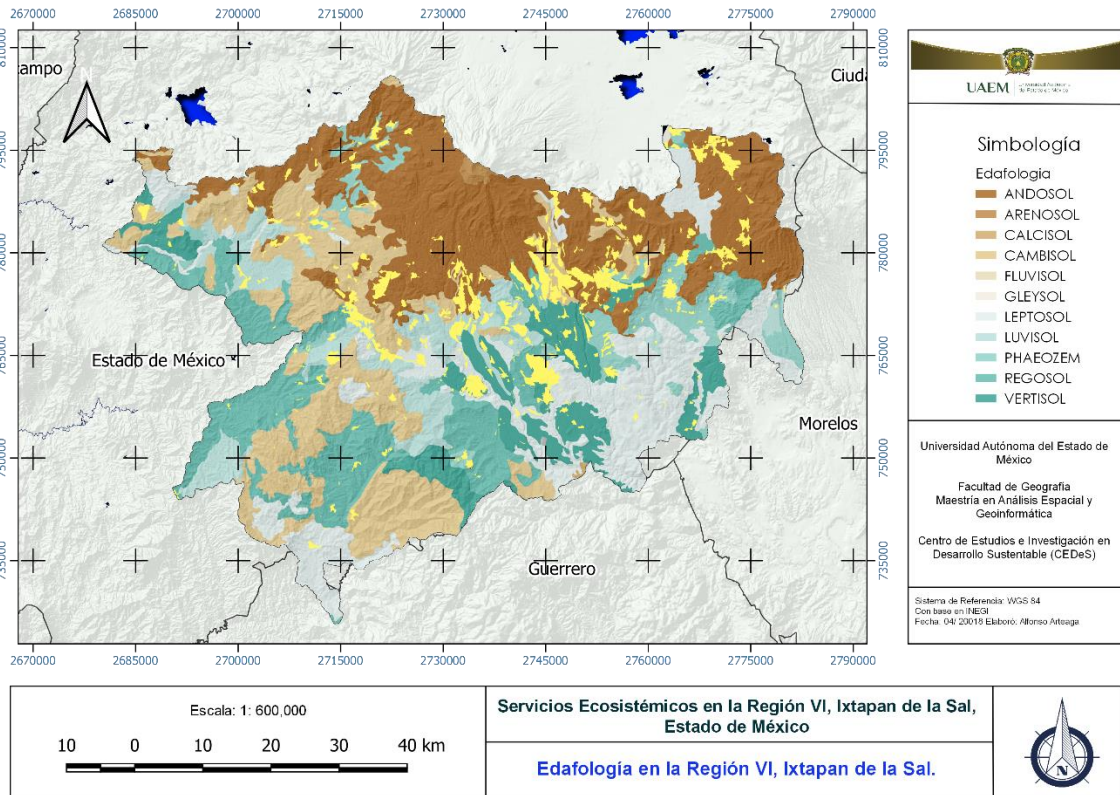


Figura11. Edafología Región VI

Áreas Naturales Protegidas

La región VI cuenta con 11 áreas naturales protegidas (ANP) que ocupan el 29% del territorio regional, localizadas en su mayoría en la zona noreste y noroeste que a continuación se enlistan:

- Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Ocupa porciones de los municipios de Coatepec de Harinas, Temascaltepec, Texcaltitlán y Villa Guerrero.
- Parque Estatal Nahuatlaca- Matlazinca dentro de los municipios Joquicingo y Malinalco.

- Parque Ecológico y Recreativo de Tenancingo en los municipios Malinalco y Zumpahuacán.
- Parque Estatal Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacán.
- *Lagunas de Zempoala en el municipio de Ocuilan.
- Parque Natural de Recreación Popular denominado "Nahuatlaca – Matlazinca" en los municipios de Ocuilan, Malinanco.
- Parque Estatal denominado "Grutas de la Estrella" En el municipio de Tonalco.
- Parque Estatal Picacho de Oro y Plata en el municipio de Zacualpan
- Parque Estatal denominado "Santuario del Agua Presa Corral de Piedra" en el municipio de Temascaltepec.
- "Parque Estatal Tres Reyes" en el municipio de Temascaltepec.
- "Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal" en el municipio de Temascaltepec.

De acuerdo con datos del Gobierno del Estado de México las ANP presentan sobreexplotación de flora y fauna, derivado a la ineficiencia de los planes de manejo, así como a incendios forestales naturales y/o inducidos, plagas, pastoreo, invasión por asentamientos irregulares, contaminación de cuerpos de agua y deterioro de zonas de recarga. En la actualidad se llevan a cabo planes de reforestación en las zonas cercanas al Nevado de Toluca, así como estudios para la implementación de turismo ecológico en toda la región.

Vegetación

La vegetación primaria área de estudio (Figura 12) se distribuye principalmente en las zonas de pendientes agrestes y baja densidad poblacional, sólo 1,095.39 km² (25.44%) de los 4,305.59 km² del total del área de estudio es vegetación primaria. El bosque de pino-encino representa el 34.6% del total de dicha vegetación en el área de estudio, este ecosistema se reconoce como uno de los más biodiversos en el país y a su vez más amenazados. Este ecosistema tiene mayor presencia en los municipios de

Temascaltepec, Joquicingo y Sultepec, sus principales amenazas en el área de estudio son la conversión de áreas forestales a zonas agrícolas, la extracción ilegal de maderas por parte de tala montes y plagas como el muérdago que favorecen la disminución de plantas por km².

Vegetación primaria

El 20.05% de la vegetación primaria está constituida por bosques de pino, característico de zonas altas del país. En el área de estudio encontramos manchones importantes en los municipios de Temascaltepec, San Simón de Guerrero, Texcatitlán, Almoloya de A. y Villa Guerrero, siendo la floricultura y agricultura los principales factores de presión y conversión de uso de suelo. Mientras que el 13.43 % y el 11.6% está ocupado por bosques de encino-pino y oyamel. El bosque mesófilo de montaña representa el 9.7% de la ocupación, este bosque se considera uno de los más amenazados a nivel nacional, se considera que se ha perdido el 90% de este ecosistema en todo el país, es uno de los principales infiltradores de agua, retención de suelo y hábitat de especies endémicas en el país. El bosque de galería, los cuerpos de agua y el tular son los usos de suelos con menor presencia (Cuadro 2).

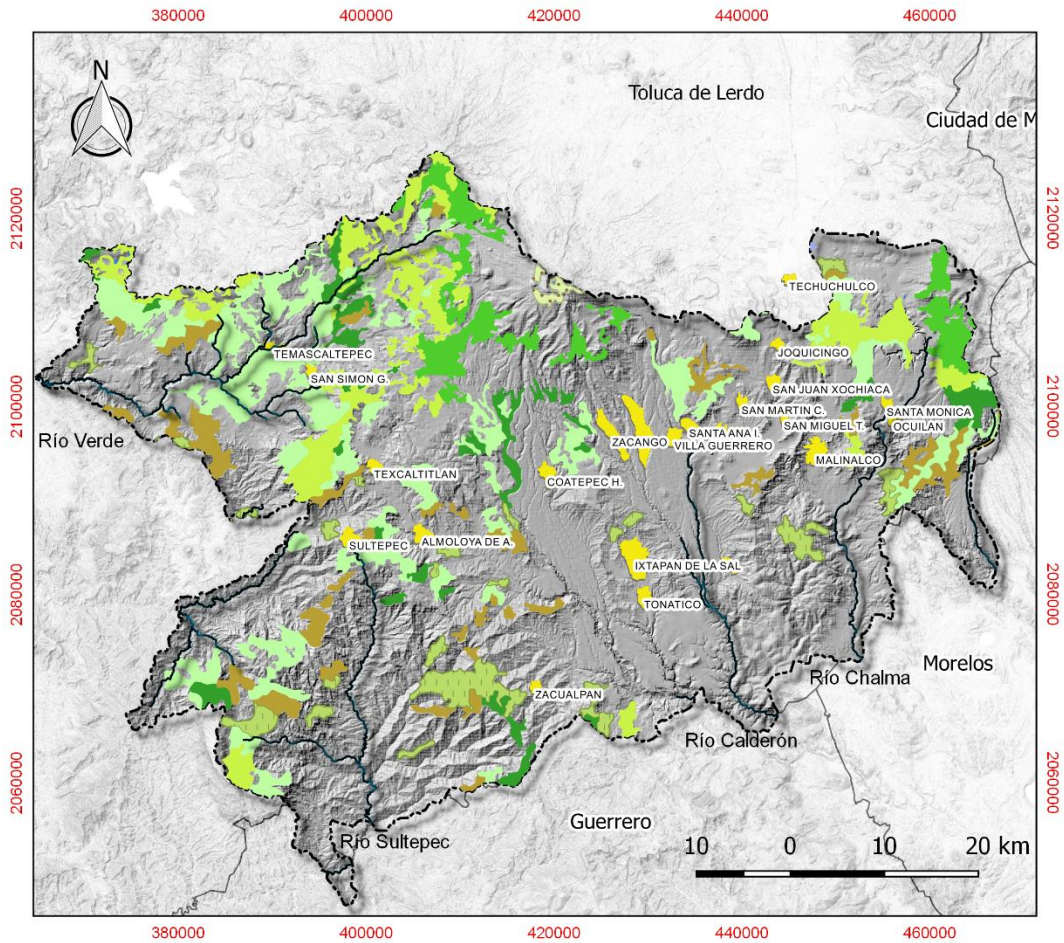
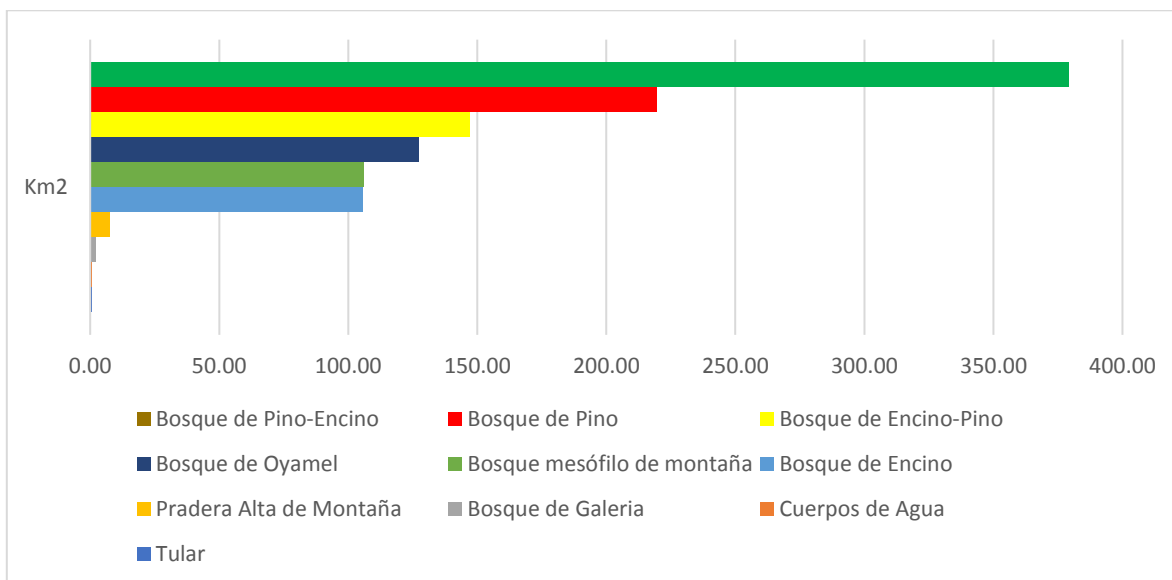


