Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Capital de Xalapa

RESUMEN EJECUTIVO

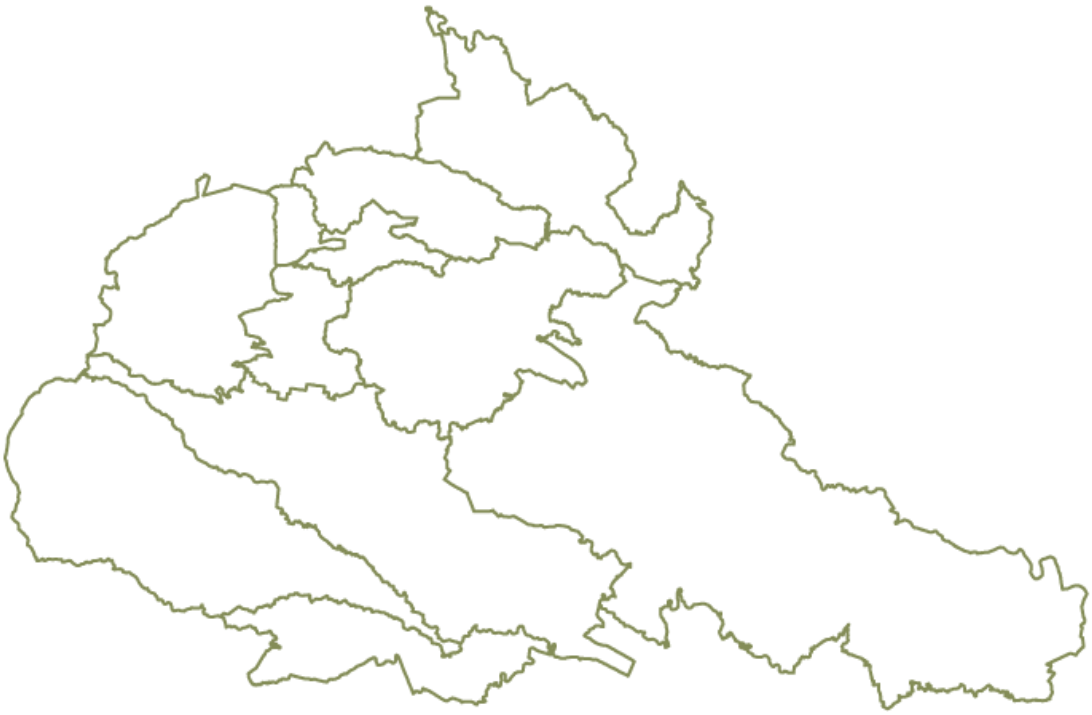
INECOL El Instituto de Ecología

USPAE Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados

SEDEMA Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz

SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

ESTA HOJA FUE
DEJADA
EN BLANCO
INTENCIONALMENTE



SEDEMA

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
DEL ESTADO DE VERACRUZ

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE

Gobierno del Estado de Veracruz

ESTA HOJA FUE
DEJADA
EN BLANCO
INTENCIONALMENTE

INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.

Martín R. Aluja Schuneman Hofer. Director General

UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS

Rafael Villegas Patraca. Coordinador General

Oscar Muñóz Jiménez. Coordinador Técnico

Marisa Mora Acosta. Coordinación de Conservación y Manejo de Recursos

César Augusto Gallo Gómez. Coordinador Sistemas de Información Geográfica

Darío Israel García Medel. Coordinador Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Capital Xalapa (POERCX). *Primera etapa-Agenda y Caracterización*

Claudio Atl Pérez Alcalá. Coordinador POERCX. *Segunda etapa-Caracterización*

Lorena Segura Morán. Coordinador POERCX. *Tercera etapa- Diagnóstico y Pronóstico*

Leonardo Isaac Herrera Alsina. Coordinador POERCX. *Cuarta etapa- Propuesta*

COLABORADORES

Geovanni Fidel Aguilar Orea. Caracterización- Pronóstico-Propuesta-Cartografía

Wilfrido Enrique Velasco Méndez. Caracterización-Diagnóstico-Pronóstico-Cartografía

Giselle Constanza Zamorano. Agenda Ambiental

David Chacón Castillo. Caracterización, Diagnóstico

Daniela Rivera Silva. Caracterización, Diagnóstico

María Guadalupe Álvarez Verdugo. Medio Físico Cartografía

Luis Ángel Aguilar Orea. Cartografía

Yair Landa Guerrero. Cartografía

Gerardo Domínguez Domínguez. Cartografía

Verónica Osorio Carmona. Cartografía

Gabriela Isabel Alva Álvarez. Cartografía

Cuauhtémoc Cabrera García. Medio Biológico -Cartografía

Alma Patricia Bautista Bello. Medio Biológico - Flora

Luis Lagunes Galindo. Medio Biológico – Flora

Fernando Cuauhtémoc Molina Montes. Medio Biológico - Fauna

Martha del Carmen Cruz Meza. Medio Biológico – Fauna

Víctor Uriel Díaz Fisher. Medio Biológico – Fauna

Carlos Domínguez Rodríguez. Medio Biológico - Fauna

Xareni Contreras Martínez. Medio Socioeconómico

Carolina Cruz González. Medio Socioeconómico

Dánae Alejandra Castro Sagaon. Diseño Editorial

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo brindado por el Herbario XAL del Instituto de Ecología, A. C que nos dio acceso a sus colecciones. Un agradecimiento especial a Luis Flores Mesa, a Ana María Gómez y Juan Carlos Olivo; al director de turismo de naturaleza Hilder Lara Hernández, a los participantes del taller de turismo de naturaleza, a los participantes del taller de Agenda Ambiental. Les agradecemos a Enrique Meza y a Pierre Mokondoko por sus datos; a Rodolfo López Polanco y Óscar Aquino Acuña por su apoyo. Igualmente gracias a SENDAS, a Magdaleno Mendoza Hernández, Gabriel Esquivel López y Noé Aguilar Rivera por su contribución en criterios de regulación ecológica. Gracias a Zeltzin Herrera Barrenechea, a Carlos Roberto Corona López, a Christian T. Alavez Tadeo, a Yocoyani Meza Parral por sus revisiones y a José Luis Ponce Ramos por su apoyo en la cartografía y talleres; así como a Juan A. Cervantes Pascualli, Lorena Sagrero Uscanga y Leonel S. Herrera Alsina por sus análisis.

Resumen Ejecutivo

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 5

1. AGENDA AMBIENTAL 12
2. CARACTERIZACIÓN 14

COMPONENTE NATURAL 14

Clima, precipitación y temperatura 14
Relieve, hipsometría, disección vertical y ángulo de inclinación de las pendientes 14
Hidrología 15
Fisiografía, edafología y geología 16
Cobertura de vegetación y Uso de Suelo (CVUS) en la zona del POERCX 16
Balance Hidrológico 17
Unidades de Paisajes Naturales 17
Espacios naturales protegidos de los municipios del POERCX 18
Biodiversidad 18
Captura de Carbono 21

COMPONENTE SOCIAL 23

Antecedentes 23
Componentes y Procesos Demográficos 23
Procesos de urbanización 25
Migración 26
Presencia de pueblos indígenas 26
Agua 26
Manejo de residuos sólidos urbanos 29

COMPONENTE ECONÓMICO 29

Concentración poblacional del poder adquisitivo (CPPA) 2010 30
Población económicamente activa (PEA) por sector 30
Tasa de participación 31
Tasa bruta de actividad económica 31
Grado de ocupación de la población 32
Grado de calificación de la población 32
Concentración municipal por grupo de actividades 32
Índice de especialización económica o coeficiente de localización 33
Orientación sectorial de la economía municipal 34

SITUACIÓN ECONÓMICA SECTORIAL DEL POERCX 34

Actividades secundarias 35
Actividades terciarias 36

3. DIAGNÓSTICO 38

PELIGROS NATURALES 38
PROCESOS DE DETERIORO Y DEGRADACIÓN AMBIENTAL 40

Análisis de las tasas de Cambio de cobertura y uso de suelo 40
Calidad del agua 42

ÁREAS A PROTEGER, RESTAURAR Y APROVECHAR 43

Reconocimiento de áreas a conservar y restaurar 43
Análisis de aptitud sectorial (áreas de aprovechamiento) 49

IDENTIFICACIÓN DE CONFLICTOS AMBIENTALES 52
Concurrencia espacial de actividades incompatibles 52
Incompatibilidades de los programas de apoyo sectorial 54
Conflicto entre el uso del suelo actual y el POOT 54
Síntesis de conflictos ambientales (SCA) 55
PRONÓSTICO 56
IMAGEN OBJETIVO 56
SISTEMA SOCIOAMBIENTAL 57
PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 58
ESCENARIO TENDENCIAL 58
ESCENARIO CONTEXTUAL 62
ESCENARIO ESTRATÉGICO 64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Sitios arqueológicos registrados en municipios del POERCX.* _____ *38*

Cuadro 2. *Tasas de cambio de cobertura y usos de suelo para cuatro periodos de tiempo.* _____ *41*

ÍNDICE DE FIGURAS

***Figura 1**. Priorización de la problemática regional., según los resultados de las encuestas* _____ *12*

***Figura 2**. Árbol de problemas identificado por los participantes en el Taller para la integración de la Agenda ambiental* _____ *13*

***Figura 3.** Sitios con alta riqueza potencial de especies de fauna listadas en las categorías de A y P de la NOM-059-ECOL-2010.* _____ *22*

***Figura 4.** Registro histórico del promedio de crecimiento poblacional en el área sujeta a ordenamiento por décadas, en el periodo 1960-2010.* _____ *24*

***Figura 5.** Modelo de conservación integrado.* _____ *45*

***Figura 6.** Modelo de restauración integrado* _____ *48*

***Figura 7.** Mapa del patrón óptimo de ocupación del territorio (POOT).* _____ *53*

***Figura 8.** Representación gráfica del sistema socioambiental* _____ *57*

***Figura 9**. Mapas de probabilidad de cambio de cuatro transiciones.* _____ *59*

***Figura 10.** Cambios de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo entre los años 2013 a 2047.* _____ *60*

***Figura 11.** Escenario tendencial para el año 2047, en la región del POERCX.* _____ *61*

***Figura 12.** Escenario contextual de la región del POERCX.* _____ *63*

***Figura 13.** Escenario estratégico de la región del POERCX.* _____ *65*

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

1. AGENDA AMBIENTAL

La Agenda Ambiental es el plan de trabajo del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Tiene como objetivo la identificación de los problemas ambientales de la región y su jerarquización de acuerdo a su importancia según consenso con actores de los diferentes sectores.

Para su conformación, se realizó un taller en el que participaron 96 personas de la región, de diversos sectores (entidades académicas, organismos gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil, y productores), y se trabajó en seis mesas (academia, conservación, organizaciones civiles, productores, empresarios e industriales, y del gobierno), donde se identificaron, analizaron y se entendieron algunos de los principales problemas, causas y consecuencias existentes en la región sujeta a ordenamiento, referentes a la ordenación y mejora en el manejo del territorio. También se obtuvo información sobre algunas interacciones sectoriales que ocasionan desequilibrios o afectaciones a los ecosistemas, ya sea por efecto de asentamientos humanos, actividades económicas o por otras actividades humanas mal planeadas.

Entre los principales resultados obtenidos en el Taller para la integración de la Agenda Ambiental, se destacaron problemas centrales y comunes a todos los sectores: uso inadecuado del suelo (urbanización); uso inadecuado del recurso agua; generación de residuos sólidos urbanos; la problemática de los ejidos en torno a la tenencia de la tierra; falta de recursos económicos que activen la región; pobreza y marginación; preponderancia de lo urbano sobre lo ambiental; carencia de reglamentos municipales; mala planificación y deforestación.

Asimismo, con la finalidad de realizar un primer acercamiento con los sectores y obtener una visión previa de la problemática ambiental que predomina en el área sujeta a ordenamiento, se realizaron 392 encuestas en los 11 municipios que integran el área del POERCX. Los resultados obtenidos indicaron que las principales problemáticas ambientales a combatir, se refieren a problemas de contaminación del agua y al crecimiento poblacional. Estos problemas se encuentran estrechamente relacionados, debido a que el aumento de la mancha urbana incrementa la cantidad de descargas residuales que se vierten a los mantos acuíferos.

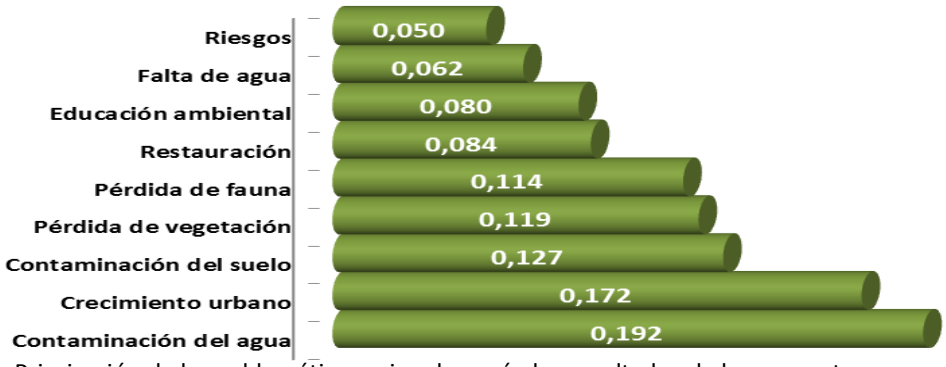


Figura 1. Priorización de la problemática regional., según los resultados de las encuestas

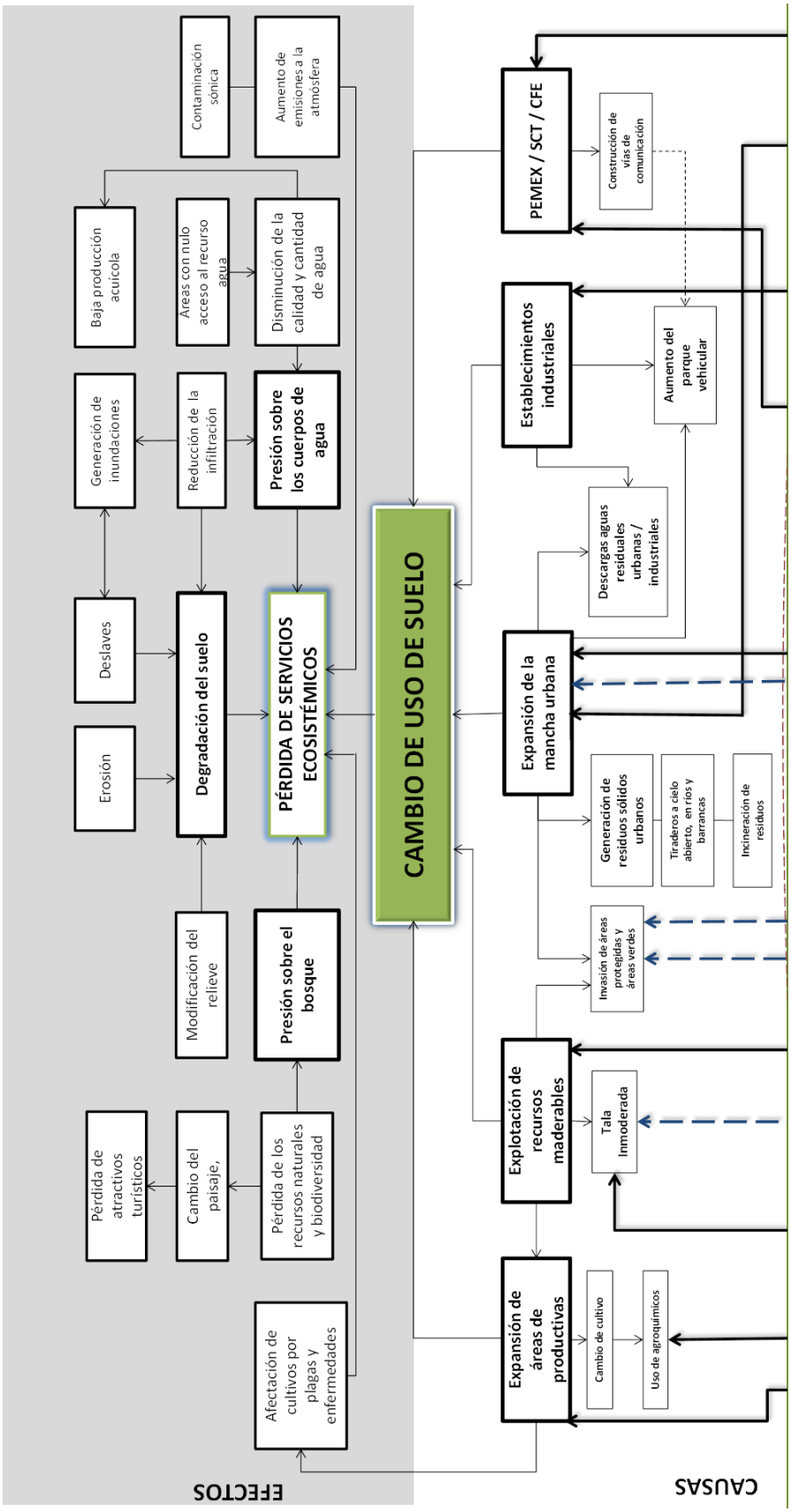


Figura 2. Árbol de problemas identificado por los participantes en el Taller para la integración de la Agenda ambiental

2. CARACTERIZACIÓN

COMPONENTE NATURAL

El área que comprende el POERCX se describe a nivel de subcuenca hidrológica. Abarca tres subcuencas: al Norte la del Río Sedeño; al Oeste la del Río Decozalapa y al Este la del Río Ídolos. Las subcuencas Norte y Este pertenecen a la cuenca del Río Actopan y la Oeste a la cuenca del Río La Antigua, mientras que ambos sistemas vierten sus aguas en el Golfo de México.