Figura 12. Mapa de vegetación primaria Región VI Ixtapan de la Sal. Elaboración propia con base en Uso de Suelo y Vegetación Versión VI, INEGI.

Tabla 3. Vegetación primaria del área de estudio



Elaboración propia.

Cuadro 4. Tipos de vegetación primaria.

Tipo de vegetación primaria	Km ²
Tular	0.39
Cuerpos de Agua	0.42
Bosque de Galería	2.12
Pradera Alta de Montaña	7.56
Bosque de Encino	105.61
Bosque mesófilo de montaña	106.05
Bosque de Oyamel	127.29
Bosque de Encino-Pino	147.13
Bosque de Pino	219.65
Bosque de Pino-Encino	379.17

Elaboración propia con base en Uso de Suelo y Vegetación Versión VI, INEGI.

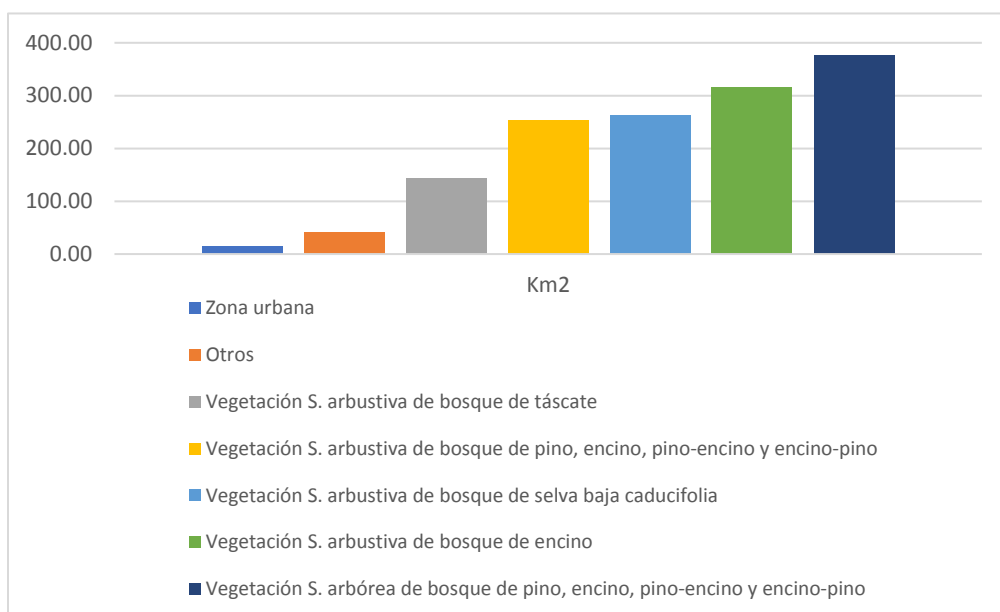
Vegetación secundaria

La vegetación secundaria arbustiva (figura 13) es característica de zonas perturbadas, en el área de estudio ocupa un total de 316.30 km². La vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino es la prevaleciente dentro de esta clasificación, representa el 7.35% del total, seguido de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que representa el 6.11%, con una distribución marcada en las zonas bajas del área de estudio; se atribuye su presencia al abandono de las tierras agrícolas de los municipios de Tonatico, Ixtapan de la Sal, Sultepec y Zacualpan, que han convertido en las últimas décadas el sector terciario en su principal fuente de ingreso. El 8.7% corresponde al conjunto de bosques de encino-pino, encino y pino, ubicados en las zonas altas del área de estudio, mientras que vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate comúnmente asociados a los bosques de pino y encino ocupan un 3.35% (cuadro 3).

Por último, existen pequeños manchones de bosques de oyamel, que pueden llegar a medir entre 40 a 60 metros de altura, localizados en altitudes de 1,700 a 3,500 metros sobre el nivel del mar, sobre pendientes agrestes y en lugares fríos o templados, donde forma bosques húmedos. En la región los encontramos distribuidos en zonas cercanas al pie de monte del volcán Nevado de Toluca y en la zona norte del municipio de Ocuilan, debió a su valor comercial de la madera de oyamel, este se encuentra constantemente amenazado. En la región actualmente la CONAFOR y PROBOSQUE realizan esfuerzos por la conservación de este ecosistema, implementando pago por servicios ambientales en dónde las comunidades y ejidos se involucran en la reforestación de áreas cercanas al APFyF.

Este tipo de vegetación puede ser sustituida o no por una fase arbórea y en ocasiones con el tiempo puede o no dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original, esta última característica la encontramos también en la vegetación secundaria arbórea, sólo que en este caso suele ser vegetación con mayor grado de madurez con respecto a la arbustiva.

Tabla 4. Vegetación secundaria.



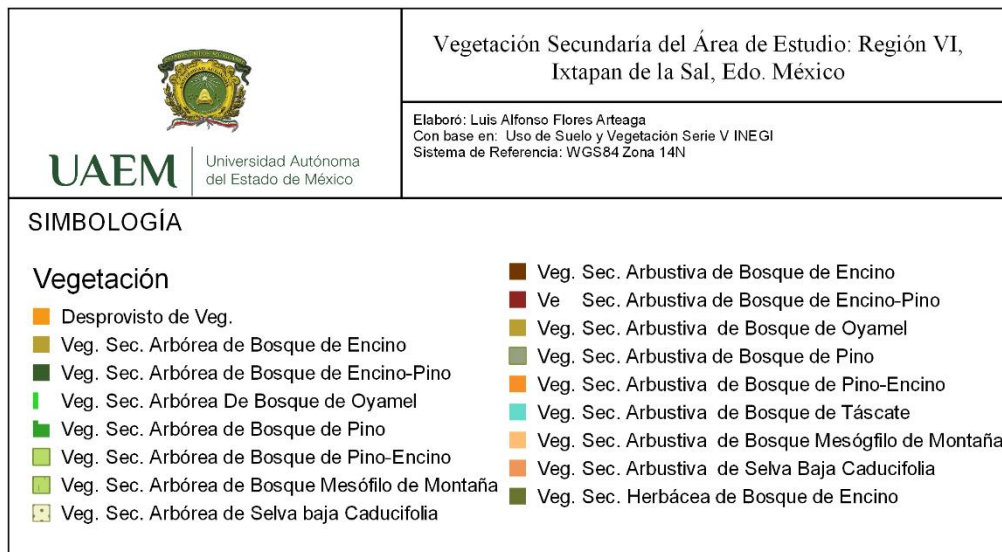
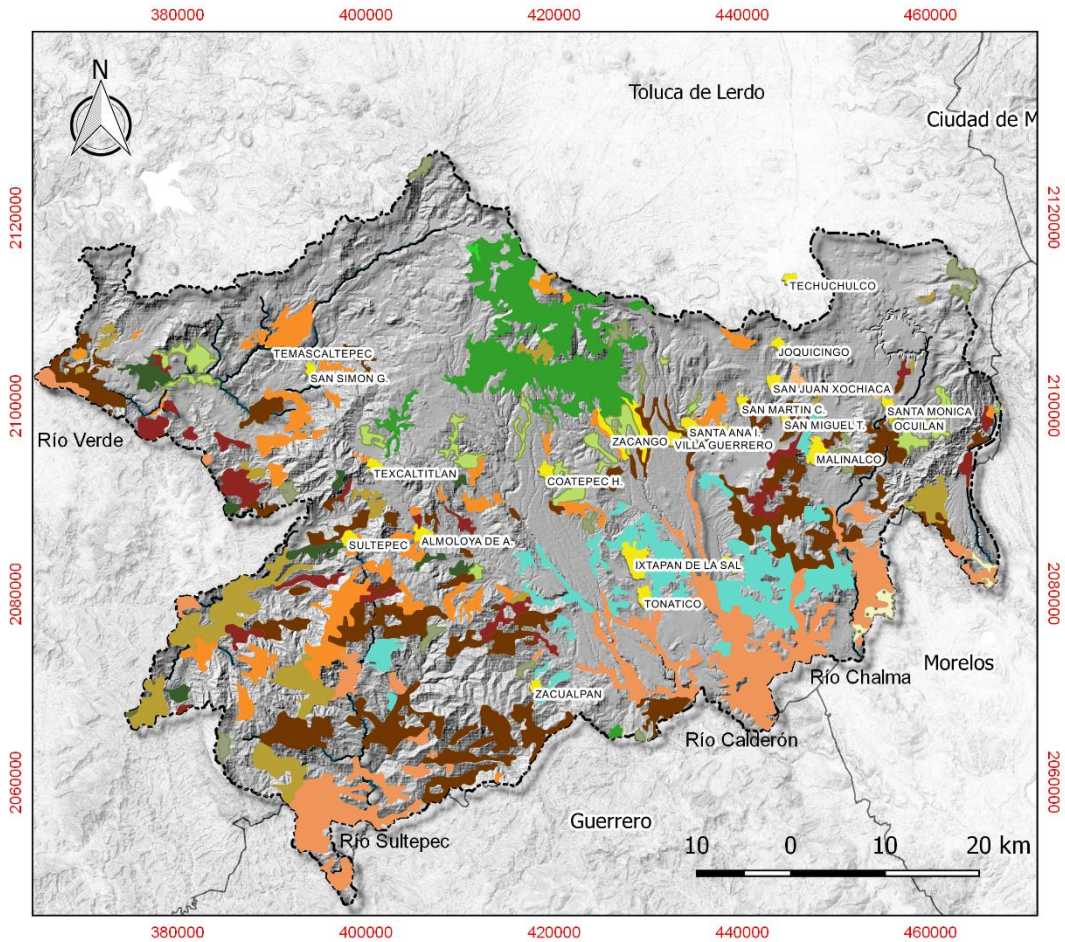


Figura 13. Mapa de vegetación secundaria Región VI Ixtapan de la Sal. Elaboración propia con base en Uso de Suelo y Vegetación Versión VI, INEGI.