CLIMA, PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

El área del POERCX se encuentra influenciada por nueve climas que varían en función del rango altitudinal. De manera general, estos son las variantes que se ubican en la región: Cb'(m)(f): Semifrío-húmedo; C(f): Templado-húmedo; (A)C(m)(f): Semicálido-húmedo; C(m)(f): Templado-húmedo; (A)C(w2): Semicálido-subhúmedo; (A)C(w1): Semicálido-subhúmedo; (A)C(fm): Semicálido-húmedo; Aw1: Cálido-subhúmedo, y Aw0: Cálido-subhúmedo. En las subcuencas Sedeño e ídolos se encuentran principalmente seis tipos de clima; en la subcuenca Decozalapa se encuentran los nueve tipos de climas que influyen en la zona del POERCX. De las 131,333.6 que abarca la zona del POERCX, el clima predominante es el Templado-húmedo C(f), con presencia principal en 22.3% del territorio; seguido del Semicálido-húmedo (A)C(fm) con 17.1% del territorio.

Para el área del POERCX, más de la mitad del total del área (57.18%) registra una precipitación entre los 1,500 y 2,000 mm anuales. Las áreas que registran precipitaciones entre 800 - 1,200 mm y 1,200 - 1,500 mm tienen un tamaño semejante, de 16% cada una. Por último, la zona de mayor precipitación (2,000 a 2,500 mm anuales) abarca un décimo del total del área de estudio. La mayor parte del terreno (86%) tiene temperaturas semicálidas o templadas. La zona con temperatura semicálida ocupa 41.04%, la templada 44.97%, la zona cálida es de un 13.82%, y la zona semifría apenas representa el 0.17% del total del área de estudio.

RELIEVE, HIPSOMETRÍA, DISECCIÓN VERTICAL Y ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES

En la zona del POERCX se ubican 16 unidades de relieve. Los lomeríos con cañadas y llanuras representan 26.13% del territorio y el lomerío con 25.08%. Los valles con lomerío y los lomeríos de laderas tendidas en conjunto suman 16.32% del territorio (9.87% y 6.45%, respectivamente). La hipsometría muestra la mayor altitud de las estribaciones en la parte occidental del volcán Cofre de Perote con 4,200 msnm, mientras que las altitudes mínimas en promedio son de 500 msnm. Más del 60% del área de estudio se encuentra a más de 1,000 msnm, mientras que las zonas bajas menores a 500 msnm ocupan sólo 12% del total, y están ubicadas en su mayoría en la subcuenca del río Ídolos. Las zonas a más de 2,500 msnm ocupan casi 10% del área, mientras que un tercio se encuentra entre 1,000 y 1,500 msnm, principalmente en las subcuencas del Decozalapa e Ídolos.

En el área de estudio hay un predominio de montañas (67% del área total), siendo las montañas ligeramente diseccionadas las que ocupan la mitad del área sujeta a ordenamiento (50.5%), ubicadas en el oeste de la zona. Los lomeríos ocupan 30% del área de estudio y son, en su generalidad fuertemente diseccionados (11.1%) y medianamente diseccionados (12%). Las planicies ocupan menos del 4% del área total. Las zonas con mayores pendientes están en la zona montañosa del oeste de las subcuencas de los ríos Decozalapa y Sedeño. Las pendientes de ligeramente inclinadas a muy suavemente inclinadas ocupan gran parte del centro y oriente del área de estudio. La zona con mayor radiación solar es la parte alta del Cofre de Perote. La radiación baja ocupa la parte menos elevada.

HIDROLOGÍA

El área de estudio del POERCX se encuentra en la cuenca alta de la región hidrológica del Río Papaloapan; en particular en las cuencas hidrográficas del Río Actopan y Río La Antigua, esta última considerada como una de las regiones hidrológicas prioritarias de México (CONABIO, 2014b). Específicamente el área de POERCX se ubican en las subcuencas Decozalapa, Sedeño e Ídolos. Dichas subcuencas se intersectan en el punto ubicado en el Cerro de Macuiltépetl, dentro de la zona urbana de Xalapa, que corresponde a la parte centro del POERCX. Desde el punto de intersección y cubriendo la parte oeste, se localiza la subcuenca Decozalapa, la cual pertenece a la cuenca La Antigua. Asimismo las dos subcuencas Sedeño e Ídolos cubren la parte noreste y sureste del POERCX, respectivamente, ambas pertenecen a la cuenca llamada Actopan.

Por otro lado, en la parte sur del área sujeta a ordenamiento y colindando con la subcuenca Ídolos, se presenta un fragmento que es la continuación de la subcuenca Decozalapa; esta zona se considera como la parte baja de las dos subcuencas, y por lo tanto, también de las cuencas a las que pertenecen Río La Antigua y Río Actopan; además de que es la de menor altitud siendo la zona de descarga del complejo hídrico de la Región Xalapa. La subcuenca Sedeño cuenta con el Río Naolinco, el Río Sedeño y el Río San Juan. En la subcuenca Decozalapa encontramos a los ríos Pixquiac, Gavilanes, Caracol, Tepetlayo, Cuaneluapa, Texolo y Tecajetes, mientras que en la subcuenca Ídolos se localiza el Río Paso de la Milpa.

Por otro lado, la zona del POERCX cuenta con un gran número de valles fluviales, distribuidos por todo lo largo y ancho de su superficie. Además, el área de estudio se asienta sobre tres acuíferos: Valle de Actopan con un área de 2,506 km^2 y 29,048,760 m^3/año de volumen anual concesionado, con una disponibilidad de aguas subterráneas de 53,081, 240 m^3 (CONAGUA, 2009); mientras que el Jalapa-Coatepec cuenta con un área de 857 km^2 y 1,228,934 hm^3/año de volumen anual concesionado y una disponibilidad de aguas subterráneas de 80,071,066 m^3 anuales (CONAGUA, 2011). Por último, el acuífero Costera de Veracruz cuenta con un área de 3,059 km^2 y una disponibilidad de aguas subterráneas de 171’583,671 m^3 anuales (CONAGUA, 2002).

FISIOGRAFÍA, EDAFOLOGÍA Y GEOLOGÍA

El área de estudio se encuentra ubicada sobre dos de las 15 provincias fisiográficas del país (INEGI, 2001) que son Eje Neovolcánico y Llanura Costera del Golfo Sur. La provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico cubre la parte norte, oeste y centro del POERCX, en dos tercios de la superficie total. La parte alta o con mayor rango altitudinal, está dividida en dos subprovincias, denominadas Lagos y volcanes de Anáhuac y Chiconquiaco, la primera se ubica al noroeste, en la parte alta o con mayor altitud, la segunda subprovincia se encuentra en la parte media, desde norte-centro-sur del área. La provincia Llanura Costera del Golfo Sur abarca la parte sureste y en un tercio del área en zonas medias-bajas o de menor altitud, sólo presenta una subprovincia denominada Llanura Costera veracruzana.

Los principales tipos de suelo que se encuentran en el área de estudio son: Andosol (AN) con 44.2% del territorio; el Feozem (PH) ocupa 18.8%, Vertisol (VR) abarca una extensión de 8.3%, Luvisol (LV) se ubica en 14.1% del territorio; mientras que el Leptosol (LP) se encuentra en 8% y Regosolen 3.6% del territorio (RG).

El área del POERCX se encuentra compuesta principalmente por las siguientes composiciones rocosas: Toba básica, 30.1%; Basalto, 37.6%; Travertino, 9.4%; Andesita, 7.4%; mientras que los tipos de roca Toba básica-Brecha volcánica básica, 4.4%; Toba intermedia,4%; Aluvial, Brecha volcánica básica, Toba ácida, Basalto-Brecha volcánica básica, Brecha volcánica intermedia, Basalto-Toba básica, Arenisca-Conglomerado, Caliza, Caliche y Lutita.

COBERTURA DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO (CVUS) EN LA ZONA DEL POERCX

En el año 2013, para el área del POERCX se detecta una fragmentación de la zona de bosque de coníferas en el extremo oeste de la subcuenca del Decozalapa, y también disminución de los bosques de coníferas, pino-encino, y encino en la subcuenca del Sedeño. El bosque mesófilo de montaña se ubica principalmente en la zona noroeste y oeste de la subcuenca del Decozalapa, de la misma manera al norte de la subcuenca del Sedeño. Los cafetales de sombra siguen dominando en la parte centro y centro-sur de la subcuenca del Decozalapa, y extendiéndose hasta la parte más occidental de la subcuenca del Ídolos. También hay una presencia importante de cafetales en el centro-norte de la subcuenca del Sedeño.

Los pastizales y acahuales se encuentran prácticamente por toda el área de estudio; ocupa mayor superficie en el suroeste de la subcuenca del Decozalapa, centro-oeste y norte de la subcuenca del Sedeño, y extremo oriente de la subcuenca del Ídolos. En el centro y centro-sur de la subcuenca del Ídolos y extremo oeste de la subcuenca del Decozalapa (zona del volcán Cofre de Perote) hay una fuerte presencia de vegetación secundaria. La selva baja ocupa modestas áreas en el centro de la subcuenca del Sedeño, y en el centro y este de la subcuenca del Ídolos. Las áreas agrícolas son una clara mayoría en el oriente de la subcuenca del Sedeño, además tienen presencia importante en el centro y sureste de la subcuenca del Decozalapa. Las zonas de vegetación ribereña se encuentran claramente en cauces de la

subcuenca del Ídolos, en sus porciones noroeste, central, centro sur y sureste; igualmente en el suroeste de la subcuenca del Decozalapa.

En el año 2013 las 3 principales coberturas de vegetación y uso de suelo (CVUS) fueron vegetación secundaria (22.99%), pastizal (22.17%) y cafetal de sombra (14.09%), que juntos sumaron 59.25% del total del área. Las 3 CVUS con menor área fueron pradera de alta montaña (0.09%), agua (0.14%) y vegetación ribereña (1.48%). En cuanto a las CVUS para el año 2013 con mayor área por municipio, la vegetación secundaria ocupó el primer lugar en el municipio de Banderilla (26.92%) y Emiliano Zapata (33.19%); el cafetal de sombra en Coatepec (29.85%), Jilotepec (26.21%) y Teocelo (46.70%); el pastizal en Naolinco (25.75%), Xico (31.15%) y Rafael Lucio (53.48%); el bosque mesófilo en Tlalnelhuayocan (52.94%); el bosque de coníferas en Acajete (26.94%). Los asentamientos humanos ocuparon casi la mitad de la superficie del municipio de Xalapa (46.06%).

BALANCE HIDROLÓGICO

Se obtuvieron cuatro tipos de zonas prioritarias según el balance hídrico; clasificadas en máxima, alta, media y baja; con un mayor porcentaje en baja prioridad. La zona con los valores más elevados de infiltración, evapotranspiración, captación y escurrimiento, se ubica en la parte media de la subcuenca Decozalapa y corresponde a la región de Xico-Teocelo, esta zona representa 12% de la superficie. Los suelos que componen esta unidad según la cartografía digital de INEGI son: Andosol húmico, Acrisol órtico y Feozem háplico, y los tres se encuentran en parte central del triángulo textural, lo que le confiere una permeabilidad y capacidad de infiltración de nivel intermedio. La litología y el suelo asociados al rango de precipitación 1,200 - 2,500 mm y a las coberturas de vegetación secundaria y café de sombra, favorecen la formación de la zona con mejor capacidad de recarga hídrica en el POERCX.

UNIDADES DE PAISAJES NATURALES

Al oeste del POERCX se encuentran **las faldas altas** del Cofre de Perote., sus vertientes se reparten entre 4,200 msnm y 1,300 msnm. Las faldas bajas del Cofre de Perote, se ubican entre 1,500 y 400 msnm, y se divide en partes medianas y bajas, además, está la provincia sedimentaria que se halla en la zona sur del POERCX.

Las zonas funcionales hidrológicas presentes dentro del POERCX son de cabecera o recarga, tránsito (captación-transporte) y zona de depósito o de emisión (recepción del agua). La zona funcional de cabecera ocupa más de la mitad del territorio con el 56%, seguido de la zona de tránsito con el 38% y con sólo el 7% se presenta la zona funcional de depósito el cual se localiza en la parte sur-este de la zona de estudio, únicamente en el municipio de Emiliano Zapata, el cual es el único municipio que cuenta con las tres zonas funcionales.

ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS DE LOS MUNICIPIOS DEL POERCX

Dentro de los 11 municipios del POERCX se encuentra una ANP de tipo federal (Cofre de Perote), 11 ANP estatales (Parque Macuiltépetl, Cerro de La Galaxia, Cerro de las Culebras, Parque Francisco Javier Clavijero, La Martinica, Predio Barragán, Pacho Nuevo, Tejar Garnica, Molino de San Roque, Archipiélago de Bosques y Selvas de la Región Capital, y Parque lineal Quetzalapan-Sedeño; además de 1 sitio RAMSAR (zona ribereña de los ríos Texolo y Matlacóbatl, hasta su confluencia en la Cascada Texolo), y 37 Áreas Privadas de Conservación (APC), además de que la totalidad del área del POERCX se halla inmersa en un Área Importante para la Conservación de las Aves (AICA).

BIODIVERSIDAD

Flora

En los municipios de Coatepec, Xico, Teocelo, Banderilla, Acajete, Jilotepec y Naolinco, existen zonas conservadas y vulnerables a ser modificadas, ya que se encuentran inmersas en un paisaje compuesto por una matriz de campos agrícolas, potreros, cafetales y asentamientos humanos, en donde se logra apreciar una riqueza alta de especies, esto gracias a la lejanía y orografía relativamente inaccesible; sin embargo, sólo queda 10% de la cobertura original.

En los municipios del POERCX quedan pequeños relictos de bosque mesófilo de montaña, esparcidos en la zonas intermedias en altitudes que van de los 1,400 a 2,300 msnm cubriendo una superficie de 89.63 km² (6.82%), principalmente en los municipios de Acajete, Banderilla, Coatepec, Jilotepec, Teocelo, Tlalnelhuayocan, Naolinco, Rafael Lucio, Xalapa y Xico, el cual es altamente diverso en especies vegetales con cerca del 27% del total de especies reportadas para el Estado.

El bosque de pino-encino se localiza generalmente en barrancas y cañadas a los 2,500 msnm, en donde las neblinas constituyen un factor importante dentro de la caracterización de la comunidad, ya que mantiene la humedad constante de estas zonas, con un área de 24.39 km² (1.86%), el cual se encuentra distribuido en las partes altas dentro de los municipios de Xico, Coatepec, Acajete y Jilotepec. Dichas comunidades han tenido una pérdida de superficie y de especies debido a las necesidades locales de leña y construcción, así como también, por el saqueo de especies epífitas para su venta o adornos de fiestas religiosas.

Los bosques de pino son los de mayor distribución entre los distintos tipos de bosque de coníferas. Esta comunidad se encuentra distribuida dentro de los municipios Xico, Coatepec y Acajete, ocupando una superficie de 64.75 km² (4.93%). Mientras que los encinares se hallan en los municipios de Emiliano Zapata y Naolinco, ocupando una superficie de 32.88 km² (2.5%). La selva baja caducifolia, es una de las más diversas dentro del POERCX, sólo superada por el bosque mesófilo de montaña; en su composición florística destaca la elevada presencia de suculentas, de al menos 204 especies. Por su parte, la vegetación ribereña o bosque de galería cubre cerca de 19.46 km2 (1.48%) y la vegetación de acahual

ocupa una superficie de 301.93 km2 (22.99%). Los cafetales de sombra actualmente cubren una superficie de 185 km2 (14.09%).

Es posible apreciar que la zona que circunscribe el área sujeta a ordenamiento presenta una notable riqueza florística, ya que en ella se encuentra potencialmente 18.7% de la flora vascular del país (23,424 especies), con tan solo el 0.067% de la superficie del territorio nacional. Si se contrasta con el total del Estado de Veracruz, se tiene que en el 1.82% de la superficie del estado se halla el 55.9% de sus especies de flora, la cual se estima en 7,855 especies (Castillo-Campos et al., 2011). De los ecosistemas presentes en el POERCX, los más relevantes por su riqueza vegetal son el bosque mesófilo de montaña, la selva baja y el bosque de encino, debido a que contienen el 9.27%, 6.5% y 5.8%, respectivamente, de las especies de plantas vasculares de México.

Fauna

En la región estudiada la riqueza de aves encontrada en bases bibliográficas corresponde al 65% de la diversidad total reportada para el estado de Veracruz (733 spp.), mientras que el análisis de campo arrojó 21% de total estatal; fueron Xalapa 399 spp., Emiliano Zapata 320 spp. y Coatepec (317 spp), los municipios con una riqueza más alta. Se identificaron 74 especies que se encuentran en riesgo según la NOM-059 (SEMARNAT, 2010) que corresponde al 16% del total, de las cuales 26 se encuentran “amenazadas”, 40 están sujetas a “protección especial” y 8 están en “peligro de extinción”.

Según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN 2013 hay 3 especies de aves que se encuentran “en peligro” y 4 que son “vulnerables”, que en conjunto representa 1 % del total. El 72.41% del total de especies endémicas registradas para el estado de Veracruz se ubican en el área del POERCX; además 315 son residentes, 165 migratorias y 1 visitante único no reproductivo en el municipio de Coatepec. Las unidades ambientales con mayor número de especies de avifauna fueron la selva baja caducifolia con 67 especies y el bosque mesófilo de montaña con 51 especies. Las unidades ambientales que presentan mayor número de individuos avistados son el pastizal (195) y el Bosque de encino (170).

Con relación a los mamíferos y derivado de la investigación bibliográfica se contabilizaron 2,838 registros de mamíferos silvestres en el área de estudio. Se contabilizó una riqueza de 121 especies agrupadas taxonómicamente en nueve órdenes, 27 familias, 29 subfamilias y 77 géneros. La riqueza de especies del POERCX representa el 22.54% de las especies de mamíferos silvestres registradas para México (Ceballos y Cabrales, 2012). Los órdenes mejor representados son Chiroptera (murciélagos) y Rodentia (roedores) con 43 especies.

Del total de especies presentes en Veracruz (193) (Gaona et al., 2003), el POERCX cuenta con una representación aproximada de 63%. En cuanto al número de individuos registrados por municipio, se tiene que Xico, Coatepec, Xalapa y Teocelo son los que presentan el mayor esfuerzo de colecta mientras que Jilotepec, Tlalnelhuayocan y Rafael Lucio presentan el menor número de individuos registrados. El 17.74% de las especies presentes se encuentran catalogadas bajo un estatus de protección por la NOM-059-

SEMARNAT-2010, de las cuales cinco se encuentran catalogadas en peligro de extinción; ocho en la categoría de amenazadas, misma cantidad para las especies que se encuentran sujetas a protección especial.

Además, se encontraron 12 especies de mamíferos listadas en alguna de las categorías de la UICN, siete en la categoría en peligro, dos como casi amenazadas, dos en la categoría de vulnerable y una en peligro crítico. Además, se encontraron 17 especies endémicas para México en el área del POERCX. Los municipios de Xalapa, Coatepec, Xico y Teocelo se consideran de gran importancia para la conservación de especies de mamíferos silvestres ya que en conjunto albergan la mayor riqueza de especies, destacando las endémicas y coincide con que son los municipios donde más estudios biológicos se han realizado. En cuanto a los resultados del estudio de campo los ecosistemas en donde se observó mayor riqueza fueron la Selva baja caducifolia, el Bosque mesófilo de montaña y el Bosque de encino.

Los anfibios poseen características biológicas y ecológicas que los hacen organismos notablemente sensibles a los cambios ambientales (tanto acuáticos como terrestres) y por lo tanto pueden ser considerados indicadores biológicos de la salud del ecosistema. Como resultado de todos los datos obtenidos concluimos que el POERCX alberga casi el 50% de los reptiles (97 spp.) reportados para el estado de Veracruz y poco más del 50% de los anfibios (54 spp.) registrados para el estado. De las especies de reptiles registradas en el POERCX, poco más de la mitad están catalogadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y se encontraron dos especies endémicas para Veracruz. Casi la mitad de las especies de anfibios se encuentran catalogadas en esta NOM-059 y siete especies son consideradas endémicas para Veracruz. Los municipios mejor representados por la presencia de especies en la NOM-059 son Xico, Xalapa, Coatepec, Banderilla, Tlalnelhuayocan y Acajete. Los municipios con mayor número de especies de reptiles endémicas registradas son: Xico, Acajete, Banderilla y Emiliano Zapata y de anfibios: Xico, Banderilla, Xalapa, Coatepec y Xalapa.

El Bosque mesófilo de montaña fue el tipo de vegetación con más diversidad tanto de anfibios como de reptiles, así como de especies NOM y especies endémicas. Los municipios más ricos en diversidad de especies de reptiles, con más especies normadas y mayor endemismos son Xico, Xalapa, Emiliano Zapata, Acajete, Banderilla y Coatepec. Para los anfibios los municipios más importantes son Xico, Xalapa, Coatepec, Banderilla, Tlalnelhuayocan, Emiliano Zapata y Acajete. Los municipios que concuerdan con estos, tomando en cuenta el criterio de los tipos de vegetación son, Xalapa, Banderilla, Coatepec, Emiliano Zapata, para el grupo de los reptiles; para anfibios son Coatepec, Banderilla, Xico, Xalapa, Tlalnelhuayocan y Emiliano Zapata. Para los tipos de vegetación que tuvieron menor diversidad, se considera que su composición faunística sea más profundamente estudiada.

Riqueza potencial de especies de fauna prioritarias para la conservación de la biodiversidad en la zona del POERCX

Se obtuvo un mapa de riqueza potencial, el cual agrupa a un total de 18 especies prioritarias tanto de anfibios, reptiles, mamíferos y aves. Este mapa *(Figura 3),* permite observar la presencia de una zona ubicada en la porción centro del POERCX, la cual se caracteriza por tener una alta riqueza potencial de especies prioritarias (zona delimitada por colores rojizos). Una característica importante de esa zona es el hecho de que en ella confluyen varios ecosistemas de gran importancia biológica como el bosque mesófilo de montaña, bosques de encino y bosques pino–encino, así como manchones de selva baja caducifolia. La extensión de esta zona de riqueza biológica abarca en alguna medida a todos los municipios del POERCX; sin embargo, los sitios con mayor riqueza se limitan a los municipios de Banderilla, Rafael Lucio, Tlalnelhuayocan y Jilotepec.

CAPTURA DE CARBONO

En el POERCX, el bosque mesófilo de montaña destaca como un ecosistema con alto potencial para almacenar carbono debido a su estructura compleja y a su alta biomasa por hectárea. Este tiene alto potencial para constituirse como parte de una estrategia nacional para recibir créditos en el mercado global del secuestro de carbono (De Jong et al., 2000).

Aun no siendo un ecosistema natural per se, sino un agroecosistema, el cafetal de sombra tiene alta capacidad para el secuestro de carbono, principalmente porque está establecido en el bosque mesófilo de montaña conservando el estrato aéreo. El área sujeta a ordenamiento (POERCX) cubre una superficie de 185 km2 (14.09%). Ávila et al., 2001, Pineda et al. (2005) y Mokondoko et al., 2015 (en revisión) demuestran que los agroecosistemas cafetaleros, con sombra diversificada son sistemas potenciales en la captura de carbono.

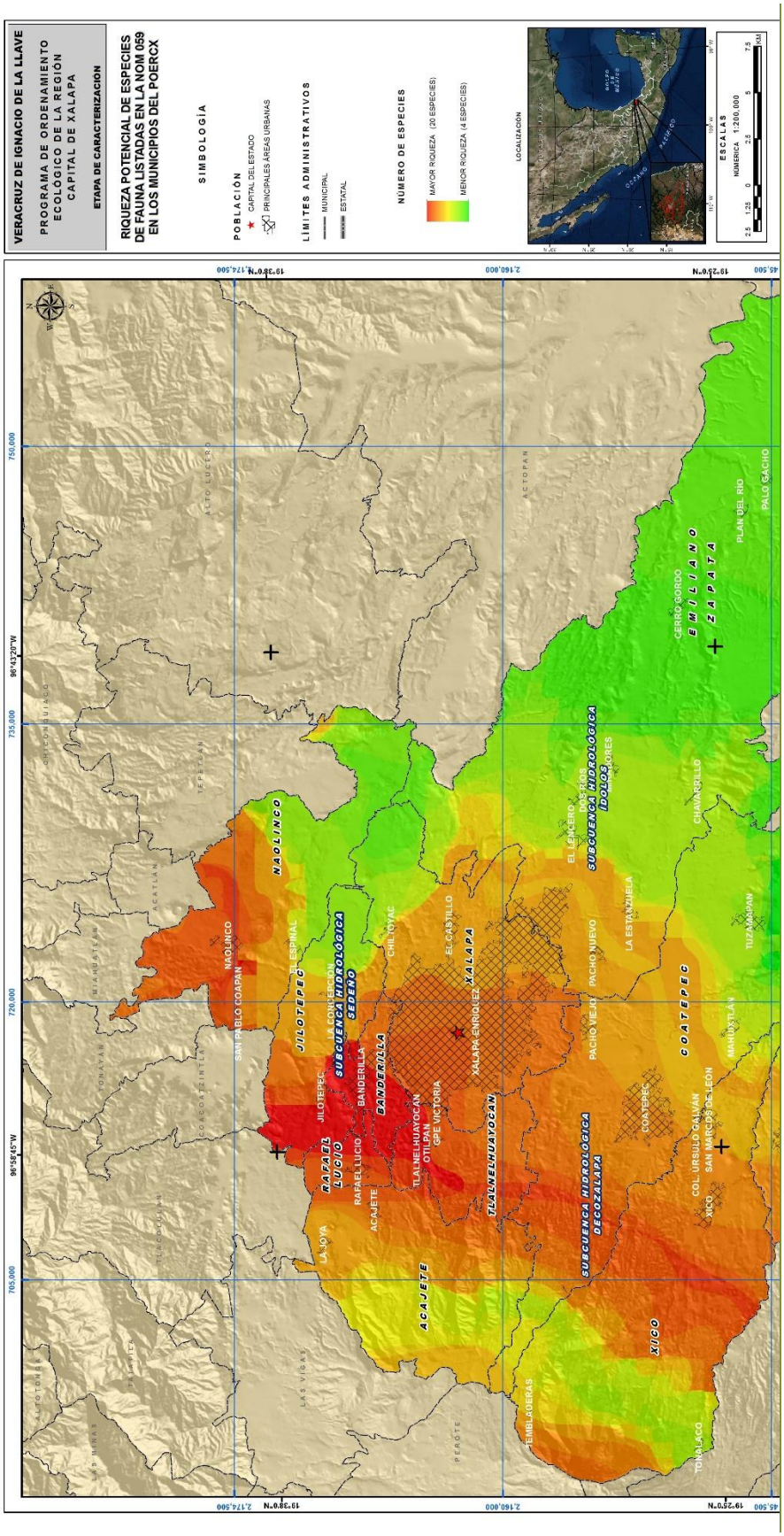


Figura 3. Sitios con alta riqueza potencial de especies de fauna listadas en las categorías de A y P de la NOM-059-ECOL-2010.

COMPONENTE SOCIAL

ANTECEDENTES

Xalapa adquirió la denominación de ciudad el 12 de diciembre de 1830; sin embargo, desde la Colonia sirvió como eje rector de la región, sobre todo por las actividades comerciales y de servicios con las que se especializó. Esta situación también influyó en los municipios aledaños, transformando diferentes estructuras económicas y sociales, que incluso conformaron a la ciudad como un nodo fuertemente articulado, nutrido por materias primas y materiales elaborados en las demarcaciones aledañas y por el flujo constante de habitantes de la región. Así, Xalapa concentró el poder político regional, el cual afianzó al ser denominada capital del estado. Así, las concentraciones urbanas y/o demarcaciones aledañas, funcionaron como proveedores de materias primas o productos elaborados, tanto para consumo regional como para el exterior, generando a su vez, pequeños núcleos poblacionales, que en algunos casos lograron fuerte acumulación de capital.

El perfil social de la región, está muy asociado al económico, que de manera particular, posicionó a la ciudad de Xalapa como un espacio especializado en el sector terciario y que desde la década de 1970, evidenció con mayor fuerza su vocación económica, con flujos migratorios producto del asiento de delegaciones y oficinas centrales de la burocracia federal en la ciudad y de estudiantes o personalidades de la academia y cultura que se forman o forman parte de los centros educativos asentados en la ciudad. Por su parte, los municipios dentro del POERCX han mantenido una dinámica histórica más o menos estable, aunque comienza a dinamizarse en las últimas décadas.

COMPONENTES Y PROCESOS DEMOGRÁFICOS

Demografía

La Región Capital de Xalapa cuenta con una población de 746,528 habitantes (INEGI, 2010), lo que representa casi 10% de la población total del Estado de Veracruz, siendo Xalapa el municipio con mayor número de habitantes con 457,928 personas (61.34% del total en la región), seguido de Coatepec, Emiliano Zapata y Xico, quienes en conjunto agrupan 25% de la población total. Xalapa, Coatepec, Emiliano Zapata, Banderilla y Tlalnelhuayocan, conforman la zona metropolitana. El crecimiento poblacional del POERCX, se ha mantenido a un ritmo constante y a la alza durante los últimos 50 años, destacando que en el periodo de análisis, el área sujeta a ordenamiento aumentó a un ritmo alrededor de 30% en promedio cada diez años. Sin embargo, al analizar la información por municipio encontramos algunas diferencias, destacando que el municipio de Tlalnelhuayocan creció exponencialmente a partir de 1970, mientras que Banderilla casi triplicó su población de 1980 a 1990.

Las zonas que más crecimiento presentan al final del periodo de estudio son Tlalnelhuayocan (29.6%) y Emiliano Zapata (27.8%). Ambos municipios comenzaron a repuntar en la década de 1980, cuando bajó el crecimiento de Xalapa, aunque Emiliano Zapata declinó drásticamente su crecimiento en la década

siguiente (1980-1990), mientras que Tlalnelhuayocan mantuvo un ascenso constante hasta el año 2000, presentando una disminución en su tasa de crecimiento, situación que no evitó que siguiera con la categoría del municipio con mayor crecimiento en el año 2010. Xalapa tuvo su punto máximo de crecimiento en la década de 1960 a 1970, en los periodos siguientes empezó a declinar su tasa de crecimiento, con una ligera recuperación entre 1980 y el año 2000, recayendo en la última década. Tal fenómeno no significó el despoblamiento de la ciudad, esta situación está asociada con el crecimiento de la zona conurbada (Emiliano Zapata, Tlalnelhuayocan, Banderilla y Coatepec), por lo que más allá de pensar en un desacelere del ritmo demográfico de la ciudad, se puede inferir un crecimiento horizontal de la urbe, alcanzando municipios contiguos (*Figura 4).*

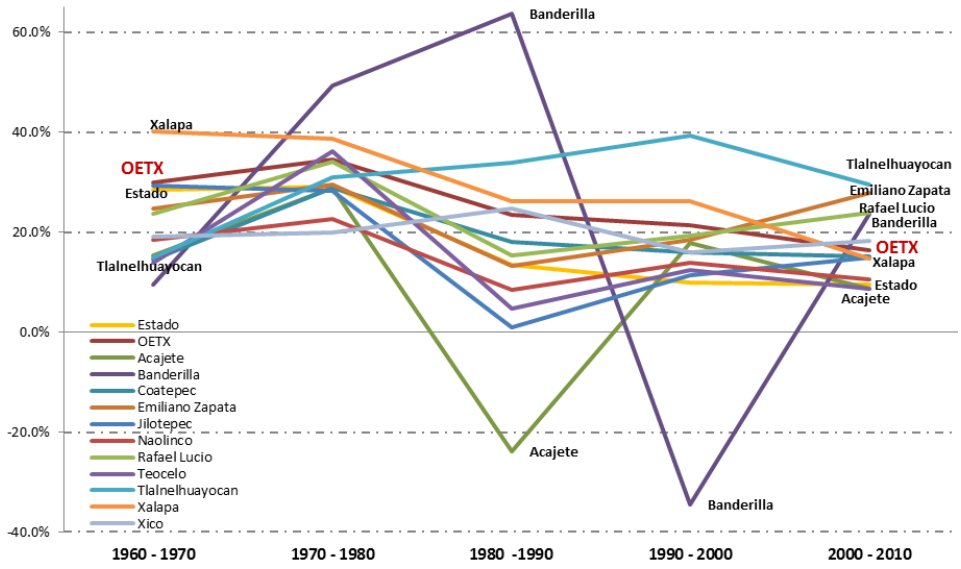


Figura 4. Registro histórico del promedio de crecimiento poblacional en el área sujeta a ordenamiento por décadas, en el periodo 1960-2010.

También es destacable el caso de Rafael Lucio, que siendo uno de los municipios más pequeños dentro del área de estudio, lleva dos décadas de constante crecimiento poblacional, posicionándose en el tercer lugar en 2010 debido su elevada tasa de crecimiento, lo que vuelve a evidenciar un probable crecimiento horizontal de la mancha urbana, más allá que un desarrollo endógeno de cada municipio. En términos concretos, los datos evidencian un acelerado crecimiento urbano, que en casos como Xalapa, Banderilla y Tlalnelhuayocan, aumentaron cinco veces su población en las cinco décadas de estudio, por ejemplo, Xalapa de 78 mil personas que habitaban la ciudad en 1960, alcanzó casi medio millón de personas para el año 2010.

Por otro lado, el área sujeta a ordenamiento se encuentra en un proceso de maduración, en 1980 el porcentaje de la población menor a 19 años de edad era de 49.46%, mientras que para el año 2010 se redujo a 34.54%. La población adulta (entre 20 a 59 años de edad) tuvo un incremento, pasando de 43.92% a 53.04%. Finalmente el grupo de personas catalogadas como adultos mayores de 60 años, pasaron de 6.53% a 9.53% del total de la población. Complementando esta información, la tasa de

crecimiento medio anual (TCMA) nos ayuda a reconocer que la mayoría de los municipios para el periodo 2000-2010 se clasifican con una tasa de crecimiento Media y Alta; sólo dos municipios presentan una clasificación Baja (Acajete y Teocelo), por lo que es probable que la región haya mantenido una constante en cuanto a las condiciones de vida que posibilitan que la población continúe creciendo.

La densidad de población (hab/km^2) para los municipios del POERCX se encuentra clasificada en los siguientes rangos: 84-272 Muy Baja, 273-610 Baja, 611-1088 Alta y 1089-3681 Muy Alta. En el rango de Muy baja encontramos que los municipios de Emiliano Zapata, Naolinco, Jilotepec, Acajete, Xico y Teocelo siendo esta la categoría más frecuente, mientras que en la categoría Baja se encuentran los municipios de Coatepec, Tlalnelhuayocan y Rafael Lucio; para Banderilla la clasificación es Alta y para el municipio de Xalapa es Muy Alta.

Desarrollo humano y marginación

En cuanto a la calidad de vida de los habitantes del área del POERCX, en 2010 la mayoría de los municipios están localizados en el rango “medio alto” con respecto al Índice de Desarrollo Humano (PNUD, 2010), siendo el municipio de Xalapa el único de categoría “alto” y en la categoría de “medio bajo” los municipios de Acajete y Xico. Según, a través del Índice de Marginación el (CONAPO, 2010), se detecta que en la región montañosa del POERCX hay un grado medio de marginación, mientras que la parte baja de la región cuenta con baja marginación. Es destacable el caso de Xalapa que presentan muy bajos índices de marginación; sin embargo, aproximadamente una tercera parte de su población se ubica en situación de pobreza. También se evidencia que al hacer el análisis por localidad, destacan situaciones de desigualdad, por ejemplo, la mayoría de las localidades ubicadas en la periferia de la ciudad de Xalapa, incluidas las que están dentro del municipio de Xalapa, tienen un grado de marginación alto. Las localidades en los rangos alto, y muy alto de marginación se dispersan por toda la zona del POERCX, aunque en su mayoría se ubican en los municipios de Acajete, Tlalnelhuayocan, Jilotepec, Naolinco, Xico y Teocelo

En el año 1990, el POERCX contaba con 106,121 viviendas particulares habitadas, de las cuales 84% contaba con agua entubada, 79% con drenaje y 90% con energía eléctrica. Para el año 2010, se contabilizó 203,555 viviendas particulares habitadas, de las cuales 92% tiene agua entubada, 94% drenaje y 95% cuenta con energía eléctrica.