Tabla 5. Vegetación secundaria con base en Uso de suelo y vegetación INEGI serie V, elaboración propia.

Descripción	Km2
Vegetación S. herbácea de bosque de encino	0.68
Vegetación S. arbórea de bosque de oyamel	1.21
Vegetación S. arbustiva de bosque de bosque mesófilo de montaña	2.64
Desprovisto de vegetación	6.30
Vegetación S. arbustiva de bosque de oyamel	6.35
Asentamientos humanos	7.11
Vegetación S. arbórea de bosque mesófilo de montaña	7.47
Vegetación S. arbórea de bosque de selva baja caducifolia	10.05
Zona urbana	13.93
Vegetación S. Arbórea de encino-pino	28.45
Vegetación S. arbustiva de bosque de pino	29.30
Vegetación S. arbórea de bosque de pino-encino	54.69
Vegetación S. arbustiva de bosque de encino-pino	74.31
Vegetación S. arbórea de bosque de encino	113.10
Vegetación S. arbustiva de bosque de táscate	144.31
Vegetación S. arbustiva de bosque de pino-encino	149.39
Vegetación S. arbórea de bosque de pino	180.28
Vegetación S. arbustiva de bosque de selva baja caducifolia	263.22
Vegetación S. arbustiva de bosque de encino	316.30

Descripción socioeconómica

El Estado de México es el principal productor de flores de corte del país, aportando el 80 por ciento de la producción nacional; cuenta con una superficie sembrada de 4,945 hectáreas, los principales productores se localizan en los municipios Coatepec Harinas, Villa Guerrero, Tenancingo, Zumpahuacán, Malinalco e Ixtapan de la Sal, que concentra 4,055 hectáreas dedicadas a producir flores y ornamentales (Cardeño *et al*/2015). Entre las variedades cultivadas destacan: crisantemo, clavel, rosa, gladiola, liliun y gerbera. Las condiciones climáticas, hidrológicas y de cubierta vegetal de la región, favorecen el desarrollo de actividades agropecuarias mismas que ocupan según el shapefile de usos y vegetación del suelo INEGI versión V un total de 117,7744 hectáreas (Figura 14).

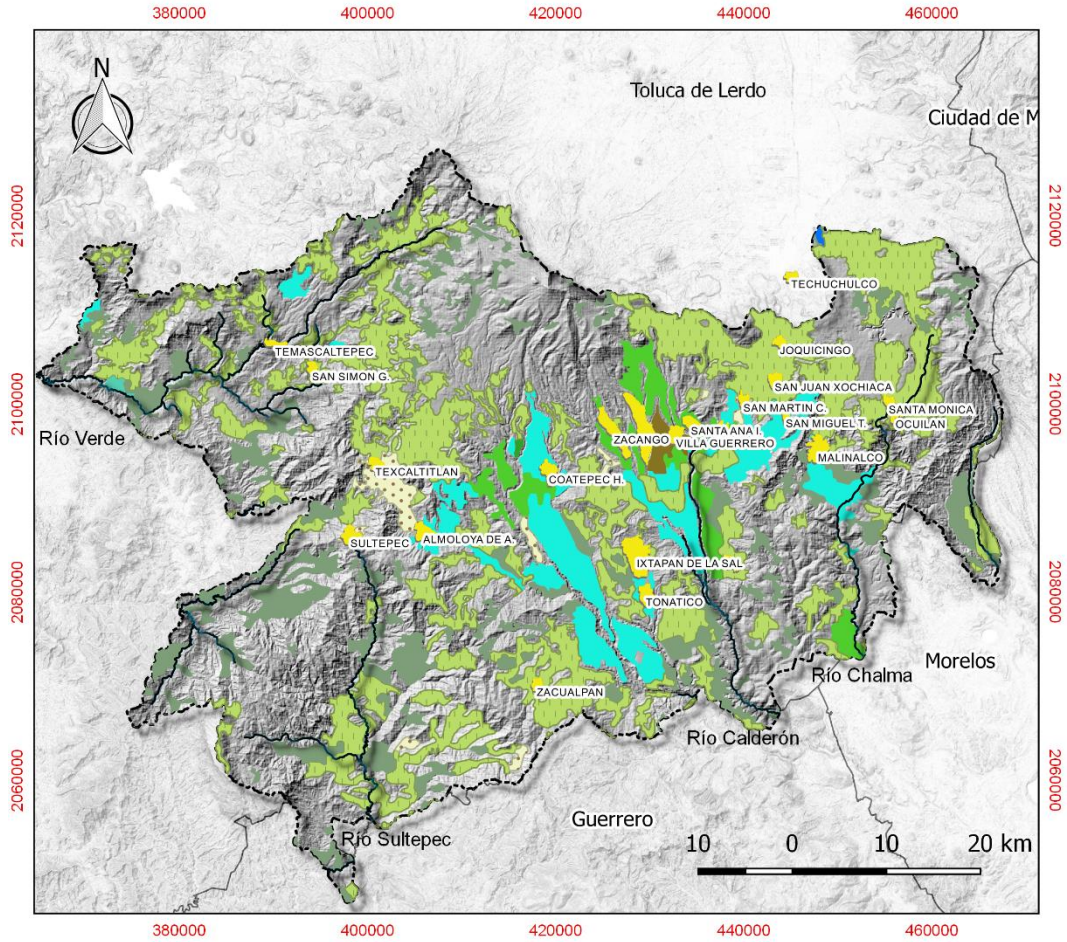


Figura 14. Distribución de las zonas de cultivo Región VI Ixtapan de la Sal.
 Elaboración propia con base en Uso de Suelo y Vegetación Versión VI, INEGI

Debido a la floricultura intensiva caracterizada por el uso intensivo de agroquímicos y en el caso de la región el mal manejo de los residuos que estos generan, los impactos ambientales que se han derivado son la sobreexplotación y contaminación de ríos y mantos freáticos, así como disminución de la productividad y erosión del suelo., pérdida de cubierta vegetal, enfermedades como el cáncer y mal formaciones físicas. Su ubicación dentro de la zona de ecotono, es decir en un área de transición entre ecosistemas limítrofes en la que éstos interactúan entre sí, proporcionando a la zona de ecotono propiedades particulares que no existen en ninguno de los ecosistemas adyacentes, explica su perfil productivo sectorial internamente, se identifican subregiones productivas, concebidos incluso como polos de atracción local, debido a ser las principales generadoras de economías de escala.

Algunas otras actividades como la ganadería, la panificación y la alfarería, a pesar de ser relevantes a nivel local, pierde importancia en la región, por lo que se consideran labores complementarias y de bajo impacto regional. Por ejemplo, en los municipios de Almoloya de Alquisiras, San Simón de Guerrero, Sultepec, Temascaltepec y Texcaltitlán ubicados al poniente de la región, las condiciones físico-geográficas favorecen el cultivo de maíz, aguacate, durazno, chícharo, jitomate, haba verde, en menor escala caña de azúcar, pasto y avena forrajera, entre las más importantes. En municipios como Joquicingo, Ocuilan y Tonatico, enclavados al oriente, se cultiva maíz, haba verde, papa, lechuga, chícharo, zanahoria, avena forrajera, cebolla, chile verde y jitomate. En términos pecuarios, resalta la producción en leche, carne en canal de bovinos, porcinos, ovinos, caprinos y de algunas aves. De hecho, en la localidad de El Platanar la cría de ganado vacuno es una de las actividades que más sobresale de este subsector de actividad (Rodríguez *Et al*/2016).

Las actividades productivas de la región explica su base económica, por lo que no sólo se considera y se ha convertido en un centro de abasto, sino en un espacio de

recreación para la población local, y para los habitantes de las zonas metropolitanas de los valles de la Ciudad de México y Toluca, que representa una alternativa de asentamiento humano atraídos por los fraccionamientos campestres que en la región se ofertan particularmente en los municipios de Villa Guerrero, Tonatico e Ixtapan de la Sal, en estos dos últimos municipios la población flotante es atraída por los balnearios y grutas que ahí se presenta, al mismo tiempo esta dinámica es favorecida por la conectividad, la accesibilidad, la cercanía, el clima y la vegetación, factores que intensifican los vínculos territoriales de diferente naturaleza.

Distribución de los ecosistemas de la región VI

Los ecosistemas en toda la región se encuentran amenazados debido a las actividades económicas que en ella se desarrollan, siendo la florícola el factor de presión más significativo. Este factor produce pérdida del suelo por contaminación y compactación, pérdida de hábitat por ser una actividad intensiva, conversión de suelos agrícolas a florícolas, remoción de vegetación en zonas de laderas pronunciadas, etc.