PROCESOS DE URBANIZACIÓN

Según los cuadernillos municipales de INEGI, 96% de las localidades del área del POERCX tienen menos de 2,500 habitantes -denominadas como rurales-; de acuerdo a su nivel de urbanización, 64% se categoriza como Semiurbano, 27% como Urbano y el 9% restante como Gran Ciudad, este último valor corresponde al municipio de Xalapa.

Para el POERCX se consideraron urbanos los asentamientos que forman un continuo con la mancha urbana de Xalapa y que comparten características y procesos. En tal sentido, debido a que la mancha urbana abarca a Xalapa, Banderilla, Coatepec, Emiliano Zapata y Tlalnelhuayocan, alguna de las localidades de estos municipios se consideraron urbanas (o localidades con población urbana), independientemente de que su población fuera o no mayor a 15,000 habitantes. Es así como dichos municipios tienen población urbana, principalmente por las que viven en la conurbación de Xalapa.

De acuerdo a este criterio de delimitación de zonas urbanas, se identifican tres de éstas en el POERCX: el continuo urbano con centro en Xalapa-Enríquez, el cual se extiende por Xalapa, Banderilla, Tlalnelhuayocan, Emiliano Zapata y Coatepec; la ciudad de Coatepec, y la ciudad de Xico. Por consiguiente, la urbanización (o población urbana) es nula en Acajete, Jilotepec y Rafael Lucio; esto porque todas sus localidades son menores a 5,000 habitantes (son rurales). En el municipio de Naolinco, la única localidad no rural es su cabecera municipal, mismo caso que el municipio de Teocelo. Emiliano Zapata quien tiene población urbana solamente en la zona conurbada de Xalapa; junto con Tlalnelhuayocan. Xalapa y Banderilla mostraron el mayor Nivel de Urbanización con 97.7 y 95% de su población viviendo en el área urbana con centro en Xalapa-Enríquez, respectivamente.

MIGRACIÓN

Los municipios de Emiliano Zapata, Xalapa, Banderilla y Coatepec se destacan como centros de atracción migratoria reciente y acumulada en el POERCX. Estos municipios son los que presentan el mayor dinamismo de crecimiento de población, y la mayor población urbana. Los municipios en los que se observó menor índice de atracción migratoria acumulada y reciente son Acajete, Naolinco y Xico. Por otro lado, según Índice de Intensidad Migratoria México - Estados Unidos (2010), Jilotepec y Naolinco exhiben el mayor índice de intensidad migratoria del POERCX, con un grado de intensidad migratoria medio, mientras que Xalapa, Coatepec, Banderilla y Emiliano Zapata (los municipios con la mayor cantidad de población urbana), se hallan en la situación de grado “bajo”

PRESENCIA DE PUEBLOS INDÍGENAS

En total dentro de los municipios del POERCX, la población que se auto identifica como indígena es de 8,000 habitantes, representando 1.2% de su población total. La Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), señala que el 1.18% de los habitantes de los municipios de POERCX se denominan pertenecientes a algún pueblo indígena.

AGUA

Aprovechamientos subterráneos y superficiales

En el POERCX se hallan aprovechamientos de agua subterránea (pozos y norias), en el cual se encontraron un total de 77, extrayendo un volumen anual de 2.5 millones de m^3 procedentes de los acuíferos Jalapa-Coatepec y Valle de Actopan. Los usos para los cuales se destina el agua extraída son el

agrícola, doméstico, industrial, pecuario y público urbano (SIGA, 2014). En los municipios de Banderilla, Rafael Lucio, Acajete, Xico y Teocelo no hay registrados aprovechamientos de agua subterránea. Los aprovechamientos mayores se concentran al sureste de la ciudad de Coatepec (uso industrial), y al sureste de Emiliano Zapata (uso agrícola). Aprovechamientos menores se ubican en Tlalnelhuayocan, Naolinco y en la mitad norte Emiliano Zapata a lo largo de la carretera Xalapa-Veracruz. Coatepec y Emiliano Zapata son los dos municipios en que se extrae la mayor cantidad de agua subterránea, siendo que en Coatepec se destina a la industria, y en Emiliano Zapata a la agricultura.

Según SIGA de la CONAGUA (SIGA, 2014), en el POERCX se aprovechan unos 130 millones de m^3 de agua superficial. Los distintos destinos de uso del agua son clasificados como industrial (generación de energía eléctrica, procesos industriales, etc.), agrícola (riego), público urbano (red municipal o uso en centros de población), acuacultura (granjas de peces, etc.), servicios (servicios de particulares, balnearios, etc.), pecuario (ganadería) y doméstico (no red municipal). El número de sitios de aprovechamiento de aguas superficiales (tomas de agua) ascendió a 710.

El municipio de Coatepec el que tiene el mayor volumen extraído (uso consuntivo) anual (35 millones de m^3), seguido de Emiliano Zapata (14.5 millones de m^3) y Tlalnelhuayocan (12 millones de m^3). Xico ocuparía el cuarto lugar del POERCX (10 millones de m^3). Banderilla fue el municipio con menor volumen de extracción de agua superficial (360 mil m^3).

Exceptuando el caso del uso industrial en Xico (Presa Texolo), el destino del agua extraída para uso agrícola, Xico fue el de mayor consumo, seguido de Coatepec, Emiliano Zapata, Naolinco y Jilotepec. En cuanto al uso público urbano, el caso más destacado es el de Tlalnelhuayocan, en donde la gran mayoría del agua extraída para este fin se destina para Xalapa. El uso agrícola y el público urbano sumaron más del 50% del total del POERCX. El mayor número de tomas fueron las destinadas al uso público urbano. Los usos servicios, pecuario y doméstico sumaron apenas un poco más de un punto porcentual. Se observa que los mayores sitios de aprovechamiento tienen una fuerte concentración en la zona centro de Coatepec y centro-este de Xico. En las partes altas de los municipios de Xico, Coatepec, Acajete y Jilotepec, así como en Tlalnelhuayocan y Rafael Lucio, predominan las tomas del tipo público urbano, la mayoría de los cuales extrae un volumen mínimo.

En la zona urbana de Xalapa-Banderilla no se encuentran aprovechamientos superficiales. Emiliano Zapata tiene tres principales zonas con importantes cantidades de tomas, a saber, la zona oeste (la mayor en términos de volumen de extracción y número de tomas), la centro (la menor de las tres zonas) y en el este del municipio Paso del Río y límite con Actopan (la segunda mayor en volumen y número de tomas).

La subcuenca del Decozalapa es en la que se extrae más agua de la superficie (106 millones de m^3), y la que tiene también el mayor número de los sitios de aprovechamiento superficial (317). La totalidad de los aprovechamientos de Xico, Coatepec y Teocelo, además de la gran mayoría de Tlalnelhuayocan,

extraen agua de esta subcuenca. Los ríos (y afluentes del) Sordo, Pixquiac, Huehueyapan y Texolo son de los que más agua se extrae anualmente.

La subcuenca del Ídolos es la segunda por volumen extraído (16.4 millones de m^3). La práctica totalidad de los aprovechamientos (y volumen extraído) en Emiliano Zapata, y más de la mitad del volumen de Xalapa se extraen en ríos y arroyos de esta subcuenca.

En el Sedeño y su subcuenca se extraen alrededor de 6.4 millones de m^3 anuales. La totalidad de los aprovechamientos de Naolinco, Jilotepec, Rafael Lucio, Banderilla, la mayor parte de los de Acajete, y buena parte de los de Xalapa, se encuentran todos en esta subcuenca. Sin duda la subcuenca con el menor número de escurrimientos, es de la que menos agua se extrae.

Disposición de aguas

La disposición de aguas residuales se hace de al menos dos maneras: como descargas de drenajes (aguas residuales) o como aguas tratadas en una planta de tratamientos de aguas residuales (PTAR). Se ubican unos 169 puntos de descarga de aguas residuales en el POERCX, que provienen de los usos clasificados por el SIGA (2014), como acuícola, agrícola (especificado como beneficio de café), drenaje público urbano (dentro del cual se enlista el municipal), industrial (el cual no está especificado), pecuario y servicios (uso no público urbano).

El volumen anual de descarga de drenajes en el POERCX es de aproximadamente 16 millones y medio de metros cúbicos. Xalapa y Coatepec, respectivamente, son los municipios con la mayor descarga anual (juntos representan un 67% del total descargado en el POERCX). En cuanto al número de puntos de descarga, Emiliano Zapata se encuentra en primer lugar con 58, seguido de Coatepec y Xico con 29 y 20 respectivamente. En Xalapa las descargas de la red municipal (uso público urbano) representaron la totalidad de las descargas. En Coatepec, la procedencia del uso industrial del agua representó el 75% de sus descargas de drenajes; es importante resaltar la ausencia de información de descargas de drenajes procedentes del uso público urbano en este municipio (debido quizá a un alto o total porcentaje de aguas tratadas en las PTAR del mismo). Para Emiliano Zapata, las descargas de uso público urbano y acuícola hacen 90% del total municipal. Son remarcables los casos de Xico y Acajete, en los que no hay información de descargas procedentes del uso público urbano. Acajete, Rafael Lucio y Jilotepec ocupan los últimos tres lugares por volumen de descarga anual (menos de 1% combinados).

El POERCX, tiene 28 plantas de tratamiento de aguas residuales, el municipio de Coatepec tiene nueve; Xalapa siete; Acajete y Rafael Lucio no cuentan con esta instalación, mientras que la mayoría de los municipios poseen una planta de tratamiento. Las PTAR son tanto del sector público como privado y según el nivel de depuración pueden ser primarias o secundarias.

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Todos los municipios en el área del POERCX cuentan con el servicio de recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU). A pesar de ello, la separación de residuos es limitada aún, tanto en los hogares como en las empresas y comercios. Esto satura los espacios construidos para la disposición final de los RSU.

Es por ello que, en algunos municipios, se han implementado programas para dar un manejo adecuado a los residuos, como en el caso de Teocelo que cuenta con una planta de lombricomposta única en el estado de Veracruz, la cual fomenta la participación ciudadana para la separación de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos desde los hogares, existiendo para ello el servicio de recolección con dos vehículos para inorgánicos y uno exclusivo para orgánicos. Diariamente se recolectan 2,500 kg de residuos orgánicos, los cuales son procesados para la obtención de abono orgánico que finalmente es comercializado. En los municipios de Xalapa, Coatepec, Banderilla hay diferentes acciones de acopio de residuos peligrosos, o para su reutilización. Así mismo es importante mencionar que los municipios bajo estudio cuentan con rellenos sanitarios ubicados en los municipios de Emiliano Zapata y Xalapa, con una capacidad de 61,270 y 641,408 m^3, respectivamente, los cuales reciben residuos de diferentes partes de la región.

Los municipios de Banderilla y Tlalnelhuayocan depositan sus residuos en el relleno de Xalapa; Teocelo y Xico los depositan en el relleno sanitario de Emiliano Zapata. En el caso de Naolinco, existen dos tiraderos a cielo abierto, uno ubicado sobre la carretera a Tepetan y otro en la Barranca del río de la Cascada. Sin embargo, se han presentado diversas problemáticas respecto al relleno sanitario en Pinoltepec y las descargas de aguas residuales de la capital hacia el municipio vecino de Emiliano Zapata.

COMPONENTE ECONÓMICO

La inducción de usos de suelo traída por el POERCX impactará las actividades económicas que se desarrollan en el área, por lo que es necesario describir una serie de indicadores económicos que permiten tener una lectura de la situación regional, de los sectores en términos de los principales actores económicos - asociaciones de productores y se enfatiza la importancia del turismo de naturaleza como una alternativa económica.

INDICADORES ECONÓMICOS

Ingreso per cápita

Para los municipios del POERCX, se utiliza el Ingreso per cápita municipal, el mayor ingreso per cápita lo tuvo Xalapa, y fue casi cuatro veces mayor que el de Acajete, que fue el municipio con el menor ingreso per cápita. Los municipios de Jilotepec, Teocelo, Naolinco, Rafael Lucio, Xico y Tlalnelhuayocan presentan ingresos per cápita muy similares, siendo Acajete el municipio más rezagado en este rubro. Coatepec y Banderilla comparten cifras semejantes. Ambos son municipios con mayoría de habitantes

urbanos, por ende tienen ingresos medios (10,000 a 15,000 dólares anuales). Xalapa y Emiliano Zapata tienen los ingresos más altos del POERCX, situación probablemente asociada a la urbanización del municipio, Emiliano Zapata por su parte, no es un municipio con predominancia urbana; a pesar de eso, sus ingresos son medios altos.

Concentración poblacional del poder adquisitivo (CPPA) 2010

Emiliano Zapata es el municipio con mayor porcentaje de población con ingreso mayor a 2 salarios mínimos, con 61.15%, virtualmente igual que Xalapa (61.06%). Naolinco es el municipio con menor porcentaje de la población en dicha situación de ingresos (una mitad menor respecto a Emiliano Zapata y Xalapa). El municipio con la mayor cantidad de personas recibiendo hasta 1 salario mínimo es Teocelo (34.8%), seguido de cerca por Naolinco. Xalapa es el caso contrario, en donde solamente 10.5% del total recibe menos de 1 salario mínimo. Acajete tiene el mayor porcentaje con ingresos entre 1 y 2 salarios mínimos (40.84%). Destacan los casos de Jilotepec y Tlalnelhuayocan por su alto índice de "No especificados" (8.13 y 7.64% respectivamente).

Población económicamente activa (PEA) por sector

La Población Ocupada (PO) de los 11 municipios del POERCX era de 324,354 personas, de las cuales 57,278 (17.7%) se dedicaban a actividades primarias, 75,312 (23.2%) a actividades secundarias y 189,774 (58.5%) a las del sector terciario. Esta alta ocupación en actividades terciarias se debe en gran parte al municipio de Xalapa.

Xalapa abarca 65% del total de la PO del POERCX, y al ser un municipio con 79.4% de su PO en el sector terciario, ocasiona que el área del POERCX parezca en gran parte terciaria (58.5% de la PO total). Los municipios de Rafael Lucio y Acajete son los que aportan la menor PO al POERCX, con 0.8% cada uno. La mayor parte de la Población Ocupada de los municipios labora en el sector terciario, a excepción de Acajete (primario 41.4%). Las actividades secundarias muestran una importancia equivalente en cada municipio en términos de PO, al ocupar alrededor de 20% de la misma en cada municipio (23.22% en el POERCX).

Xalapa y Banderilla tienen un comportamiento muy semejante en términos de su PEA, la cual es principalmente terciaria. Coatepec y Emiliano Zapata por su parte muestran cifras semejantes entre sí. Rafael Lucio, Tlalnelhuayocan y Jilotepec forman un bloque con características semejantes, y son municipios en los que la PEA terciaria todavía ocupa más del 50% del total. En Naolinco, Teocelo y Xico, al igual que en Acajete, la PEA terciaria representa menos del 50% del total. El caso de Acajete es relevante, al ser el único municipio en donde la PEA primaria es mayor que la terciaria.

Población Ocupada en el sector primario

El 17.66% de la PO del área del POERCX realizaba actividades primarias en 2010, mostrando diferencias en cada municipio. Acajete es el municipio con mayor PO en el sector primario con 41.4%. Xico, Naolinco

y Teocelo muestran un comportamiento semejante entre sí. Por su parte Tlalnelhuayocan, Rafael Lucio, Emiliano Zapata y Coatepec presentan porcentajes semejantes entre sí. Jilotepec aparece con un valor intermedio entre estos 2 grupos. Banderilla y Xalapa son los municipios con menor PO en el sector, con sólo 2.8 y 2.5% respectivamente.

Población Ocupada en el sector secundario

El 23.22% de la PO del POERCX realizaba actividades secundarias en 2010, siendo un 6% mayor que el sector primario y 35% menor que el terciario. Rafael Lucio tiene la mayor PO en el sector secundario (28.5%), seguido de cerca por Tlalnelhuayocan y Naolinco. Los porcentajes de PO del sector secundario en los municipios del POERCX no muestran una gran variación. El municipio con el menor porcentaje de PO en el sector es Xalapa, con 16.9%.

Población Ocupada en el sector terciario

El sector terciario mostró la mayor importancia en el área del POERCX en términos de PO en 2010, con un 58.51% del total, pero mostrando grandes variaciones al interior de la misma área. Xalapa aparece como el municipio con más PO en el sector terciario, con casi 80%, más del doble que Acajete. El sector terciario fue el sector más grande en términos de la PO en 10 de los 11 municipios del área, siendo la excepción Acajete, en donde las actividades primarias ocuparon el primer lugar. En Xalapa, Banderilla, Emiliano Zapata, Coatepec, Tlalnelhuayocan, Rafael Lucio y Jilotepec, el sector terciario ocupó más de la mitad de la PO de cada municipio. En Teocelo, Xico y Naolinco, por el contrario, representó menos de la mitad, pero aun así fue el mayor sector por PO.

Tasa de participación

La mayor tasa de participación (TP) la registró Tlalnelhuayocan (58.22%), y la menor la registró Jilotepec con 47.73%. El caso de Acajete es crítico en cuanto a la participación femenina en la actividad económica, aunque tiene la mayor TP masculina. Xalapa presenta la mayor TP femenina, y coincidentemente la TP masculina más baja del POERCX. Tlalnelhuayocan tiene ambas TP relativamente elevadas, de ahí que sea el municipio con la TP total mayor del POERCX. La TP masculina de Jilotepec es la segunda menor del POERCX, al igual que su TP femenina. Es esta combinación de ambas Tasa de Participación lo que hace de Jilotepec el municipio con la TP total más baja. Son en general lo municipios con mayor TP femenina los que a su vez tienen una mayor Tasa de Participación total.