Otro ecosistema presente en la región y característico por ser hábitat de diversas especies, prestadoras de servicios ecosistémicos como el de regulación climática y ciclo de nutrientes, así como riqueza genética es el bosque mesófilo de montaña, uno de los más amenazados del país, ocupando sólo el .9% del territorio nacional, en la región representa 11,615.4 ha.

Otro aspecto interesante de resaltar es la recuperación de área ocupada por selva baja caducifolia en la zona sureste de la región, en donde este tipo de vegetación en comparación con la versión IV y III de INEGI ha ganado ha. Debido tal vez al cambio de actividades primarias a tercerías en dicha parte de la región. Aunque existe bibliografía que indica la presencia de deslizamientos en la región, los cuales

representan también pérdida de ecosistemas, estos no son significativos para este estudio.

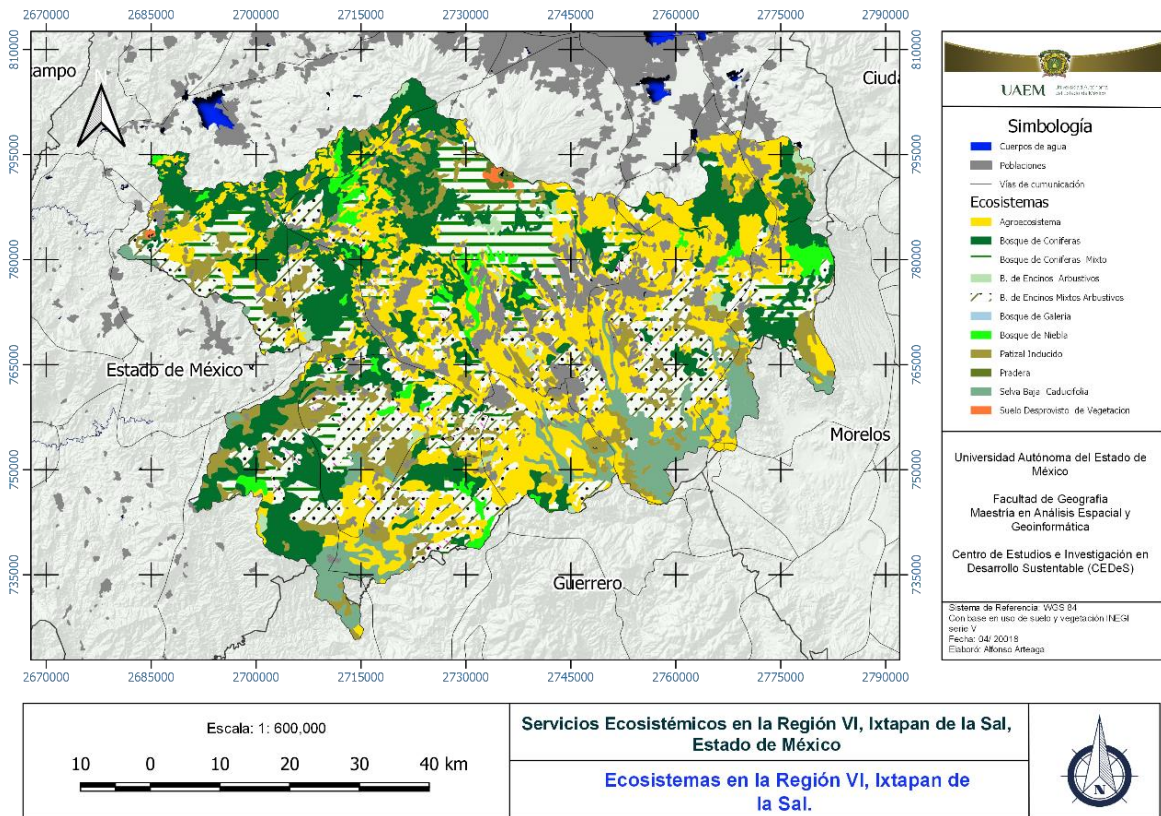


Figura 15: Mapa de Ecosistemas en el área de estudio, región VI, Ixtapan de la Sal, Estado de México.

Elaboración propia, con base en INEGI Uso de Suelo y Vegetación Serie V

Los ecosistemas de la región en especial el compuesto por *Abies religiosa* o bosque de Oyamel según Pérez Miranda *Et al* 2014, bajo diversos escenarios de cambio climático esta especie arbórea podría ver reducido su área de distribución potencial hasta en un 80% según los modelos de circulación de la atmósfera Had y ECHAM, y de 60 % con el GFDL, mientras que a distribución actual en escenarios de cambio climático del Pino montezumae según Arriaga y Gómez (2004) presentaría una disminución de 10.59 %.

En general, las investigaciones sugieren el incremento de climas cálidos húmedos y secos, estos climas tienen presencia en las zonas bajas del área de estudio (sur), en

dónde las selvas bajas tienen mayor presencia, estos estudios consideran que mientras los climas cálidos verán su incremento otros como los templados fríos y semicálidos serán más sensibles y en algunos escenarios pesimistas se estima la desaparición de los mismos esto debido al incremento de temperatura, lo que afectaría particularmente la zona cercana al área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca en dónde este clima tiene presencia. Algunos autores como Villers y Trejo (2004) consideran que en el futuro la vegetación tropical seca, muy seca y espinosa ganará terreno a los bosques; en consecuencia, las áreas de distribución potencial de especies nativas de climas templados húmedos y fríos serán a menor, con ello su densidad arbórea, capacidad de dispersión, migración y adaptación se verán severamente afectados (Walther *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2004).

Los ecosistemas selváticos han sido tradicionalmente fuente de materia prima para usos domésticos, diversidad plantas medicinales y de ornato, a su vez es hábitat de especies animales para la subsistencia de comunidades rurales e indígenas. Algunos de los servicios ecosistémicos que este tipo de ecosistema prestan son el ciclo de nutrientes, regulación del agua, prevención de la erosión y formación de suelos, son hábitat de polinizadores importantes para la conservación genética y producción de alimentos.

Según la CONABIO los principales factores de presión sobre los ecosistemas selváticos son el cambio de uso de suelo para dedicarlo a agricultura o ganadería. Otras amenazas más difíciles de cuantificar, pero evidente es la extracción de flora para la venta de especies de silvestres de ornato, así como la extracción de manera para fines económicos, ambas afectan la capacidad del ecosistema para mantener su funcionamiento y sus servicios ambientales.

Los ecosistemas de esta región tienen gran valor para la conservación ya que hábitat de diversas especies de flora y fauna que se encuentran en categorías de riesgo (NOM-

059-SEMARNAT-2010) tal vez la más representativa de ellas el teporingo especie endémica y en peligro de extinción.

Servicio ecosistémico culturales

La actividad económica del turismo en la región se desarrolla específicamente en la zona de Ixtapan de la sal y Tonatico (Figura 16) , el primero catalogado dentro de los pueblos mágicos de México, esta zona es conocida por sus servicios de recreación materializados en sus balnearios que son reconocidos a nivel regional. Existen zonas emergentes cercanas al área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca en dónde el ecoturismo y turismo de montaña comienzan a desarrollarse, en lugares como Chalma el servicio ecosistémico turismo religioso representa uno de los pocos ejemplos del estado, ya que es el cuerpo de agua cercano al templo del santo de Chalma que funge como el centro de atracción de los feligreses.

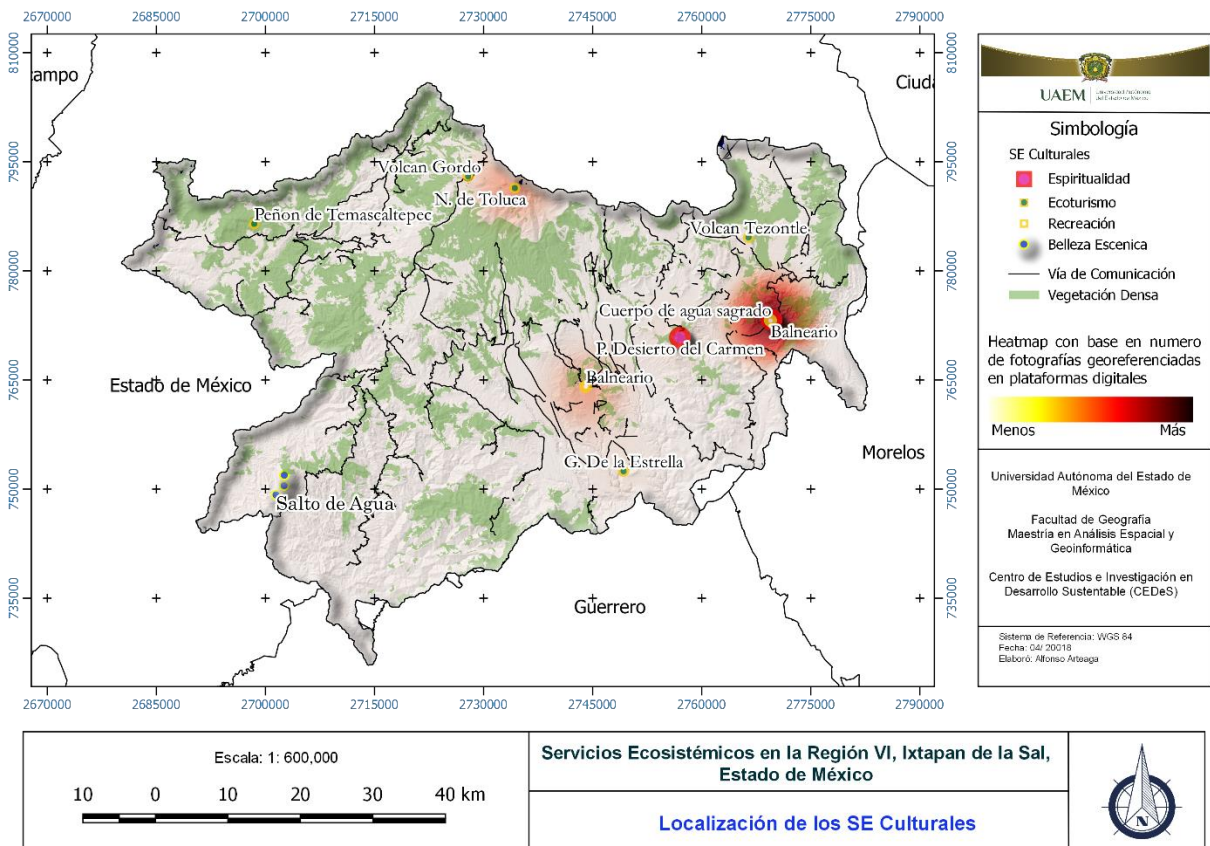


Figura 16. Mapa de Servicios ecosistémicos culturales, Región VI Ixtapan de la Sal, Estado de México.