Tasa bruta de actividad económica

La Tasa Bruta de Actividad Económica (TBAE), muestra cierto grado de homogeneidad, con Coatepec y Xalapa con la mayor TBAE. Esto indica que la PO representa dicha cifra respecto de su población total. Jilotepec, Acajete, Xico y Rafael Lucio tienen la TBAE más baja del POERCX. Esto se traduce como una mayor presión económica (dependencia económica) sobre la PO de estos municipios. Los municipios con la menor Tasa de Participación femenina son Jilotepec y Acajete, siendo que Jilotepec

tiene una menor tasa de participación masculina. Jilotepec, Rafael Lucio, Acajete y Xico comparten una TBAE semejante; son las más bajas del POERCX. Los municipios con mayores tasas de participación femeninas, tienen asimismo una mayor TBAE. En estos términos, Xalapa, Coatepec y Teocelo tienen la TBAE más alta, aunque sus tasas de participación muestran diferencias. Emiliano Zapata y Banderilla comparten una semejante tasa de participación y TBAE.

Grado de ocupación de la población

Acajete es el municipio con mayor Grado de Ocupación de la Población (GOP), en donde más del 80% de la PO tiene un empleo cercano a tiempo completo. No obstante, Acajete es el municipio con el menor Ingreso per cápita. Xalapa se ubica con un valor medio, teniendo casi al 75% de la PO con un empleo casi de tiempo completo. En última posición se encuentran Naolinco y Teocelo, con un 69.4 y 70.9 % respectivamente. En términos de porcentaje de PO que trabajó más de 48 horas, Rafael Lucio va a la cabeza con 50% de su PO. Naolinco conserva el último lugar. Xalapa y Coatepec son los municipios con el menor IDE, porque proporcionalmente más gente trabaja en estos municipios. Los municipios más desfavorecidos en este sentido son Jilotepec -en primer puesto-, Rafael Lucio, Acajete y Xico; en estos municipios menos gente trabaja (PEA), por lo que tienen más gente (PNEA) que depende de los trabajadores. Estos municipios tienen también los mayores GOP. Teocelo, Tlalnelhuayocan y Naolinco muestran una situación de mayor subempleo -al tener el GOP más bajo del POERCX-, así como una situación semejante en términos de IDE. Banderilla y Emiliano Zapata tienen valores medios tanto en su GOP como IDE.

Grado de calificación de la población

El municipio con menor grado de calificación de la población (GCP), es Acajete, mientras que el mayor GCP se encuentra en el municipio de Xalapa. Banderilla, Coatepec y Emiliano Zapata poseen valores mayores a 49% de su población con un cierto grado de calificación. Xalapa es el municipio relativamente más privilegiado al tener un Grado de Calificación de la Población de 64.7%. Esto es un reflejo de la disponibilidad de instituciones educativas, y de una mayor demanda de trabajadores calificados.

Concentración municipal por grupo de actividades

La concentración municipal de actividades es el porcentaje del valor de la producción de cada grupo de actividades respecto de la Producción Bruta Total (PBT). Xalapa y Coatepec juntos representan el 87.5% del total del valor de la PBT del POERCX. Esto representa un escenario económico muy poco favorable para el resto de los municipios del POERCX. Tlalnelhuayocan y Rafael Lucio fueron los municipios que tuvieron la menor PBT, representando juntos el 0.4% del POERC. Emiliano Zapata es el municipio con mayor Valor Total de Actividades Primarias (CMAP), Coatepec en las Secundarias (CMAS) y Xalapa en las Terciarias (CMAT). Es destacable el caso de Emiliano Zapata, que muestra una polarización

en los grupos primario y terciario, teniendo un secundario escasamente desarrollado en cuanto al valor de su producción y de su importancia relativa (CMAS 5.5%).

En general los municipios que representan menor porcentaje de la PBT del POERCX son los que muestran una CMAP mayor. El caso de Emiliano Zapata destaca por la casi-paridad de su CMAP y CMAT, con una CMAS muy baja. Xico y Jilotepec tienen una CMAP y CMAS de importancia relativa semejante en cada caso. Acajete, Rafael Lucio, Naolinco y Teocelo son los municipios con una mayor CMAP, y menor CMAS. A su vez muestran una baja CMAT, siendo que Acajete destaca como el municipio con la menor de este tipo. Jilotepec y Xico muestran semejanza en su CMAP y CMAS. En cuanto a su CMAT, son semejantes a los municipios de la categoría anterior, teniendo una CMAT con relativamente poco valor de producción. Xalapa, Coatepec, Emiliano Zapata y Banderilla son casos que merecen puntualizar sobre ellos. Emiliano Zapata muestra unas CMAP y CMAT altas, con una CMAS muy baja. Coatepec tiene la CMAS más alta del POERCX, con más del 80%, y una CMAP y CMAT de poca importancia. Banderilla y Xalapa tienen un comportamiento semejante entre sí, esto es; baja CMAP, CMAS media y alta CMAT. No obstante, en Xalapa es más acentuada la dominancia de la CMAT y casi inexistencia de su CMAP.

La CMAP representa más del 40% de la PBT en 8 municipios (Acajete, Rafael Lucio, Teocelo, Naolinco, Tlalnelhuayocan, Jilotepec, Emiliano Zapata y Xico). El caso más extremo es Acajete con 96.1% de CMAP. Coatepec el municipio con la mayor CMAS, con 83.4%; también lo es en términos absolutos de valor de producción de actividades secundarias. Coatepec tuvo el mayor valor por Industria Manufacturera en el POERCX (su mayor rubro dentro de las actividades secundarias). Xalapa tiene una CMAS de menos de una quinta parte del valor de su Producción Bruta Total (17.9%), aunque es el municipio con el segundo valor absoluto más alto de producción secundaria (después de Coatepec). Xalapa tuvo el mayor valor del POERCX en minería, sector electricidad y agua, e industria de la construcción. Acajete tiene la menor CMAS (2.0%), pues depende de actividades primarias (CMAP 96.0%). En general, fue la industria manufacturera la que presentó un mayor dinamismo en términos del valor de su producción, excepto para el caso de Xalapa, en donde fue la industria de la construcción. A escala del POERCX, la CMAS representa casi un tercio del valor de la PBT, o de las actividades económicas.

Por su parte, la mayor CMAT la tiene Xalapa con 81.7% (además del mayor valor total), seguido de Banderilla y Emiliano Zapata con 60 y 50% cada uno. Xalapa tuvo además el mayor valor de cada categoría, siendo la mayor el sector transporte y comunicaciones. Exceptuando los ya mencionados, los municipios restantes mostraron un muy bajo peso relativo de actividades terciarias.

Índice de especialización económica o coeficiente de localización

En términos de ámbito o actividad de “especialización”, se tiene que siete municipios tuvieron el mayor valor de PBT en el rubro de actividad pecuaria. Se resalta el hecho de que las actividades pecuarias de los municipios del POERCX, en general, no cuentan con tecnificación. Esto es decir que, la causa por la que su Índice de Especialización Económica (IEE) en actividad pecuaria es mayor que en el estado de

Veracruz, no es porque estos municipios tengan una *especialización real* en este ámbito. Más bien se trata de municipios con una fuerte dependencia en las actividades económicas de subsistencia. La mayor especialización o dependencia del rubro pecuario lo tuvieron Acajete y Rafael Lucio, seguidos por Tlalnelhuayocan y Teocelo. La menor especialización o dependencia de la actividad pecuaria la mostraron Xico, Naolinco y Jilotepec, con un IEE de entre 5 y 10. En las actividades no primarias, Coatepec tiene un valor de producción mayor en la industria manufacturera (secundaria); Banderilla, Emiliano Zapata y Xalapa tienen su actividad con mayor valor de producción contándose entre las actividades terciarias.

Orientación sectorial de la economía municipal

Acajete, Jilotepec, y Rafael Lucio comparten la misma orientación sectorial, como alta especialización primaria. Teocelo tiene una orientación sectorial de tipo moderada especialización primaria. Xico se halla en la situación de moderada diversificación con predominio primario; Tlalnelhuayocan y Naolinco cuentan con una economía de orientación semejante, de moderada diversificación con predominio primario/secundario. Coatepec es el único municipio que se encuentra en una orientación sectorial de alta especialización secundaria. Emiliano Zapata tiene una moderada especialización terciaria, mientras que Banderilla y Xalapa tienen alta especialización terciaria.

SITUACIÓN ECONÓMICA SECTORIAL DEL POERCX

Actividades primarias

Registro Agrario Nacional (RAN) (2015), existen 100 ejidos que tienen tierras total o parcialmente en el espacio del POERCX, o bien cuyos bordes tocan a los del POERCX, siendo que las tierras ejidales ocupan poco más de un tercio del área total de la zona del POERCX. Emiliano Zapata destaca como el municipio que concentra cerca de la mitad de la superficie ejidal en el POERCX. En el caso de Xalapa, por estar completamente urbanizados, destacan los ejidos Sumidero, Luz del Barrio y Progreso Macuiltépetl, asimismo el Tronconal con la mitad de su superficie está en la misma condición. Por otro lado, Rafael Lucio y Banderilla son los municipios con la menor superficie ejidal.

Los cultivos en la zona del POERCX según el Servicio de Información Agraria y Pesquera SIAP (2015) son maíz, papa, café cereza, caña de azúcar, frijol, limón, macadamia, mango, maracuyá, naranja, plátano, zarzamora, agave, calabacita, chayote, chile verde, guanábana, marañón, nopales, papaya, jitomate (tomate rojo), tomate verde y zapote (SIAP, 2015). En el POERCX hay una superficie sembrada de 39,339. 60 hectáreas, con una superficie cosechada de 38,534.60 hectáreas, con un valor de producción aproximado a los 695 millones de pesos; siendo Emiliano Zapata y Coatepec, los que integran una mayor variedad de producto.

En cuanto a la cría y explotación de animales, el bovino (vacas) y el porcino (cerdos), son los más importantes en términos de volúmenes y valores de producción en el área del POERCX. De manera

particular, hay una producción de 2,452 toneladas de aves, 2,395 de ganado bovino y 4,695 de porcino, mientras que el ganado caprino y el ovino suman 355 toneladas. La producción de Leche bovino, Leche de caprino y Huevo representa 37,670.16 toneladas, mientras que la producción de Miel, Cera en greña y Lana sucia generó 239.35 toneladas.

La piscicultura de fomento fue un programa importante para que las áreas rurales aprendieran a producir peces para autoconsumo y sus excedentes para la venta. En el POERCX se encuentra el Comité del Sistema Producto Trucha de Veracruz que busca impulsar la producción, comercialización, así como incentivar el consumo de la especie. Los municipios donde se cultiva trucha en la región son Tlalnelhuayocan, Emiliano Zapata, Coatepec, Xico y Xalapa.

En cuanto a la apicultura, los rendimientos de producción en el estado de Veracruz han rebasado en mucho la media nacional de los 36 kg a más de 50 kg en promedio por colmena anual. Las colmenas registradas en Coatepec son 4,970, en Emiliano Zapata 1,640 y en Xico con 250. Dentro de los municipios que integran el POERCX, el municipio de Coatepec cuenta con 21 productores apícolas, Emiliano Zapata con 17 y Xico con 2 productores.

Actividades secundarias

En el área del POERCX la actividad secundaria está concentrada en la industria manufacturera, representando el 72.01% de la producción bruta total (PBT) (Censo económico 2009, INEGI). El municipio de Coatepec es en el que las actividades secundarias tienen un mayor peso relativo, contando con industria alimentaria, beneficios de café, beneficios de arroz, el ingenio azucarero de Mahuixtlán, así como también productos químicos industriales, bodegas de fertilizantes y químicos farmacéuticos, otras industrias manufactureras de artesanías y florales. En particular destacan las fábricas de la Nestlé Coatepec, de maquinaria para procesar café y la embotelladora de la Coca Cola.

Según el Censo económico (INEGI, 2009), los municipios que se destacan en la actividad minera, son Acajete y Xalapa. En la Joya, localidad del municipio de Acajete, existe un banco de material, el principal yacimiento de mineral de material no metálico activo es de basalto, y los principales productos extraídos son: arena y grava (SGM, 2014).

Con relación a la industria manufacturera, en el POERCX existen 1,365 empresas registradas dedicadas a la industria con base en información del SIEM (2013). El municipio de Xalapa destaca con 1,171 empresas y Rafael Lucio en el extremo con una sola; donde las micro y medianas empresas son las predominantes. La Asociación de Industriales del Estado de Veracruz (AIEVAC), en la Región Xalapa, agrupa a 19 empresas dedicadas a diferentes ramas de la producción, destacan los municipios de Coatepec y Xalapa con cuatro y tres empresas afiliadas respectivamente. Coatepec se desenvuelve en la industria metalúrgica, el plástico y alimentos; Xalapa en la construcción, laboratorios de diagnóstico y telecomunicaciones. Los municipios de Emiliano Zapata y Teocelo albergan empresas de la agroindustria y beneficios de café. Según el Censo económico 2009, se registran 689 UE en el subsector construcción.

Los principales rubros son: zonas residenciales; construcción de obras para el tratamiento, distribución y suministro de agua y drenaje; e instalaciones y equipamiento en construcciones.

Actividades terciarias

El POERCX cuenta con una red carretera de 578 km, que incluyen carreteras federales, estatales y caminos rurales. Se destaca el caso del municipio de Emiliano Zapata, que cuenta con 155 km de red carretera y que abarca desde Xalapa al puerto de Veracruz. El municipio de Xalapa cuenta con 82 km de longitud carretera y tiene condiciones similares al ser un punto intermedio entre la salida a la ciudad de México y la salida al puerto de Veracruz. Con relación a la transportación aérea, se conoce de la intención de modernizar el aeropuerto El Lencero en Emiliano Zapata, a través de la construcción de una nueva pista de 2,300 m y mejoramiento de la infraestructura existente; también se considera concluir el libramiento ferroviario de Xalapa y la construcción de un paso vehicular en el entronque de la Av. Chedraui Caram y las vías de ferrocarril en el mismo municipio.

En el área de estudio, en el comercio al por mayor, destaca el municipio de Xalapa en diferentes tipos de comercio al mayoreo como lo son: abarrotes, huevo, semillas y granos alimenticios, especias, productos lácteos, artículos de papelería, materias primas agropecuarias y forestales, materiales para la construcción, materiales de desecho. Los municipios de Xalapa, Coatepec y Emiliano Zapata, destacan en maquinaria y equipo agropecuario, forestal para la pesca, maquinaria y equipo para la construcción y la minería.

De acuerdo a la regionalización de la Ley de Turismo para el Estado de Veracruz, el POERCX se halla en la región de “Cultura y Aventura”. Algunos municipios del POERCX han invertido en materia turística, como Xico con el mejoramiento de la imagen urbana y construcción de un museo de sitio, Coatepec con el mejoramiento de la imagen urbana y equipamiento turístico, y Xalapa con el corredor turístico “Parque Juárez-Los Lagos”.

Se destaca el hecho de que en la región del POERCX se ubican dos zonas de monumentos históricos, correspondientes a los centros históricos de las ciudades de Xalapa y Coatepec; además Coatepec y Xico son parte del programa de Pueblos Mágicos de la SECTUR federal.

Las actividades turísticas que se pueden desempeñar se agruparon en cuatro tipos de rutas: de turismo cultural (importancia cultural - religiosa como iglesias, museos, haciendas, monumentos), de ciclismo, de senderismo y de turismo de aventura (incluye actividades acuáticas -kayak, natación, cañonismo-, escénicas -miradores, sitios con alto valor para observación de flora y fauna-, espeleología - cuevas-, y otros deportes de aventura -rappel, tirolesa, parapente-).

En el área del POERCX se ubican muchos espacios con aptitud para el turismo de naturaleza, muchos de ellos de carácter intermunicipal o regional. En Acajete destacan 6 puntos tuirísticos para realizar actividades de Senderismo, taller artesanal, rappel, tirolesa, ciclismo, campismo y gastronomía, entre

otras, además de una ruta turística con aptitud para el ciclismo y el campismo. En Banderilla encontraos tres puntos turísticos y dos rutas turísticas con aptitudes para el senderismo, cañonismo, ciclismo, campismo, gastronomía y motocross.

Coatepec cuenta con 8 puntos turísticos, además de que su centro está considerado como zona de monumentos históricos, por otro lado, en el territorio del municipio se identifican seis rutas turísticas, para actividades de senderismo, motocross, ciclismo, gastronimía, historia, entre otros. En Emiliano Zapata, se ubican once puntos turísticos y seis rutas turísticas, con actividades diversas de observación, rappel, senderismo, kayak, espeleología, cañonismo, ciclismo, historia, gastronomía, entre otras.

Jilotepec cuenta con cinco puntos turísticos y dos rutas turísticas, donde se pueden realizar actividades acuáticas, espeleología, espiritual, senderismo, cañonismo, ciclismo, campismo, gastronomía. Naolinco presenta cuatro puntos turísticos y cuatro rutas turísticas, con aptitud para actividades culturales, de observación, parapente, senderimos, cañonismo, ciclismo gastronomía, otros. Por su lado, Rafael Lucio es que presenta menos espacios con características óptimas para este tipo de turismo, con sólo tres puntos turísticos, relacionados principalmente con actividades culturales.

Teocelo ofrece siete opciones de visita y seis rutas para practicar el ciclismo, el senderismo, y actividades culturales. Tlalnelhuayocan ofrece tres puntos turísticos y tres rutas, principalmente para realizar actividades culturales y Motocross, ciclismo, gastronomía.

La ubicación geográfica e infraestructura del municipio de Xalapa le permite ser el punto de partida de un gran número de rutas turísticas que se conectan con rutas de otros municipios, además de contar con varios puntos turísticos en la ciudad propiamente dicha. Cultural e históricamente hablando, las posibilidades son abundantes por sus museos, orquestas, teatros y numerosos inmuebles de valor histórico y estético; el centro histórico de la ciudad goza del decreto de Zona de monumentos históricos del INAH (en el área del POERCX Coatepec también tiene este estatus). Fuera de su zona urbana se ubican nueve sitios de interés y ocho rutas que pueden ofrecer actividades de tipo histórico, cultural, educativo, gastronómico, senderismo, ciclismo y observación de aves, otros.

Por último Xico cuenta con abundates alternativas para el desarrollo de actividades turísticas (culturales y de naturaleza), ya que su zona de influencia turística es una de las más grandes en el área del POERCX. La cabecera municipal es uno de los Pueblos Mágicos de la SECTUR, contando con este distintivo por su arquitectura barroca y neoclásica. Particularmente ofrece diez sitios turísticos y catorce posibles rutas turísticas con posibilidad de actividades relacionadas con Senderismo, kayak, cañonismo, tirolesa, ciclismo, campismo, gastronomía, motocross, actividades de tipo cultural histórico, gastronómico, espiritual, entre otros.