Algunos de estos centros turísticos pueden desaparecer en un futuro, ya que dependen directamente de las zonas de recargas cercanas al volcán Nevado de Toluca, mismas que han sido deforestadas debido a las actividades económicas antes mencionadas, así como la pérdida de paisajes que son atractivos turísticos de la región derivados del cambio climático que disminuiría la precipitación y aumentaría las temperaturas.

Servicio ecosistémico alimentación y materias primas

Según la FAO el mundo produce actualmente lo suficiente como para alimentar a la población mundial de 7 000 millones de personas. Se estima que en la actualidad se produce un 17 % más de alimentos por persona que hace 30 años, pero este no está distribuido de manera equitativa, por ejemplo en nuestro país se estima que el 37% de los alimentos son desperdiciados es decir más de 10 millones toneladas (SEDESOL, 2017) esto representaría el acceso a la seguridad alimentaria de más de 7 millones de mexicanos al año, de todos los servicios ecosistémicos la producción de alimentos es uno de los que han mostrado una constante tendencia ascendente en la historia reciente. Cabe mencionar que a pesar de ser un servicio ecosistémico este representa uno de los principales factores de presión sobre el resto de los servicios, el uso irracional extensivo e intensivo de los suelos para la agricultura y ganadería han generado efectos tan graves que ponen en peligro su potencial productivo en el futuro.

En la región existen 72,581 terrenos destinados a la agricultura, en conjunto cubren un total de 138,508.39 hectáreas destinadas a la agricultura (Actualización del Marco Censal Agropecuario 2016 INEGI), la producción agrícola de la región se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Producción agrícola de los tres cultivos principales por municipio, Región VI

	Maíz de grano	Avena forrajera	Aguacate	Pastos	Durazno	Chícharo	Frijol	Cebolla	Fresa
<i>Almoleya de Alquisiras</i>	2,756	320	492	*	*	*	*	*	*
<i>Sultepec</i>	4,331	*	*	4,510	190	*	*	*	*
<i>Coatepec de Harinas</i>	3,176	2,762	1,796	*	*	*	*	*	*
<i>Temascaltepec</i>	4,935	930	*	2,090	*	*	*	*	*
<i>Ixtapan de la Sal</i>	1,075	*	*	*	*	*	260	340	*
<i>Joquicingo</i>	1,982	*	110	*	*	215			*
<i>Tenancingo</i>	2,114	*		*	*		232	360	*
<i>Malinalco</i>	3,205	*	219	*	*	347	*	*	*
<i>Villa Guerrero</i>	1,490	*	224	*	*	*	*	*	152
<i>Ocuilan</i>	3,410	1,280	*	*	*	1,810	*	*	*

Elaboración propia con base en SEDAGRO, 2015

Se observa una consolidación del maíz de grano como principal cultivo en la región más de 28,472 hectáreas son destinadas a su producción, sobre las 5,526 hectáreas de producción de avena forrajera y las 3,162 del cultivo aguacate. Posibles escenarios ante el cambio climático generados por Ceclia Conde en 2000 sugieren que los incrementos de temperatura en zonas de cotas superiores a los 2,000 MSNM podrían propiciar un desplazamiento de las condiciones favorables para la agricultura de cereales hacia dichas altitudes, en un rango de 150 a 200 km, o bien, entre 150 y 200 metros más en altura. No obstante, el desarrollo de los cultivos quedaría aún condicionado por las variaciones y eventos hidrometeorológicos como la radiación solar, la precipitación y eventos extraordinarios como vientos del norte, tornados, granizadas y heladas, en color rojo se muestran aquellos cultivos que tuvieron pérdidas entre la superficie sembrada y cosechada.

Por su parte la floricultura en el año de 1994 inicia un proceso de expansión a nivel nacional, pero particularmente beneficiando los municipios de Villa Guerrero y Tenancingo mediante la implementación de una política llamada reconversión de cultivos del Programa Nacional de Modernización del Campo (Pronamoca), que visualizó a la agricultura ornamental como una alternativa de negocios viable y rentable para el desarrollo rural. Después de dicha implementación es la SEDAGRO quién en los años 2001-2002 crea un proyecto integral para la comercialización y producción de flores en el Estado de México con la finalidad de fomentar el desarrollo del sistema productivo regional florícola (Orozco Hernández, María Estela 2007).

En la actualidad la producción florícola de México tiene su mayor abasto en la llamada cuenca florícola del alto Amacuzac. en dicha área los municipios de Villa Guerrero, Coatepec de Harinas y Tenancingo concentran gran parte de la producción nacional florícola produciendo principalmente crisantemo, clavel, rosa gruesa y gladiola en estos tres municipios dicha actividad económica tiene un valor en miles de pesos de 2015 2,919,470.19 (SEDAGRO, 2015).

El total del área dedicada a la actividad florícola en el área de estudio es de 21,404 hectáreas (Figura 18), mientras que el área destinada a la agricultura 56,523.59 hectáreas (Figura 17).

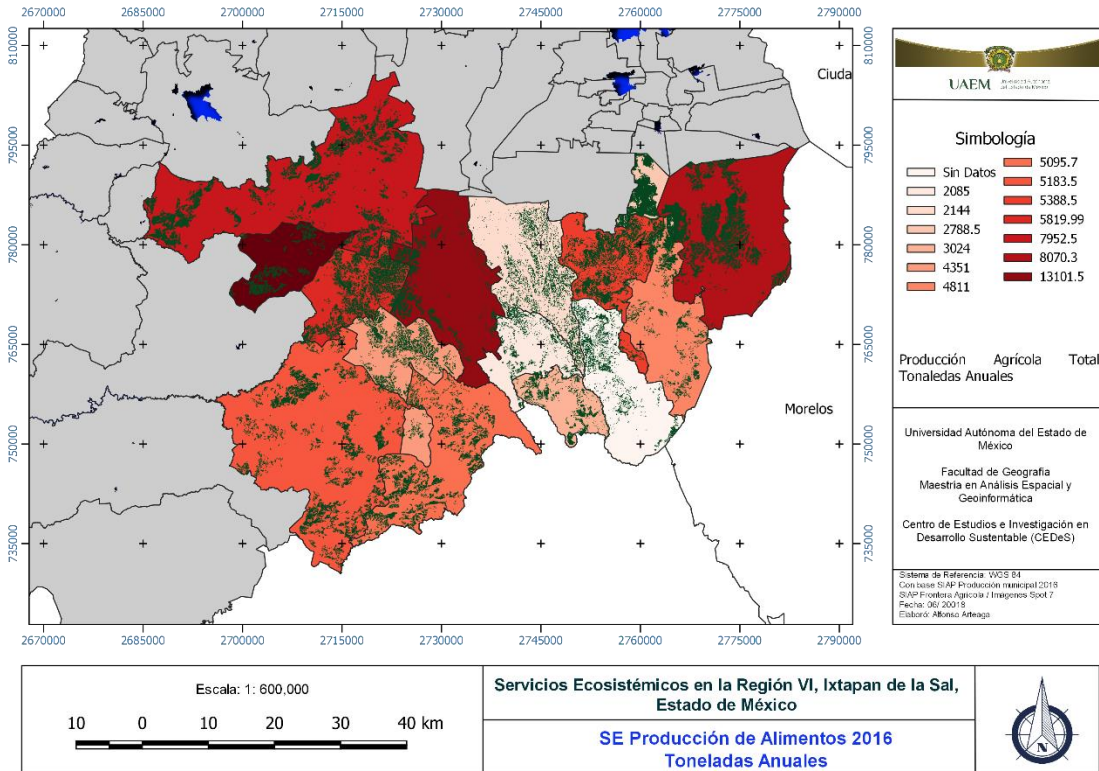


Figura 17. Distribución de los Servicios Ecosistémicos de Alimentos Región VI Ixtapan de la Sal, Estado de México. Elaboración propia con base en SIAP, SPOT 7.

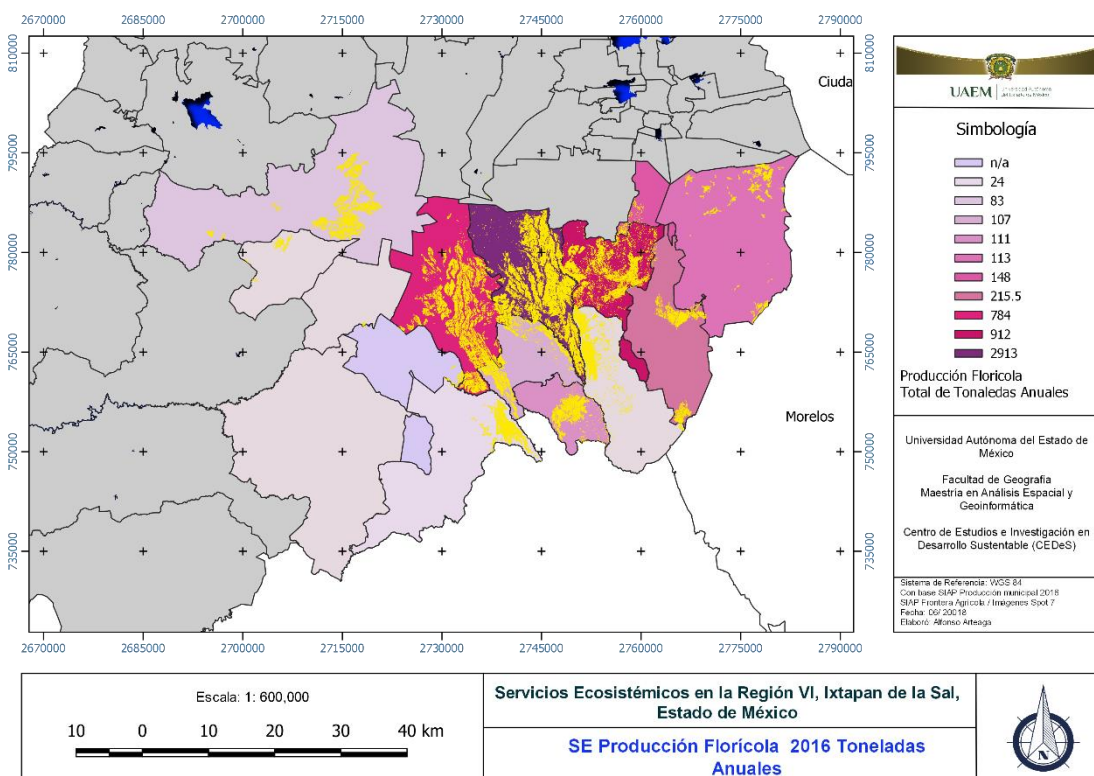


Figura 18. Distribución de los Servicios Ecosistémicos Floricultura Región VI Ixtapan de la Sal., Estado de México. Elaboración propia con base en SIAP, SPOT 7.

Servicio ecosistémico almacenamiento de carbono

El servicio ecosistémico almacenamiento de carbón es tal vez el que mayor visibilidad ha tenido en los últimos años, debido a la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales por parte del programa Pro-árbol de la CONAFOR, el cual tiene como finalidad mantener y aumentar la cubierta vegetal de las zonas forestales del país, si bien ha tenido resultados aceptables, este programa no considera el aspecto sistémico de los servicios prestados por las zonas forestales enfocándose en la remediación y no en la concientización de las comunidades acerca de la importancia

de mantener los bosques y selvas. A pesar de ello en zonas cercanas a las faldas del volcán Nevado de Toluca se han logrado reforestar exitosamente. Una de las debilidades más significativas de este programa ha sido el bajo costo que se paga a los dueños de terrenos forestales por la conservación de la cubierta forestal, lo que en algunos casos lleva al productor desistir de dicho programa. Otro aspecto importante es el acaparamiento de estos apoyos por parte de grandes tala montes, quienes aprovechan este esquema de pago a la par de explotar de manera poco sustentables zonas no sujetas a este programa.

Para el análisis de la capacidad de almacenamiento de carbono en bosques y selvas en la región VI del estado de México se utilizaron los polígonos continuos, es decir aquellos que conservaran una continuidad en la poligonal de cada tipo de vegetación para la determinación del total de toneladas almacenadas. Con base en esto tenemos un total de 6,067,735 ton. almacenadas en 2005 (Cuadro 8), siendo el bosque de encino el que mayor capacidad de almacenamiento presenta en esta temporalidad, seguido por el bosque de pino y en tercer lugar el bosque de oyamel, a pesar de ser este último el que mayor capacidad de almacenamiento toneladas por hectárea las poligonales (hectáreas) presentes en la región son menores, debido al cambio de uso de suelo. En lo general la zona de pendientes agrestes cercanas al área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca y al municipio de Temascaltepec son las zonas mejor conservadas y con ello las zonas con mayor almacenamiento, en contra parte las áreas pertenecientes a la cuenca florícola del estado de México y zonas bajas en donde se localiza la selva baja caducifolia (figura 19), en conjunto las zonas de bosques y selvas presentan zonas de fragmentación importantes en las áreas de pendiente suave, principalmente generado por actividades agrícolas y pecuarias propias de la región.

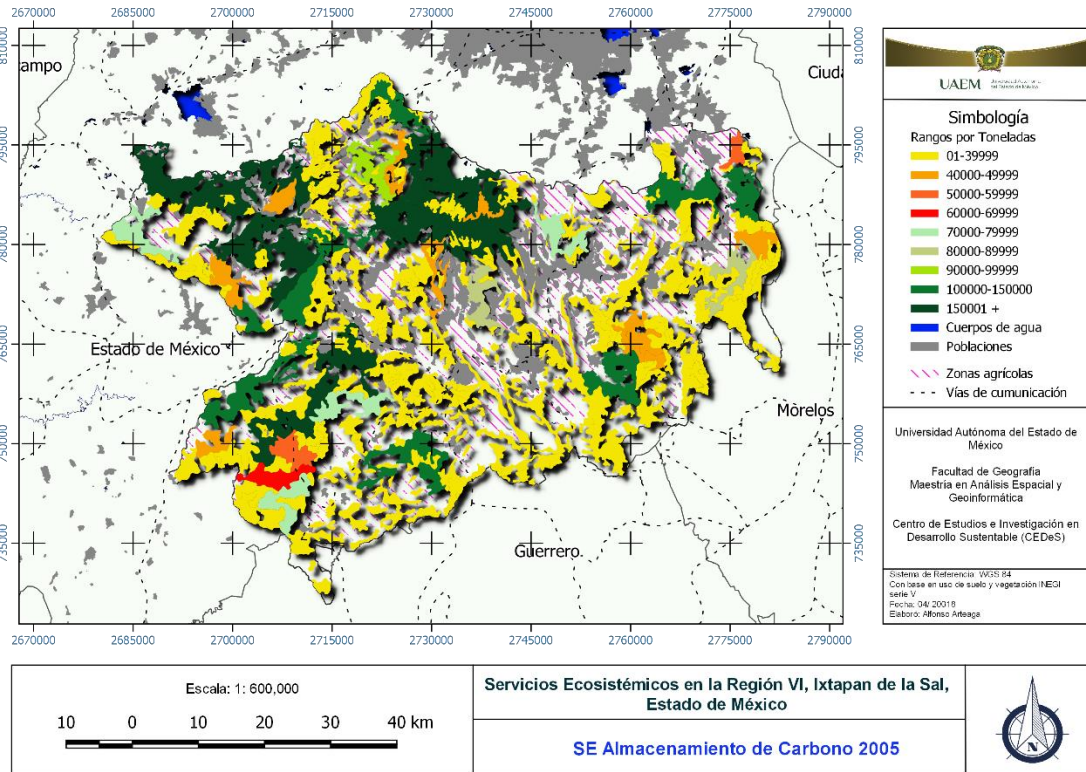


Figura 19. Mapa de almacenamiento total de carbono total por tipo de vegetación, Región VI, Ixtapan de la Sal, Estado de México. Elaboración propia con base en Uso de Suelo y Vegetación INEGI versión V.

Cuadro 8. Total de toneladas de carbono almacenado en bosques y selvas del área de estudio 2005.

Tipo de bosque	Ton/Ha.	Hectáreas	Total de ton. de carbono almacenado
Selva B. Caducifolia	3.24	24,787.70	80,042
Encino-Pino	21.71	21,909.46	473,817
BMDM	26.64	11,268.46	299,005
Encino	28.39	104,612.64	2,958,605
Pino-Encino	31.39	5,681	160,621
Pino	31.48	39,703.04	1,244,612

Oyamel	63.36	13,489.83	851,033
TOTAL			6,067,735

Elaboración propia con base Uso de Suelo y Vegetación Serie V.

La región VI, tiene en las actividades agrícolas sus principales factores de presión: la alta densidad de invernaderos para la producción de flor en los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo y Coatepec de Harinas, las zonas agrícolas de Zumpahuacán, Ocuilan, Tonatico han mermado la capacidad de almacenamiento que los bosques y selvas de la región, en una comparativa con la capacidad de almacenamiento para el 2013 con base en el uso de suelo y vegetación de INEGI versión V, la capacidad de almacenamiento de la región presento una recuperación principalmente en las zonas de selva baja caducifolia, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino y Oyamel(Figura 20), esto se traduce en un aumento de la capacidad de almacenamiento en 2013 (Cuadro 8), pero con una mayor fragmentación en zonas de Pino y Oyamel.

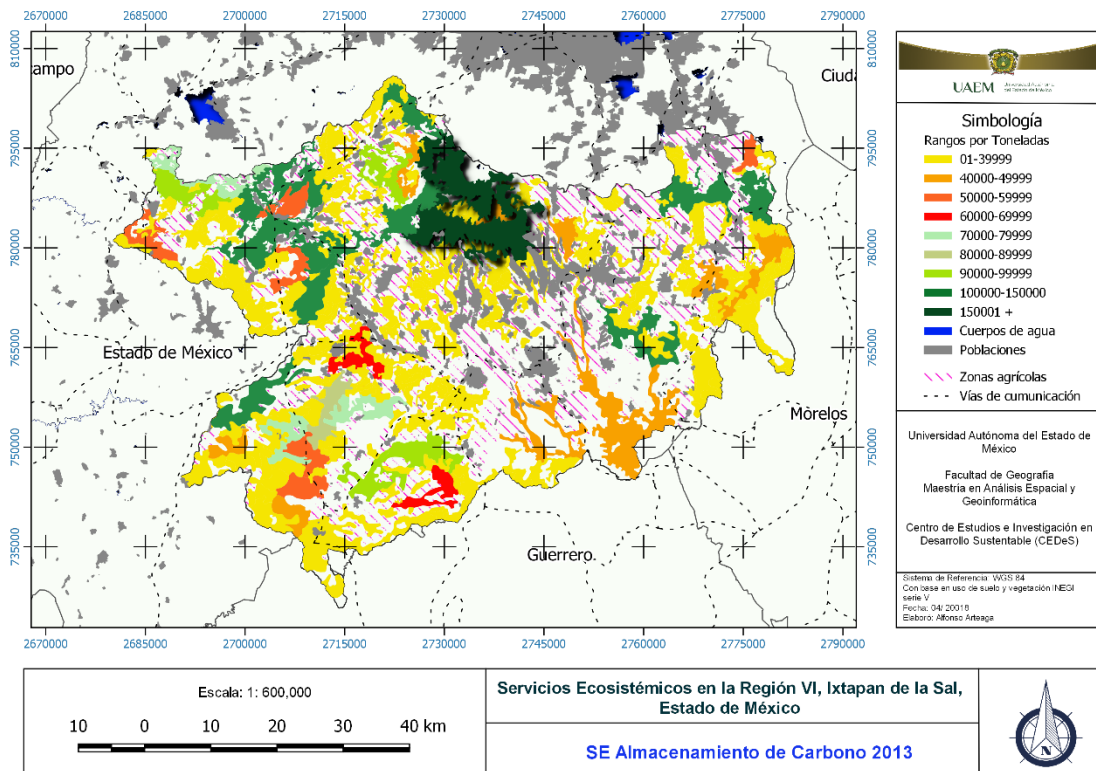


Figura 20. Mapa de almacenamiento total de carbono total por tipo de vegetación, Región VI, Ixtapan de la Sal, Estado de México. Elaboración propia con base en Uso de Suelo y Vegetación INEGI versión V.