El turismo arqueológico está muy poco desarrollado en la región; no obstante, según recientes investigaciones realizadas por el proyecto Áreas Geográfico Culturales del Instituto Nacional de

Antropología e Historia (INAH-Veracruz) unidad Xalapa, en el área del POERCX se han localizado 16 sitios arqueológicos *(Cuadro 1)*.

Cuadro 1. Sitios arqueológicos registrados en municipios del POERCX.

Nombre del sitio	Municipio	Coordenadas geográficas Latitud (norte) / Longitud (oeste)
No. 21 Banderilla Cementerio	Banderilla	19° 35' 49.94" N / 96° 56' 41.80" O
Xaltepec		19° 36' 14.22" N / 96° 56' 30.72" O
Campo Viejo	Coatepec	19° 26' 41.70" N / 96° 56' 44.48" O
Zoncuantla (Metlapiles)		19° 29' 44.27" N / 96° 57' 33.78" O
Teocelo	Teocelo	19° 22' 56.33" N / 96° 58' 38.41" O
No. 12 El Poste	Tlalnelhuayocan	19° 33' 00.54" N / 96° 58' 04.37" O
No. 32 El Estropajo	Tlalnelhuayocan/Xalapa	19° 33' 38.98" N / 96° 57' 32.15" O
No. 4 La Gravera	Xalapa	19° 35' 08.29" N / 96° 50' 29.18" O
No. 8 Los Nísperos		19° 32' 34.20" N / 96° 52' 11.56" O
No.10 Xolostla		19° 32' 41.27" N / 96° 57' 54.88" O
No. 14 Colonia 21 de Marzo		19° 34' 31.29" N / 96° 56' 05.91" O
No. 16 Palo Verde		19° 31' 30.99" N / 96° 53' 53.57" O
Macuiltépetl		19° 32' 45.55" N / 96° 55'04.03" O
El Radio		19° 31' 06.14" N / 96° 53' 10.50" O
Chiltoyac		19° 34' 16.44" N / 96° 51' 59.46" O
Xico	Xico	19° 24' 51.33" N / 96° 59' 36.24" O
Fuente: Proyecto Áreas- Geográfico Culturales Centro INAH Veracruz, Unidad Xalapa 2010.		

3. DIAGNÓSTICO

La etapa de diagnóstico se compone de cuatro secciones principales: la evaluación de los peligros naturales, las tendencias de deterioro ambiental en el área, los modelos de aptitud e identificación de las áreas a proteger/conservar y restaurar, y la determinación de conflictos ambientales.

PELIGROS NATURALES

Se evaluaron los peligros geológicos (deslizamientos, erosión y sismos) los hidrometeorológicos/climáticos (inundaciones y trayectorias de huracanes) y los posibles efectos del cambio climático (escenarios de cambio de temperatura y precipitación para los años 2030 y 2050).

Las variables utilizadas para modelar los deslizamientos fueron la pendiente, los tipos de roca, la presencia de fallas y fracturas, la edafología y la cobertura de vegetación y uso de suelo. Como

resultados principales se encontró que la mayoría de la región presenta niveles bajos de peligros de deslizamiento, y es en los municipios de Teocelo, Xico, Coatepec y Acajete en los que se presentan la mayoría de las áreas de peligro alto y muy alto.

Para calcular el peligro de erosión se utilizó la ecuación universal revisada de perdida de suelo (RUSLE); el mapa resultante mostró que en la barranca de Matlacóbatl (en Teocelo) se da la mayor pérdida de suelo (415.45 Ton/ha/año). En las zonas cañeras y cafetaleras de Coatepec, Xico y Naolinco y Jilotepec se registran valores medio a altos.

El área del POERCX se encuentra en una zona de sismicidad media, de acuerdo al Servicio Sismológico Nacional. Consultando los registros históricos de la misma institución, y del Centro Internacional Sismológico, se interpolaron las magnitudes de los epicentros ocurridos en el área, siendo que los más fuertes han ocurrido en Naolinco, con magnitudes de apenas 3.9° Richter.

Para el modelado del peligro de inundación se utilizaron como variables: pendiente, geoformas, edafología y geología. Se identificó que ciertas áreas con pendientes de entre 0° y 6° en los municipios de Emiliano Zapata, Coatepec, Teocelo, Jilotepec y Naolinco presentan categorías de medio, alto y muy alto de este peligro (sobre todo en valles fluviales).

En el caso de los ciclones tropicales, se analizaron todas las trayectorias de los ocurridos entre 1950 y 2015 en un área de 50 km a la redonda de los límites exteriores del POERCX (datos obtenidos de la NOAA). El resultado muestra que los ojos de los huracanes circulan principalmente al norte del área del POERCX, o bien por el Golfo de México; desde 1950 solo dos ciclones han pasado directamente sobre los municipios del POERCX.

En cuanto a los pronósticos de cambio climático para la región, se utilizaron los escenarios A2 y B2 del modelo ECHAM5 para el corto y largo plazo (2030 y 2050 respectivamente). Para cada año y cada escenario las variables climáticas analizadas fueron la temperatura en el mes más frío y el más caliente (enero y mayo, en orden) y las precipitaciones mínimas (marzo) y máximas (septiembre).

Respecto a los cambios que podrían presentarse se destaca el incremento generalizado de las temperaturas en ambos periodos (2030 y 2050) y en ambos escenarios (A2 y B2), excepto en los municipios que se ubican hacia la parte baja del POERCX (principalmente Emiliano Zapata y parte de Naolinco) en donde las temperaturas se mantendrán relativamente estables o inclusive disminuirán.

Tomando en cuenta dichas modificaciones a los regímenes térmicos, se puede concluir que toda la franja que se ubica por encima de los 900 msnm será la zona en donde habrá mayores afectaciones en los plantíos de café y en el bosque mesófilo de montaña, ya que dichas unidades ambientales son muy susceptibles a los cambios de temperatura, pues estas a ser más elevadas propiciaran que el ambiente sea más seco y cálido. De la misma manera, los bosques de coníferas y de pino y encino tenderán a

modificar su distribución hacia lugares más templados, siempre y cuando las condiciones físicas lo permitan (tipo de suelo, roca o inclinación del terreno). Respecto a las selvas, están se mantendrían relativamente iguales, aunque la tendencia es a que su distribución se vea ampliada debido a las condiciones propicias para su desarrollo.

Por otra parte, para el caso de la precipitación se tiene que en ambos periodos analizados (2030 - 2050) la tendencia observada es que los meses más secos del año sean aún más secos, pues la precipitación disminuirá considerablemente. Al contrario, los meses más lluviosos se volverán más húmedos puesto que se pronostica que llueva más.

PROCESOS DE DETERIORO Y DEGRADACIÓN AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LAS TASAS DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO

En el periodo 1979-1993 las coberturas de vegetación y uso de suelo (CVUS) que manifestaron mayores tasas de cambio de cobertura y uso de suelo (CCUS) negativo fueron las coberturas de Vegetación Secundaria y Selva Baja Caducifolia (SBC), es decir, este periodo muestra un proceso de afectación en el 8.5 % de la superficie total, en la que se perdió 4,379 ha de Vegetación Primaria (VP) y 6,790 ha de Vegetación Secundaria (VS) *(Cuadro 2)*, con un decremento de cobertura por año de 437 ha y 679 ha respectivamente. Situación que se relaciona con el incremento en el uso de suelo agrícola y urbano, con tasas de crecimiento anual de 377 ha y 267 ha respectivamente, lo cual significa que el aumento de estas coberturas se presentó en el 5 % (6,450 ha) del área total de estudio para dicho periodo.

Para el periodo 1993-2000 el proceso de decremento de la VP y VS disminuyó en comparación con el periodo anterior, ya que las principales tasas negativas presentes en Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), Bosque de Pino-Encino y VS suman 8,928 ha, es decir, se presentó un decremento de superficie de Bosques y VS en el 6 % del área total de estudio; sin embargo, el incremento de pastizales, agricultura y usos urbano mantuvo su ritmo con un crecimiento anual de 485 ha, 253 ha y 220 ha respectivamente. Lo que representa un ligero aumento de superficies bajo uso agropecuario y urbano, del 5 al 7 % con respecto al periodo anterior.

Durante el periodo 2000-2013 el decremento de VP fue menor que en los periodos 1979-1993 y 1993-2000. Las tasas negativas más significativas se presentaron en el BMM y el cafetal de sombra (sistema productivo mezclado con VP o secundaria); así entonces, ambas coberturas perdieron en total 5,947 ha (4.5% del área total de estudio), de igual manera, los usos de suelo agrícola y urbano representan un crecimiento menor del obtenido en el periodo 1979-1993, es decir, suman entre ambas coberturas una superficie de 5,737 ha (4 % del área total de estudio); cabe señalar que el uso urbano presentó para este periodo de tiempo (2000-2013), un crecimiento anual de 508 ha, el mayor en los tres periodos analizados.

Finalmente, las tasas de cambio más significativas obtenidas para el periodo 1979-2013 muestran que en un periodo de 33 años el decremento de la VP y secundaria resultó similar al incremento del uso de suelo agropecuario y urbano, ya que las tasas de cambio negativa de las coberturas de BMM, SBC y VS manifestaron un decremento anual de 170 ha, 129 ha y 231 ha respectivamente, lo que equivale a 17,503 ha (13 % de la superficie total de la zona de estudio), por su parte, el uso de suelo agrícola, los pastizales y el uso urbano tuvieron un crecimiento anual de 210 ha, 2 ha y 301 ha respectivamente; suman en total una superficie de 16,994 ha, representando también un 13 % del área total de estudio.

Cuadro 2. Tasas de cambio de cobertura y usos de suelo para cuatro periodos de tiempo.

CVUS	Superficie en hectáreas				Tasas de cambio				Cambio en superficie (ha)			
	1979	1993	2000	2013	1979-1993	1993-2000	2000-2013	1979-2013	1979-1993	1993-2000	2000-2013	1979-2013
BMM	14581.17	16165.17	10533.66	8957.49	1.21	-4.29	-1.2	-4.29	1584	-5631.51	-1576	-5623.68
BE	2310.99	1980.55	2627.17	3287.5	-0.25	0.49	0.5	0.74	-330.44	646.62	660.33	976.51
BC	6494.72	6467.55	6543.12	6467.62	-0.02	0.06	-0.06	-0.02	-27.17	75.57	-75.5	-27.1
BPE	2251.1	4072.00	1778.95	2439.68	1.39	-1.75	0.5	0.14	1820.9	-2293.05	660.73	188.58
SBC	7587.53	3207.88	3437.12	3330.87	-3.34	0.17	-0.08	-3.24	-4379.65	229.24	-106.25	-4256.66
VR	2014.97	2492.97	2327.07	1937.27	0.36	-0.13	-0.3	-0.06	478	-165.9	-389.8	-77.7
PAM	94.81	118.54	104.69	112.7	0.02	-0.01	0.01	0.01	23.73	-13.85	8.01	17.89
VS	37775.86	30985.10	29980.36	30152.27	-5.17	-0.77	0.13	-5.8	-6790.76	-1004.74	171.91	-7623.59
CS	19193.41	24303.13	22883.25	18512.21	3.89	-1.08	-3.33	-0.52	5109.72	-1419.88	-4371	-681.2
AG	7142.56	10921.58	13453.43	14105.22	2.88	1.93	0.5	5.31	3779.02	2531.85	651.79	6962.66
P	29039.76	25059.49	29909.52	29108.43	-3.03	3.7	-0.61	0.05	-3980.27	4850.03	-801	68.67
U	2671.04	5342.65	7547.36	12634.29	2.04	1.68	3.88	7.59	2671.61	2204.71	5087	9963.25
A	72.81	114.12	105.03	185.18	0.03	-0.01	0.06	0.09	41.31	-9.09	80.15	112.37

BMM: Bosque Mesófilo de Montaña, BE: Bosque de Encino, BC: Bosque de Coníferas, BPE: Bosque de Pino-Encino, SBC: Selva baja caducifolia, VR: Vegetación Ribereña, PAM: Pradera de Alta Montaña, VS: Vegetación secundaria, CS: Cafetal de Sombra, AG: Agrícola, P: Pastizal, U: Urbano, A: Agua.

El proceso de deforestación que presentó la vegetación secundaria a partir de 1979, se debe en parte por su transición hacia cañales, ya que la vegetación secundaria perdió el 6 % (2,371 ha) de su superficie por la siembra de caña. Así mismo, el cafetal de sombra perdió en 1979 un 6 % (1,253 ha) de su superficie total por este tipo de cultivo; y el pastizal cedió 2,079 ha (7% de su área total en 1979) a los cañales. La vegetación primaria muestra cambios mínimos hacia caña con solo el 2 % (702 ha) de su territorio.

Para 1993 la vegetación secundaria presentó menor superficie con transición hacia cañales, manifestando un 3 % (889 ha) de su área total con el cultivo; además, la caña redujo significativamente su presencia en pastizales ocupando para este año sólo el 3 % de su superficie. Situación menos

favorable presentaron los cafetales de sombra, aumentando la expansión de cañales en el 8 % (1,960 ha) de su territorio. Por otra parte, la transición a cultivo de caña en la vegetación primaria sigue siendo mínima, con cambios en el .5 % (182 ha) de su superficie total.

El cafetal de sombra cambió 1,270 ha (6 % de su área total) a cañales. Por el contrario, el pastizal sigue mostrando un decremento considerable en su transición hacia caña con cambios en el 1.6 % (500 ha) de su área total, mismo comportamiento tiene la vegetación secundaria, disminuyendo el territorio perdido por cultivos de caña en superficie equivalente al 2 % (681 ha) de su territorio. De lo anterior, se concluye que del año 1979 al año 2000 las coberturas de vegetación secundaria, pastizal y vegetación primaria presentaron un decremento continuo hacia cañales. Esta tendencia se vio más marcada entre 1979 y 1993. Posteriormente entre 1993 y 2000 el decremento fue menor pero se mantuvo. Cabe señalar que, aun cuando la transición de vegetación primaria hacia caña no fue significativa, la cobertura más afectada por dicho cambio en las tres fechas señaladas fue la SBC. Por otra parte, el cafetal de sombra es la cobertura que mantiene una tendencia en la transición hacia cultivos de caña, el año más fuerte de dicho cambio se presentó en 1993, sin embargo, para el año 2000 mantuvo el mismo porcentaje de su superficie (6 %) con cultivos de caña que el que presentó en 1979; es decir, el cafetal de sombra representa la cobertura con mayor susceptibilidad al cambio por este tipo de cultivo.

CALIDAD DEL AGUA

Comparando la composición del líquido expulsado en los sitios de descarga de aguas residuales en el área del POERCX con la NOM-001-SEMARNAT-1996, se encuentra que 12 de estos sitios exceden el límite máximo permisible en coliformes fecales. Por otro lado, de acuerdo a mediciones de 13 parámetros en 29 sitios de muestreo en cuerpos de agua, los valores de los parámetros excedieron en al menos alguna de las mediciones los límites permisibles de coliformes fecales (presentes en todos los sitios), color verdadero, DBO, amoniaco, pH, turbiedad o cadmio; el nivel de concentración de los contaminantes depende del caudal del río –variable en época de lluvias y de secas-.

Con base en la información anterior, más todas las descargas de aguas residuales (no solo las que excedieron en coliformes fecales), la ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y la CVUS 2013 se definió la calidad de agua de los principales ríos del área del POERCX. La calidad del agua de los ríos se categorizó en tres niveles: admisible, impropio e inadmisible.

Aproximadamente 762 km de ríos tienen calidad admisible, 419 km impropia y 245 km inadmisible. Los principales ríos que se encuentran en un nivel inadmisible -en su totalidad o en alguna sección- son: el Río Sordo, Río Texolo, Río Pixquiac, Río San Antonio y Río Sedeño, entre otros. Las principales causas de su contaminación son las relacionadas al servicio de drenaje público-urbano, uso acuícola y procesos industriales.

Entre los principales ríos con nivel impropio se encuentran los ríos: Naolinco, Pixquiac, Azul, Matlacóbatl, Texolo, Sordo y San Andrés, en los cuales, la descarga de agua contaminada se debe principalmente al drenaje urbano, procesos industriales como el despulpado y secado de café y al uso acuícola.

Algunos de los ríos principales que presentan un nivel admisible en la zona del POERCX (aunque no en la totalidad de su curso) son el Tepetlayo, Caracol, La Palma, Sordo (arriba), Sedeño, Pixquiac (abajo), entre otros.

ÁREAS A PROTEGER, RESTAURAR Y APROVECHAR

En el diagnóstico se deben identifican y describir aquellas áreas que por sus características físicas, biológicas, sociales y económicas tienen prioridad o aptitud para el desarrollo de las actividades sectoriales (conservación, restauración, agricultura, ganadería, uso forestal, ecoturismo, industria, asentamientos urbanos, generación de energía, etc.). El análisis de prioridad o aptitud consiste en una modelación multicriterio que, a través de la interpolación topológica de características físicas, ambientales y sociales, produce un gradiente de idoneidad para que un sitio sea apto o no para desarrollar las actividades sectoriales principales dentro del territorio a ordenar.

RECONOCIMIENTO DE ÁREAS A CONSERVAR Y RESTAURAR

Modelo de protección-conservación

Este modelo tiene como propósito la identificación de las áreas que actualmente 1) son las más relevantes en términos de procesos ecológicos y servicios ecosistémicos, y 2) son estratégicas y viables para la implementación de políticas de protección y conservación. Para lograr dicha identificación, se empleó un análisis multicriterio basado en 10 variables (modelo de conservación general): importancia biológica del ecosistema, zonificación de cuencas, captura de carbono, áreas naturales no adyacentes a áreas antrópicas, pendiente, vegetación primaria sin cambios, accesibilidad por vías de comunicación, distancia a localidades, distancia a espacios naturales protegidos y áreas urbanas. Además se incorporaron los valles fluviales de ríos con nivel de calidad de agua admisible (modelo de conservación de valles fluviales).