Cuadro 8. Total de toneladas de carbono almacenado en bosques y selvas del área de estudio 2013.

Tipo de Bosque	Ton/Ha.	Hectáreas	Total, de Toneladas de Carbono Almacenado
Selva B. Caducifolia	3.24	27,326.97	88,539
Encino-Pino	21.71	22,143.79	542,513.3
BMDM	26.64	11,615.45	309,435.5
Encino	28.39	53,567.77	1,520,795.52
Pino-Encino	31.39	58,324.60	1,830,809.7
Pino	31.48	42,922.39	1,351,197.3
Oyamel	63.36	13,484.52	854,379.5
			6,497,670

Con base Uso de Suelo y Vegetación Serie V, elaboración propia

Erosión Potencial Hídrica

El suelo es una parte fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas; en él se realizan funciones tan importantes como los ciclos biogeoquímicos y la captura de agua. Su formación involucra periodos que pueden llegar a miles de años, pero su degradación, algunas veces irreversible, puede realizarse en periodos considerablemente más cortos.

La degradación potencial es la estimación de las pérdidas, arrastre o transporte de partículas de suelo que sucedería en un escenario de poca o nula cubierta vegetal esta puede aumentar a partir de los siguientes factores: la lluvia, los escurrimientos, la erodabilidad de los suelos y el relieve (Moreira-Madueño, 1991; Centro de Información de Recursos Naturales, 2010).

La erosión hídrica de los suelos ocasiona impactos que han sido ampliamente estudiados, con temáticas como: los procesos de erosión y sedimentación en cauces y cuencas del Programa Hidrológico Internacional de la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la pérdida de suelo y nutrientes (Martínez-Casasnovas y Ramos 2006; Maass et al 1988), pérdida de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo del suelo (Francisco-Nicolás *Et Al*/2006) , la degradación del suelo en México dentro del informe de la situación del medio ambiente en México de la SEMARNAT y las consecuencias ambientales ocasionadas por la pérdida de servicios ecosistémicos brindados por los suelos (Barrios 2007; Hodson y Dixon 1988).

Según datos del INEGI retomados por Helena Cotler y colaboradores (2007) "las consecuencias de la degradación de suelos sobre las actividades agropecuarias son notorias en México. Según el VIII Censo Agropecuario (INEGI 2007) durante el ciclo primavera-verano 2007 más de un cuarto de las unidades de producción con superficie

agrícola del país (31%) no fueron sembradas, aduciendo que el suelo estaba erosionado, con baja fertilidad o bien que se dejó descansar”.

La pérdida de cobertura vegetal en el área de estudio es un factor predominante para la pérdida de suelo, a la par de esta problemática la contaminación y compactación del suelo son variables presentes, debido a la floricultura y agricultura. La pérdida acelerada del suelo se traduce de manera inmediata en el bajo rendimiento parcelario, pérdida de seguridad alimentaria, pobreza, etc. A su vez significa la pérdida de hábitat para especies, disminución del servicio ecosistémico ciclo de nutrientes, entre otros.

Este servicio ecosistémico presenta una distribución variada en toda la región (Figura 21), siendo las zonas norte y sureste las que mayor retención del suelo presentan, se observa una correlación entre cobertura vegetal y una mayor capacidad de los ecosistemas en retención del suelo, otro aspecto a considerar importante es la pendiente ya que existen zonas planas que, a pesar de no presentar cubiertas vegetales densas, la pérdida de suelo es normal. En la cuenca florícola encontramos valores bajos debido a la poca inclinación de las zonas de invernaderos, así como la misma actividad florícola, que si bien es responsable directamente de la pérdida y contaminación del suelo estas se ven reflejadas cuencas abajo. Para la comparación entre 2005 y 2013 a nivel regional la escala y poco tiempo de análisis dio por resultado un mapa muy similar en pérdida potencial toneladas por año, por lo que se considera inválida dicha comparación ya que el resultado sería poco confiable.

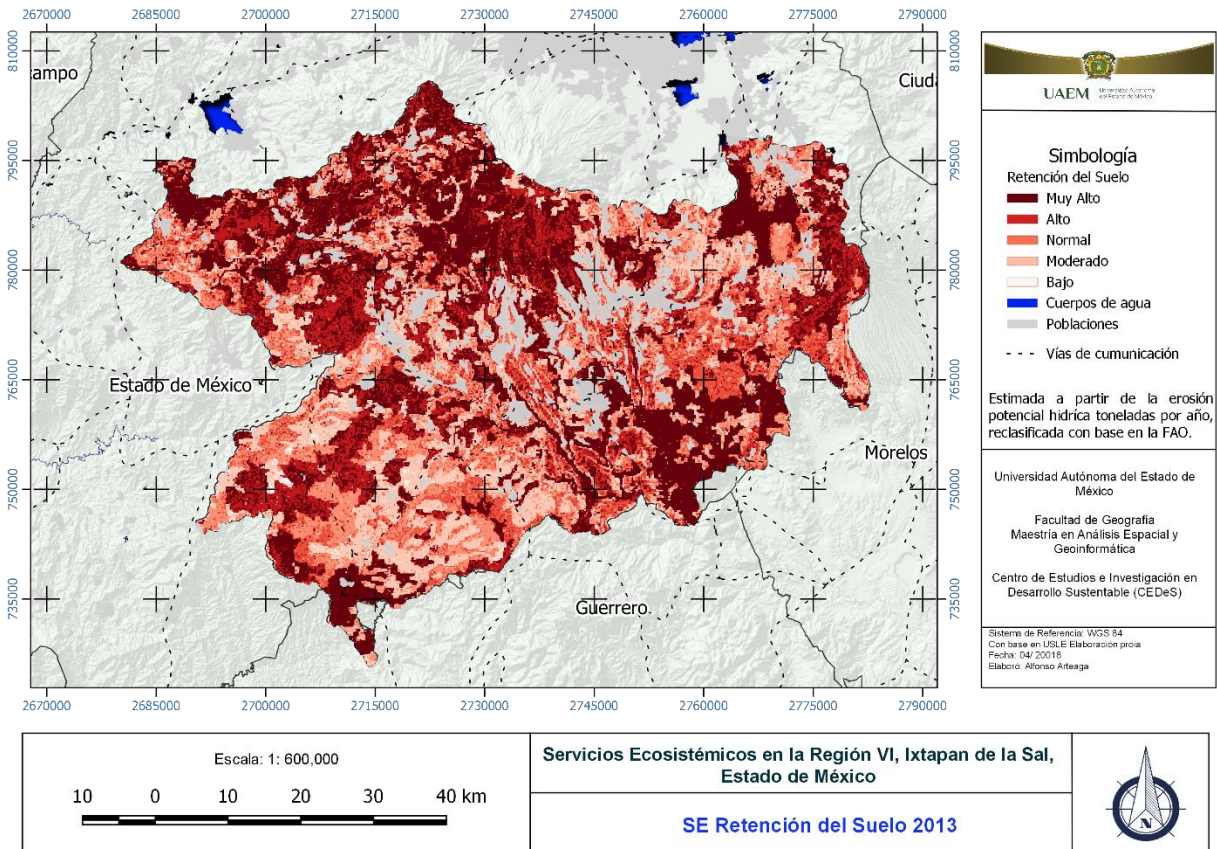


Figura 21. Mapa de distribución potencial hídrica en la región VI Ixtapan de la Sal, Estado de México. Elaboración propia.

Conclusiones

El estado de México por su ubicación presenta ecosistemas diversos, en particular la zona sur-este del estado conserva grandes áreas de bosques, que si bien son importantes a nivel estatal, estos se encuentran altamente amenazados por las actividades económicas que ahí se desarrollan. Entre los principales problemas podemos puntualizar la sub-cuenca alta del Amacuzac que presenta altos índices de contaminación debido a la actividad florícola que ahí se desarrolla, dicha actividad que coloca al municipio de Villa Guerrero como el principal productor de flores en el país, a la par de la contaminación de los cuerpos de agua y suelo, la compactación de este último factor es un problema acentuado en esta sub-cuenca.

Hablar de la floricultura es hablar de un tema complejo, los impactos generados por esta actividad hacia la salud humana y ambiente están ya documentados en diversos estudios, pero tratar de generar alternativas económicas a la población y grandes

productores no es tarea sencilla, se requiere de un proceso de concientización que no necesariamente es a corto plazo, de implementación de técnicas agrícolas en favor del ambiente y de la búsqueda de nuevos mercados para la comercialización de tal vez nuevas alternativas a la floricultura tradicional que tenga menos impacto ambiental y mayor valor económico en el mercado.

A la par de la floricultura la agricultura es otro factor de presión hacia los ecosistemas que prevalece en la región, esta suele ser llevada a cabo sin técnicas de conservación del suelo, la utilización excesiva de fertilizantes no es ajena a esta actividad, en este caso los impactos residuales al igual que en la floricultura han presentado sus primeros impactos sobre la salud humana, ya que mediante visitas a campo se observó una creciente cantidad de casos de cáncer en personas dedicadas a las actividades agrícolas / florícolas en la región.

El turismo, sin lugar a duda es parte importante de esta región, zonas de balnearios y parques acuáticos en los municipios de Ixtapan de la Sal y Tonalico, actividades que se verían severamente afectadas con la pérdida de zonas de captación aguas arriba, así como del aumento de los escurrimientos debido a la disminución de cubierta vegetal y compactación del suelo.

En todos los casos mencionados el cambio de usos de suelo forestal a algún otro uso de aprovechamiento económico ha implicado la perturbación, pérdida parcial o total de diferentes ecosistemas, lo que ha mermado la capacidad de estos para producir servicios ecosistémicos, que según la FAO son indispensables para el desarrollo integral de una región. Por ejemplo, tal como muestra en la cartografía del servicio ecosistémico retención del suelo, presenta mayor detrimento de la capacidad productiva (SE) en zonas agrícolas, mismas que han ocupado el espacio de bosques que almacenan carbono que a su vez son causales del cambio climático que entre otras cosas conlleva la presencia más común de eventos hidrometeorológicos atípicos, entonces; la implementación del servicio ecosistémicos alimentos mediante la agricultura ha derivado en problemas de erosión de suelo, disminución de capacidad de almacenamiento de carbono y con ello el aumento de gases de efecto invernadero que producen eventos hidrometeorológicos extraordinarios, mismos que pueden producir la merma de cosechas en toda la región, lo cual pondría en peligro la seguridad alimenticia de autoconsumo de las familias así como de las que ven en esta actividad sus ingresos diarios y por tanto del desarrollo económico de la región.

La región rica en ecosistemas debe focalizarse en la elaboración de estrategias en favor del ambiente, la concientización y la información son estrategias básicas para lograr el

involucramiento de la población en general y de los tomadores de decisiones. Un problema acentuado en las políticas ambientales en México es la búsqueda de la remediación de los problemas, sin considerar la educación y la concientización como uno de los primeros y más importantes pasos a seguir.

Una vez concientizada la población y en la medida de lo posible a los tomadores de decisiones se podrá estar seguro de que al menos ellos procurarán reducir las perturbaciones directas a su entorno natural. A partir de ello las estrategias enfocadas en la aplicación de técnicas agroecológicas en plantíos agrícolas y florícolas son de vital importancia, por último pero no menos importante serán las acciones en favor de los ecosistemas como la restauración, conservación, reforestación entre otras, lo cual ayudará a los ecosistemas a recuperar su capacidad de producir bienes y servicios que puedan garantizar la continuidad de los servicios ecosistémicos para generaciones futuras, dando bienestar y desarrollo a las actuales.

Bibliografía

- Benjamin Burkhard, Joachim Maes. (2017). Mapping Ecosystem Services. Bulgaria: Pensoft Publishers.
- José Daniel Brea, Francisco Balocchi. (2010). Proceso de erosión - Sedimentación en cauces y cuencas. Montevideo, Uruguay: Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura.
- Mondragón Romero Emanuel, Estimación de Biomasa Aérea y Contenido de Carbono en Bosques y Selvas del Estado de México, Maestría en Tecnología en Conservación y Manejo Sustentable de Bosques, Colegio de postgraduados, Texcoco, Estado de México.
- María Alejandrina Leticia Montes-León, Edgar Misael Uribe-Alcántara, Efrain Garcia C. (Marzo, 2011). Mapa Nacional de Erosión Potencial. Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México, II, 5/13. Septiembre, 2017, De Redalyc Base de datos.
- Claudia Hernández Ramírez, Joel Bonales Valencia, Carlos Francisco Ortiz Paniagua. (2014). Modelos de Vulnerabilidad Agrícola ante los efectos del cambio climático. CIMEXUS, 9, 33-48. 05 de noviembre 2017, De Dialnet Base de datos.
- Walther, G. R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. J. C. Beebee, J. M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg and F. Bairlein. 2002. Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389-395, 01 de diciembre 2017, en Redalyc Base de datos.
- Ramiro Pérez Miranda, Francisco Moreno Sánchez, Antonio González Hernández y Víctor Javier Arriola Padilla. (2014). Distribución de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et. Cham. y *Pinus montezumae* Lamb. ante el cambio climático.

Revista mexicana de ciencias forestales, 5, 19-33. 28-29-2017, De Scielo Base de datos.

- Rojas, G. F. y L. Villers R. 2005. Comparación de dos métodos para estimar la densidad de la madera de *Pinus hartwegii* Lindl. del Volcán La Malinche. Madera y Bosques. 11: 63-71
- Wischmeier, W.H y Smith, 1965, Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington, D.C.Estados Unidos. Dep. Agric., Agric. Handb.
- Wischmeier, W.H y Smith, 1978, Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, D.C. Estados Unidos. Dep. Agric., Agric. Handb.
- Francisco-Nicolás, Néstor; Turrent-Fernández, Antonio; Oropeza-Mota, José Luis; Martínez-Menes, Mario Roberto; Cortés-Flores, José Isabel Pérdida de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo del suelo Terra Latinoamericana, vol. 24, núm. 2, abril-junio, 2006, pp. 253-260 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Orozco Hernández, María Estela Entre la competitividad local y la competitividad global: floricultura comercial en el Estado de México Convergencia. Revista de Ciencias Sociales, vol. 14, núm. 45, septiembre-diciembre, 2007, pp. 111-160
- Actualización del Marco Censal Agropecuario 2016 INEGI, Consultado el 02 de diciembre, 2017 www.beta.inegi.org.mx/proyectos/agro/amca/
- Producción agrícola por municipio para el Estado de México (SEDRAGO) consultado el 04 de octubre 2017 http://sedagro.edomex.gob.mx/produccion_floricola
- Cecilia Conde, Rosa Ma. Ferrer y Diana Liverman, Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el modelo CERES-MAIZE ,

consultado el 20 de noviembre 2017 en [http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/editorial/libros/cambio climatico/agricultura.pdf](http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/editorial/libros/cambio_climatico/agricultura.pdf)

- México sin hambre SEDESOL, consultado el 09 de diciembre 2017 en http://www.sedesol.gob.mx/boletinesSinHambre/Informativo_02/infografia.html
- Uttam Roy, Mrinmoy Majumder. (2016). Vulnerability of Watersheds to Climate Change Assessed by Neural Network and Analytical Hierarchy Process. India: Springer.
- Robert Costanza, Ralph d'Árge, Rudolf de Groot, Stephen Farber, Monica Grasso, Bruce Hannon, Karin Limburg, Shahid naeem, Robert V. O'Neil, Jose Paruelo, Robert G. Raskin, Paul Sutton Marjan van den Belt. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-259.
- Balvanera, P., H. Cotler et al. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en *Capital natural de México, vol.II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 185-245.
- Felix Müller, Benjamin Burkhard. (2012). The indicators of ecosystem services. *ELSEVIER*, 75, 26-30.
- Flores-López, H.E.; Ramírez-Vega, H.; Byerly-Murphy, K.F.; Ruiz-Corral, J.A.; Martínez-Sifuentes, J.A.; Díaz-Mederos, P.; Alemán-Martínez, V. Estimación de escurrimiento superficial en la cuenca El Jihuite, México *Terra Latinoamericana*, vol. 21, núm. 3, julio-septiembre, 2003, pp. 389-400 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Consultada en

<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm> el día 05 de febrero 2017.

- Daily, D.C (Ed). 1997. *Nature's Services, Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC.
- Mooney, H.A y P. R Ehrlich. 1987. *Ecosystem Services: A Fragmentary History*. En: G.C. Daily (Ed.). *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC. Pp11-22.
- García Rodríguez Clara, Curetti Giorgio, Giulia Garegnani, Grillo Gianluca, Pastorella Fabio, Paletto Alessandro : *La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: un caso de estudio en Los Alpes Italianos*, Bosque, vol. 37, núm. 1, 2016, pp. 41-52 Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile
- De Groot R, R Alkemade, L Braat, L Hein, L Willemsen. 2010. *Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making*. *Ecological Complexity* 7:260-272.
- Eade DOE, D Moran. 1996. *Spatial economic valuation: benefit transfer using Geographical Information Systems*. *Journal of Environmental Management* 48:97-110.
- Carpenter, S. R., E. M. Bennett, and G. D. Peterson. 2006. *Scenarios for ecosystem services: an overview*. *Ecology and Society* 11(1): 29.
- Almeida-Leñero, Lucía; Nava, Mariana; Ramos, Alya; Espinosa, Mónica; Ordoñez, María de Jesús; Jujnovsky, Julieta *Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México* *Gaceta Ecológica*, núm. 84-85, julio-diciembre, 2007, pp. 53-64 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México
- Regil García, Héctor Hugo; Franco Maass, Sergio, *Nivel de adecuación del territorio para el desarrollo de especies agrícolas y forestales en el Parque*

Nacional Nevado de Toluca Economía, Sociedad y Territorio, vol. IX, núm. 31, septiembre-diciembre, 2009, pp. 803-830 El Colegio Mexiquense, A.C.Toluca, México

- Organización de la Naciones Unidas, Convenio sobre la Diversidad Biológica, disponible en <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml> Consultado el 01 de noviembre del 2016.
- Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, Diversidad Biológica de México: Estudio de País, Antecedentes. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/epcomienzo.html Consultado el 30 de octubre, 2016.
- Challenger, A., R. Dirzo *et al.* 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol.II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 37-73.
- Balvanera, P., H. Cotler *et al.* 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en Capital natural de México, vol.II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 185-245.
- Sánchez Colón, S., A. Flores Martínez, I.A. Cruz-Leyva y A. Velázquez. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 75-129.
- Gobierno del Estado de México. 2011. *Programa de Desarrollo Regional, Macro Región IV sur, Región VI, Ixtapan de la Sal*. Disponible en transparencia.edomex.gob.mx/.../M%20IV%20R%20VI%20Ixtapan%20, consultado el 28 de octubre de 2016.
- Áreas Naturales Protegidas del Estado de México, Gobierno del estado de México, Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna Consultado el 05 de noviembre, 2016. En

http://conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/sistema_nacional/documentos/ANPL/Mex/SUPERFICIE_PARQUES_JUNIO_2014.pdf