El modelo resultante *(Figura 5)* muestra que las áreas de mayor importancia (clase Muy Alta) se encuentran concentradas sobre el municipio de Xico en su porción norte- noreste en las cercanías al Cofre de Perote, el mismo caso para Coatepec. En el municipio de Acajete se encuentran zonas de bosque de coníferas, pino-encino y BMM con valor Muy Alto, prolongándose hasta Tlalnelhuayocan. En Jilotepec destaca selva baja sobre sustrato de lava (malpaís) con valor Muy Alto y Alto. Naolinco tiene también un fragmento de bosque mesófilo con valor Muy Alto. En Emiliano Zapata el cerro Tepeapulco (bosque de encinos) y un manchón de selva baja al norte de Plan del Río son las dos áreas más representativas en la categoría Muy alta. El suroeste de Banderilla presenta un manchón importante de

BMM con aptitud Muy Alta. Cabe mencionar que ciertas zonas de cafetal de sombra al este de Coatepec y Xico tienen categoría Alta.

Por su parte, los valles fluviales en la zona montañosa de Acajete y Tlalnelhuayocan, coinciden en gran medida con áreas de categoría Muy Alta del Modelo de conservación general. En Emiliano Zapata se halla una mezcla de lomeríos y valles fluviales con vegetación ribereña en dos zonas principales: la primera al sur de Otates (municipio de Actopan) y noreste de Ojuelos (municipio de Emiliano Zapata); la segunda al norte de Tigrillos y oeste de La Cumbre. En Teocelo destacan valles fluviales como prioridad de conservación.

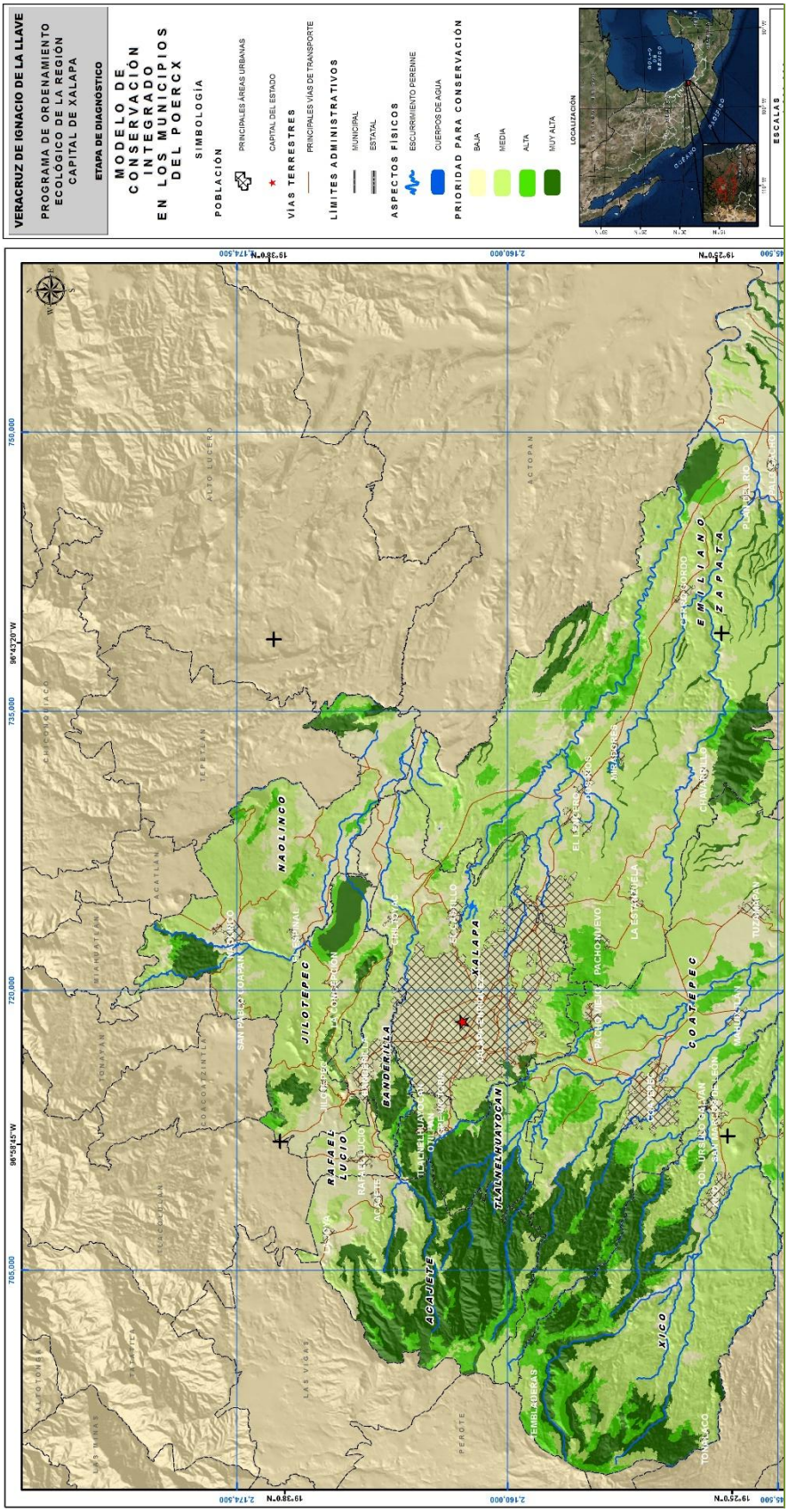


Figura 5. Modelo de conservación integrado.

Identificación de zonas prioritarias para la restauración ecológica

La restauración guarda una estrecha relación con la protección ambiental, puesto que ambas políticas velan por la continuación –en el largo plazo- de los beneficios ecológicos y servicios ambientales de regiones determinadas. Puede decirse, de forma general, que las áreas que actualmente se restauran, una vez completadas sus restauraciones y recuperado el equilibrio ecológico, podrían constituirse aptas para la conservación, en un proceso dinámico.

La restauración se lleva a cabo en sitios que tienen degradación ambiental, por diversas causas y en diversas magnitudes. Estos sitios tienen distintas prioridades para su restauración en función de los beneficios múltiples y estratégicos que pueden llegar a brindar; para determinar dicha prioridad, se utilizó un modelo multicriterio de 8 variables (modelo de restauración general): pérdida del ecosistema, importancia biológica del ecosistema potencial, erosión, peligros, distancia a vegetación primaria, ecosistemas perturbados, zonificación de cuencas, áreas urbanas. Además de las áreas identificadas en el modelo de restauración general, se elaboró un modelo de corredores ecológicos, el cual conecta las áreas más importantes a conservar, y se incorporaron los valles fluviales de los ríos con niveles de calidad de agua impropio e inadmisible.

Los espacios que presentan necesidad u oportunidad de restauración en general *(Figura 6)* son, por una parte, las zonas de vegetación secundaria, cafetal de sombra y tierras agropecuarias que circundan los bosques primarios en Coatepec, Acajete y Xico. En el centro este de Teocelo –a lo largo de las barrancas de Matlacóbatl- se ubica una de las áreas prioritarias a restaurar, por causa de la alta pérdida de suelo y peligros de deslizamientos. El oeste del mismo municipio posee asociaciones de BMM perturbando, cafetal de sombra y vegetación secundaria, que son estratégicas para la restauración. En el este de Banderilla y sur de Jilotepec se encuentra una amplia zona con oportunidad Muy alta de restauración. Porciones de menor tamaño en Naolinco y Emiliano Zapata son estratégicas para la restauración.

Entre los ríos y valles fluviales con máxima prioridad de restauración están Paso de la Milpa, San Antonio, Paso Hondo y El Coyolar en el municipio de Emiliano Zapata. En el municipio de Xico son los ríos Texolo, Paso Limón, el río Matlacóbatl, Texoco, Pintores, Río Sordo, Pixquiac, Calpixcán. En Naolinco se encuentra el río con el mismo nombre. Por último está el río Sedeño, que recorre cinco municipios del POERCX (Acajete, Tlalnelhuayocan, Banderilla, Xalapa y Emiliano Zapata) hasta unirse al río Actopan y a partir de su paso por la conurbación Xalapa-Banderilla, contamina debido a la gran descarga de aguas residuales que llegan hasta él.

En cuanto a corredores ecológicos, la mayor longitud de corredores –que varían en su longitud, forma y grosor- transcurre en Emiliano Zapata, uniendo el cerro Tepeapulco (bosque de encinos) con manchones de SBC. También conectan a las áreas de Muy alta importancia de conservación en Naolinco (BMM) y Jilotepec (malpaís). El corredor emplazado en el oriente de Xalapa se ubica en buena parte dentro de una de las “islas” del ANP Archipiélago de Bosques y Selvas. Por el norte y oeste de Banderilla se unen los

remanentes de BMM con los fragmentos de mayor tamaño del mismo en Tlalnelhuayocan, Acajete y Coatepec. Además, conectando los bosques de coníferas y pino-encino del Parque Nacional Cofre de Perote con el resto de los mismos, se presenta el corredor que avanza por el noroeste de Xico hacia el suroeste de Acajete.

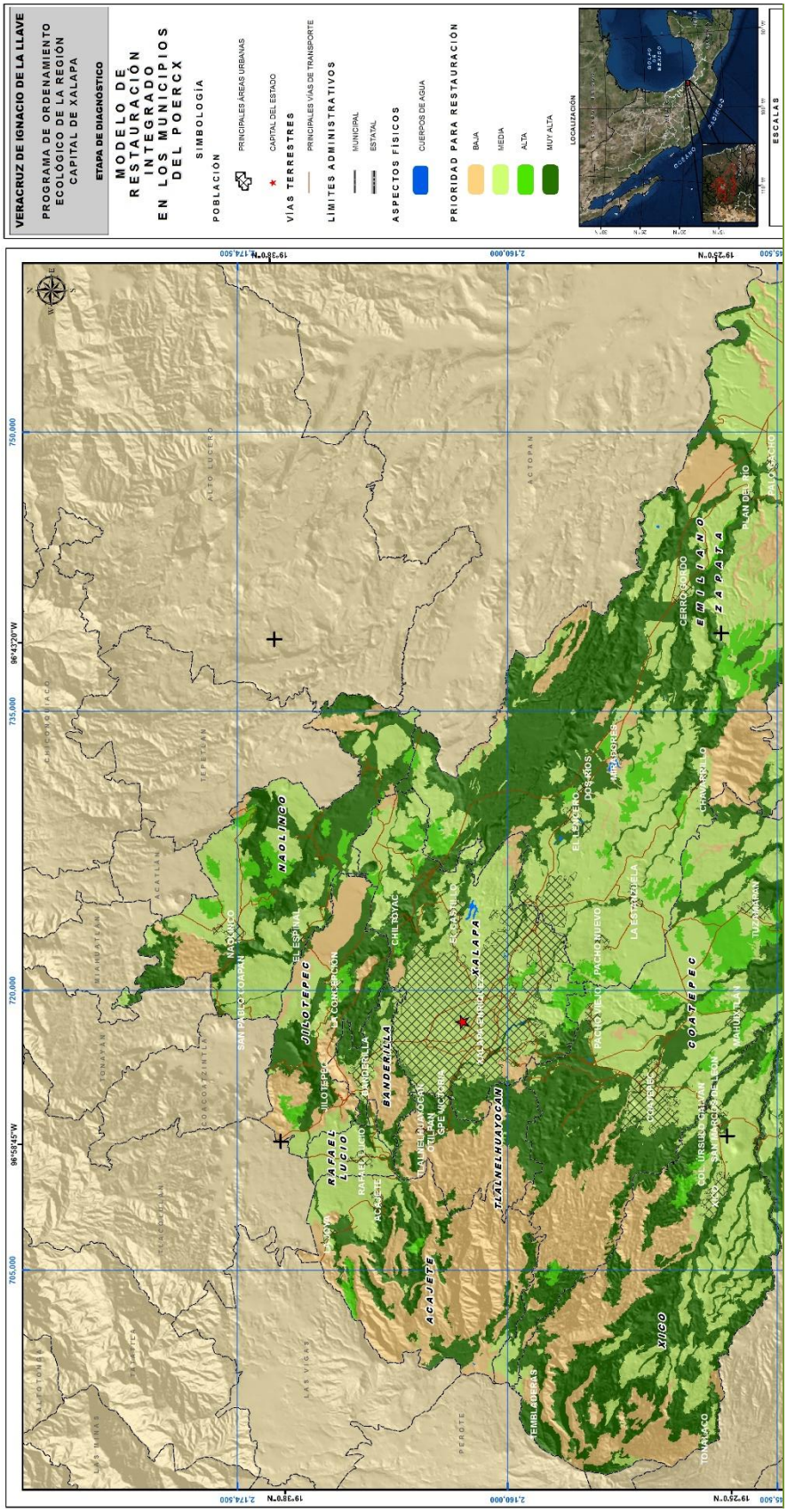


Figura 6. Modelo de restauración integrado

ANÁLISIS DE APTITUD SECTORIAL (ÁREAS DE APROVECHAMIENTO)

Aprovechamiento forestal

El modelo de aptitud forestal se construyó con 6 atributos: potencial de aprovechamiento de la CONAFOR, tipo de suelo, inclinación, potencial de forestación (CONAFOR), áreas urbanas, zonas de aprovechamiento restringido o prohibido.

Con aptitud muy alta se encuentran los bosque de coníferas y pino-encino mayoritariamente; estas áreas se localizan al oeste de la ciudad de Xalapa y contribuyen con un 3.9% de la superficie total. Las zonas de aptitud alta, equivalente a un 24% de la superficie de la región del POERCX, se encuentran distribuidas en áreas continuas y fragmentadas hacia el este y oeste de la ciudad de Xalapa respectivamente. Con un 55% de la superficie total se encuentran las zonas con aptitud forestal media, estas áreas constituyen la mayor proporción del área del POERCX.

Finalmente las zonas de aptitud forestal baja ocupan un 7% de la superficie total de la zona del POERCX. Estas áreas están asociadas a fuertes pendientes con alto riesgo de erosión, principalmente con BMM. Es importante mencionar que el BMM por albergar una alta diversidad de recursos forestales podría ser sujeto de aprovechamientos en forma sostenible, por ejemplo podrían aprovecharse diferentes especies de encinos y especies de crecimiento rápido como *Liquidambar styraciflua*; sin embargo, se le asigna el valor mínimo dado que las superficies seleccionadas corresponden a los fragmentos mejor conservados que por su importancia biológica y los servicios ecosistémicos que brinda, su eventual aprovechamiento podría llevarse a cabo solo en forma restringida, considerando limitaciones y medidas especiales de precaución sobre volúmenes, especies y productos forestales para evitar poner en riesgo la biodiversidad y los servicios ambientales en la zona del aprovechamiento.

Agricultura

El modelo de aptitud agrícola muestra aquellas zonas con mejores condiciones para su desarrollo, pero con el menor impacto ecológico, para la identificación de esta áreas fue necesario un análisis de multicriterio basado en nueve variables; cobertura de vegetación y uso de suelo, tipo de suelo, textura de suelo, inclinación, precipitación, ENP, vegetación con importancia ecológica mayor, peligros y área urbanas.

Con aptitud muy alta se encuentra en parte del centro – suroeste y sureste del municipio de Naolinco, en el límite noroeste del municipio de Xalapa, en Coatepec en el sur y sureste colindando con Teocelo. Las zonas con aptitud alta se encuentran al norte de Naolinco y algunas áreas hacia el centro – sur. En Rafael Lucio registra casi un 70% de su territorio. En Jilotepec pequeñas área ubicadas al noroeste y centro. Xalapa en la parte este y norte del municipio y en Coatepec en el centro – sur. En el resto de lo municipio presentan algunas zonas con aptitud alta que se encuentra dispersas y en Emiliano Zapata registra las mayores porciones de potencial medio en casi toda su superficie.

Ganadería

Para determinar la aptitud ganadera se emplearon las siguientes variables: cobertura de vegetación y uso de suelo (CVUS), inclinación, tipo de suelo, valles fluviales, ENP, vegetación con importancia ecológica mayor, peligros y áreas urbanas.

Las categorías de mayor aptitud para ganadería en el espacio del POERCX se concentran en tres principales áreas: el sureste de Emiliano Zapata entre Villa Emiliano Zapata (Carrizal) y Rinconada; en el centro de Xico y en el oriente de Acajete hasta Rafael Lucio. En Coatepec es muy escasa el área de aptitud alta (solo el límite norte colindando con Perote). En todos los casos mencionados la vegetación predominante actual son pastizales.

Dentro del rango de aptitud Alta solo Emiliano Zapata y Naolinco representan más zonas con potencial alto, para el caso del primer municipio están ubicadas hacia la zona centro-norte y el segundo municipio concentra su aptitud alta en el norte. Las aptitudes Medio a Nula se distribuyen a través de la región del POERCX.

Industria

En el método se toman en cuenta 8 insumos: CVUS, inclinación, accesibilidad de vías de comunicación, distancia a áreas urbanas actuales, zonas de uso restringido, valles fluviales, peligros y áreas urbanas.

El mayor número de sitios con aptitud Alta a Muy Alta se encuentran en el municipio de Emiliano Zapata, principalmente en las zonas planas del extremo oriente cercano a las localidades de Palo Gacho y Plan del Río, al igual que al oriente del cerro Tepeapulco, entre las localidades de El Roble y El Palmar, y en el límite oriental con Naolinco. También en Emiliano Zapata, cerca de la zona del Aeropuerto el Lencero y la localidad del mismo nombre se detectaron zonas con Alta aptitud para industrias, junto con porciones de Acajete y Jilotepec. En Coatepec se ubica un único espacio con aptitud Alta al noreste de Tuzamapan.

Turismo de naturaleza

Los sitios y rutas inventariados en la Caracterización fueron categorizados de acuerdo a la calidad escénica natural (CVUS dominante y calidad de agua de los ríos).

En los resultados los atractivos con aptitud muy alta se concentran al oeste de la zona del POERCX por ser la de mayor conservación en relación a la cubierta vegetal y calidad del agua. Varias rutas se ubican en zonas de bosque mesófilo de montaña, cafetal de sombra y vegetación secundaria en Tlalnelhuayocan, sur de Xalapa y centro de Coatepec. Acajete, Jilotepec y Naolinco, gozan de zonas con aptitud muy alta también en Emiliano Zapata en Xico y Teocelo cuentan con rutas de muy alta aptitud. Los espacios del POERCX que no son rutas o puntos turísticos se consideran con aptitud baja.

Los atractivos turísticos con aptitud Muy alta se concentran en el oeste de la zona del POERCX, por ser la de mayor conservación en términos de cubierta forestal y calidad de agua (al no desarrollarse

actividades humanas en amplia escala). Varias de las rutas se ubican en zonas de bosque mesófilo de montaña perturbado, cafetal de sombra y vegetación secundaria en Tlalnelhuayocan, sur de Xalapa y centro de Coatepec (municipio). El oriente de Acajete, centro oeste de Jilotepec y oeste de Naolinco gozan de zonas con aptitud Muy alta. En Xico destaca el caso de las rutas que transcurren por los valles de los ríos en el centro del municipio, en sentido noroeste-sureste. Teocelo posee una ruta con Muy alta aptitud. A pesar de la longitud de sus rutas, Emiliano Zapata cuenta con un solo sitio de aptitud Muy alta, esto en las estribaciones del cerro Tepeapulco. Los espacios de la zona del POERCX que no son rutas o puntos turísticos identificados en la caracterización se consideraron con aptitud Baja; no obstante deben existir más sitios con potencial turístico.

Crecimiento urbano

Para este modelo se consideraron exclusivamente las zonas aledañas a las localidades urbanas para garantizar un crecimiento espacial continuo, utilizando como atributos: proximidad a centros urbanos, vías de comunicación, pendientes, CVUS, valles fluviales, peligros, ENP.

En los resultados destaca el crecimiento de la mancha urbana para la zona conurbada de la localidad de Xalapa, en la que el mayor crecimiento se sugiere hacia el sureste de esta. La zona conurbada de Xalapa en Emiliano Zapata también presentó valores de aptitud Alta y Muy Alta. Esta zona es la que actualmente se encuentra en expansión, así como aquellas localidades aledañas.

En Coatepec, se presentan zonas de aptitud Alta hacia el este y sureste de la ciudad. El crecimiento de Coatepec resulta controversial, pues las zonas que lo rodean son cafetal de sombra con óptimos valores de biodiversidad. En el municipio de Banderilla existen zonas de aptitud Alta y Muy Alta en la zona sureste del mismo.

Generación de energía a través de fuentes renovables

El área del POERCX, aunque no goza de los niveles más altos de factor de carga para generación de energía eoloeléctrica, tiene la categoría de potencial entre 20-25% en la porción norte del municipio de Xalapa y la práctica totalidad de los municipios de Banderilla, Rafael Lucio, Jilotepec y Naolinco; el centro del municipio de Naolinco alcanza potencial de entre 25 y 30%.

El INERE (Instituto Nacional de Energías Renovables) ubica cuatro sitios con potencial de generación hidroeléctrica, tres en la categoría de probado (en Coatepec) y uno en la de probable (en Teocelo); además existe ya una pequeña hidroeléctrica en operación (la Central Hidroeléctrica Texolo, en Teocelo).

El área del POERCX se ubica en la región con mayor recurso solar (con irradiaciones de aproximadamente 6 $kWh/m^2 \cdot día$) del estado de Veracruz, donde las centrales deberían instalarse, con un costo de generación de hasta un 23% inferior, y factores de carga superiores al 16.5% (PricewaterhouseCoopers Asesores de Negocios, S.L., 2013, en revisión).

Ahora bien, por su ubicación en el sistema volcánico transversal, el POERCX puede presentar potencial para la generación de energía geotérmica; el INERE clasifica a Los Pocitos de la Cumbre, en el sureste del municipio de Emiliano Zapata como sitio con potencial *probable* para de generación geotermoeléctrica hidrotermal, con capacidad instalable de 5.52 MW y potencial de generación de 43.59 GWh/a. Este sitio actualmente se ocupa como balneario.

En el área del POERCX existen principalmente residuos como el bagazo de caña de azúcar (en el Ingenio Mahuixtlán, Coatepec) y los residuos urbanos (de Xalapa, principalmente) que se pueden aprovechar para la generación de energía eléctrica a través de biomasa.

IDENTIFICACIÓN DE CONFLICTOS AMBIENTALES

Los conflictos ambientales se pueden conceptualizar como la adición de los conflictos por la concurrencia espacial de actividades incompatibles (CEAI), la incompatibilidad de programas de apoyo sectorial, el conflicto del uso actual de suelo con el patrón óptimo de ocupación del territorio (POOT), las áreas a restaurar y aquellas de aptitud turística (cinco componentes en total).

CONCURRENCIA ESPACIAL DE ACTIVIDADES INCOMPATIBLES

Para determinar la concurrencia espacial primeramente se halló el POOT (mejor distribución de usos de suelo considerando en primer lugar términos ecológicos y en segundo los socioeconómicos). Para esto se superpusieron y combinaron los modelos de aptitud de seis sectores: conservación, urbano, forestal, agricultura, ganadería e industria *(Figura 7)*, en ese orden jerárquico. Los sectores restauración y turismo no fueron considerados para la construcción del patrón óptimo de ocupación debido a que sus actividades se consideran complementarias al desarrollo de las actividades de los seis sectores arriba mencionados.

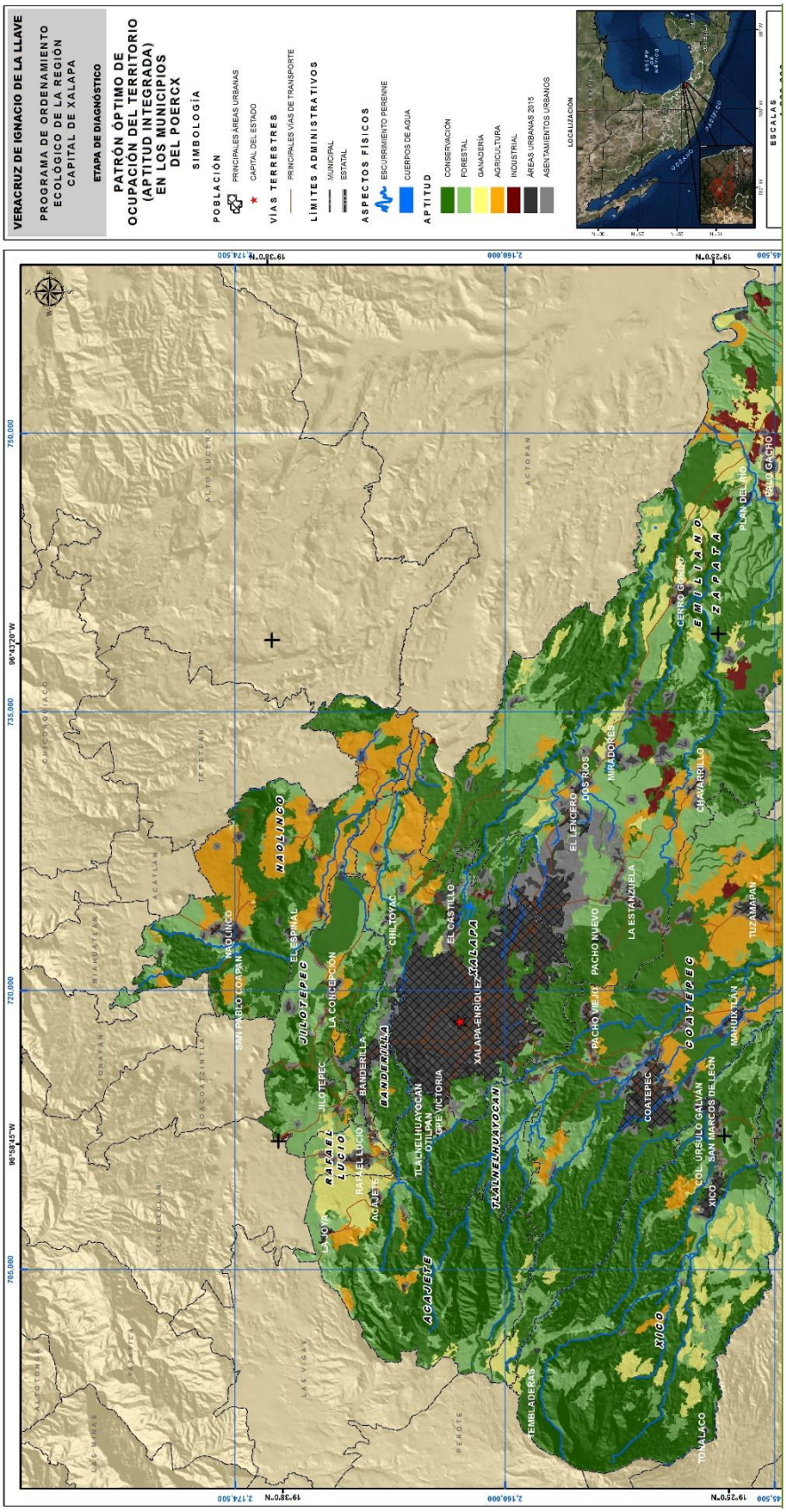


Figura 7. Mapa del patrón óptimo de ocupación del territorio (POOT).

El nivel o gradiente de concurrencia espacial está en función del número de sectores con alguna aptitud en un mismo espacio y del nivel jerárquico de dicha aptitud (además de los sectores mostrados en el POOT o POOT combinado). Cuando las actividades que concurren son incompatibles, se habla de concurrencia espacial de actividades incompatibles (CEAI) o incompatibilidad sectorial.

INCOMPATIBILIDADES DE LOS PROGRAMAS DE APOYO SECTORIAL

Se optó por evaluar el nivel de incompatibilidad de los programas de apoyo sectorial (los incluidos en la Caracterización) de forma simplificada, agrupándolos en dos grandes rubros: el agropecuario y el de mantenimiento ambiental, siendo opuestos entre sí. El nivel de incompatibilidad de los programas con la aptitud del territorio se homologó con el porcentaje de los mismos que apoyan la aptitud del POOT; a menor porcentaje, mayor incompatibilidad de los programas de apoyo sectorial y viceversa.

CONFLICTO ENTRE EL USO DEL SUELO ACTUAL Y EL POOT

Haciendo las equivalencias entre CVUS y uso de suelo propiamente dicho, se encuentra que en el área hay 6 grandes usos de suelo: urbano, agricultura, ganadería, agroforestal, forestal y conservación. Las incompatibilidades entre el uso propuesto en el POOT y el uso actual están en función de la incompatibilidad que se concibe entre las actividades/usos de suelo.

Los conflictos Muy Alto - Alto se distribuyen heterogéneamente en todo el territorio del POERCX. En Xico, se encuentran zonas de conflicto Muy Alto principalmente entre la Ganadería y la Conservación cerca de las localidades de Tonalaco y Tembladeras. Al oeste de Coatepec los conflictos más altos ocurren entre los sectores conservación y ganadería. En las proximidades de la ciudad de Coatepec, los conflictos principales ocurren con los sistemas agroforestales y la expansión urbana. En la zona este los conflictos ocurren entre la ganadería y la agricultura.

En Acajete los principales conflictos ocurren entre la ganadería y la agricultura y entre la conservación y la ganadería. En este municipio los conflictos por conservación se localizan principalmente hacia el sur y con respecto a la ganadería y agricultura se concentra sobre las localidades de La Joya y Plan de Sedeño. En Tlalnelhuayocan los conflictos principales se dan entre la conservación y la extensión de las zonas urbanas, principalmente sobre la localidad de San Antonio, Hidalgo y Cañada Larga. En Rafael Lucio los conflictos ocurren entre zonas aptas para la ganadería y la agricultura, esto ocurre en gran parte del área municipal abarcando todas sus localidades. En Naolinco se presenta una zona considerable de conflicto entre la agricultura y la ganadería y en pequeña proporción entre expansión urbana y conservación.

En Xalapa, la zona este presenta conflictos entre la ganadería y la agricultura, mientras que cercano al lado este de la ciudad los conflictos se presentan entre usos agroforestal y expansión urbana. En Emiliano Zapata los hay entre el sector industria y la ganadería, la agricultura y la ganadería, así como entre la conservación y la agricultura.

SÍNTESIS DE CONFLICTOS AMBIENTALES (SCA)

Para determinar la SCA tres componentes suman sus magnitudes invariablemente: la CEAI, la incompatibilidad de programas y el conflicto entre el POOT y el uso del suelo actual. La SCA es modificada por la presencia de áreas de las clases Muy alta y Alta del Modelo de restauración integrado y del Modelo de aptitud turística. Si el POOT indica conservación o silvicultura, la magnitud de la restauración y del turismo se resta; si el POOT revela agricultura, ganadería, urbanismo o industria, la magnitud se suma, agravando el conflicto.

Hay 49 polígonos que tienen SCA de la categoría alta y muy alta, y suman una superficie de 9,162 ha -de un total de 131, 334.5 ha en el área del POERCX-, esto es un 7%. Los conflictos ambientales con categoría alta se presentan principalmente en el norte, sur y este del área del POERCX. En esta parte los conflictos ambientales presentan una aptitud para uso de suelo agrícola, sin embargo, existe en el lugar una alta concurrencia de actividades productivas incompatibles, así como, valores medios y altos de incompatibilidad de programas de apoyo sectorial; conflictos muy altos entre el uso de suelo actual y el patrón óptimo de ocupación del territorio (POOT), además de manifestar valores altos y muy altos en los modelos de aptitud turística y de áreas con necesidad de restaurar.

En la parte sur del ordenamiento los conflictos ambientales altos se presentan en los municipios de Coatepec (centro, este y este del municipio), Xico (sureste y este del municipio), y Teocelo (centro y oeste del municipio). Presentando aptitud para uso de suelo agrícola y ganadero preferentemente; sin embargo, existe media y alta concurrencia de actividades productivas incompatibles, valores medios de incompatibilidad de programas de apoyo sectorial, conflictos medios y altos entre el uso de suelo actual y el POOT, además de manifestar valores altos y muy altos en los modelos de aptitud turística y de áreas con necesidad de restauración.

Para toda la zona este del POERCX, los valores altos de conflicto ambiental están presentes a lo largo y ancho del municipio de Emiliano Zapata. Manifestando aptitud para uso de suelo agrícola, ganadero y forestal principalmente; así como, media y alta concurrencia de actividades productivas incompatibles, valores altos y muy altos de incompatibilidad de programas de apoyo sectorial, conflictos muy altos entre el uso de suelo actual y el POOT, además de manifestar valores altos y muy altos en los modelos de aptitud turística y de áreas con necesidad de restaurar.

Respecto a las categorías muy altas de conflicto ambiental en la zona del POERCX, se identificó que la parte norte de la zona a ordenar presenta una importante concentración de superficies bajo esta categoría, ubicadas específicamente en los municipios de Naolinco (norte y sureste del municipio), Jilotepec (centro del municipio), Xalapa (noroeste del municipio), y Acajete (norte del municipio). Destacando la aptitud para uso de suelo agrícola, superficies en las que también hay media y alta concurrencia de actividades productivas incompatibles, valores medios y altos de incompatibilidad de programas de apoyo sectorial, conflictos altos y muy altos entre el uso de suelo actual y el POOT, además

de manifestar valores altos y muy altos en los modelos de aptitud turística y de áreas con necesidad de restaurar.

Así mismo, en la parte centro del área del POERCX se concentran áreas con valores muy altos de conflicto ambiental, específicamente hacia el este de Xico, centro y noroeste de Coatepec y oeste de Emiliano Zapata. Con mayor aptitud para uso agrícola; la concurrencia de actividades productivas incompatibles manifiesta valores medios y altos, además cuenta principalmente con valores medios de incompatibilidad de programas de apoyo sectorial, conflictos muy altos entre el uso de suelo actual y el POOT, así como, valores altos y muy altos en los modelos de aptitud turística y de áreas con necesidad de restauración.

Respecto al lado sur y sureste de la zona del POERCX, los valores muy altos de conflictos ambientales se ubican puntualmente en el sureste de Coatepec, el centro y este de Teocelo, y el sureste de Emiliano Zapata. La aptitud de uso de suelo en estas áreas es principalmente para agricultura y ganadería; existen valores medios y altos de concurrencia de actividades productivas incompatibles, valores medios y altos de incompatibilidad de programas de apoyo sectorial, conflictos altos y muy altos entre el uso de suelo actual y el POOT, además de contar con valores altos y muy altos en los modelos de aptitud turística y de áreas con necesidad de restaurar.

PRONÓSTICO

Los puntos principales de la etapa de pronóstico son: la definición de la imagen objetivo, la elaboración del modelo del sistema socioambiental y la construcción de proyecciones y escenarios. La imagen objetivo define la visión del programa de ordenamiento ecológico, moderando y sintetizando las aspiraciones de los sectores presentes en la región del POERCX. El diagrama del sistema socioambiental describe los sectores, sus variables y posibles relaciones vinculadas con el deterioro de los bienes y servicios ambientales, la pérdida de cobertura vegetal, la degradación de los ecosistemas y de especies sujetas a protección (SEMARNAT, 2015). Por su parte, las proyecciones representan, a través de simulaciones, las posibles condiciones futuras de uso de suelo y conflictos ambientales en la región del POERCX, por lo que pueden guiar la toma de decisiones. Los escenarios analizados son el tendencial, contextual y estratégico.

IMAGEN OBJETIVO

La imagen objetivo para el POERCX se expresa en los siguientes enunciados:

a) Tener una región ordenada donde las actividades productivas y de conservación-restauración del ambiente se lleven a cabo de acuerdo a aptitudes y potencial del territorio.

b) Contar con alternativas productivas sustentables que respondan a las aptitudes del territorio.

c) Mejorar la calidad ambiental, en particular la del agua, induciendo la restauración de ríos y cuerpos de agua en general.

d) Inducir el tratamiento de aguas residuales y el manejo de residuos sólidos.

e) Inducir la reconversión productiva de actividades de alto impacto ambiental hacia opciones menos impactantes y más compatibles con la conservación ecológica.

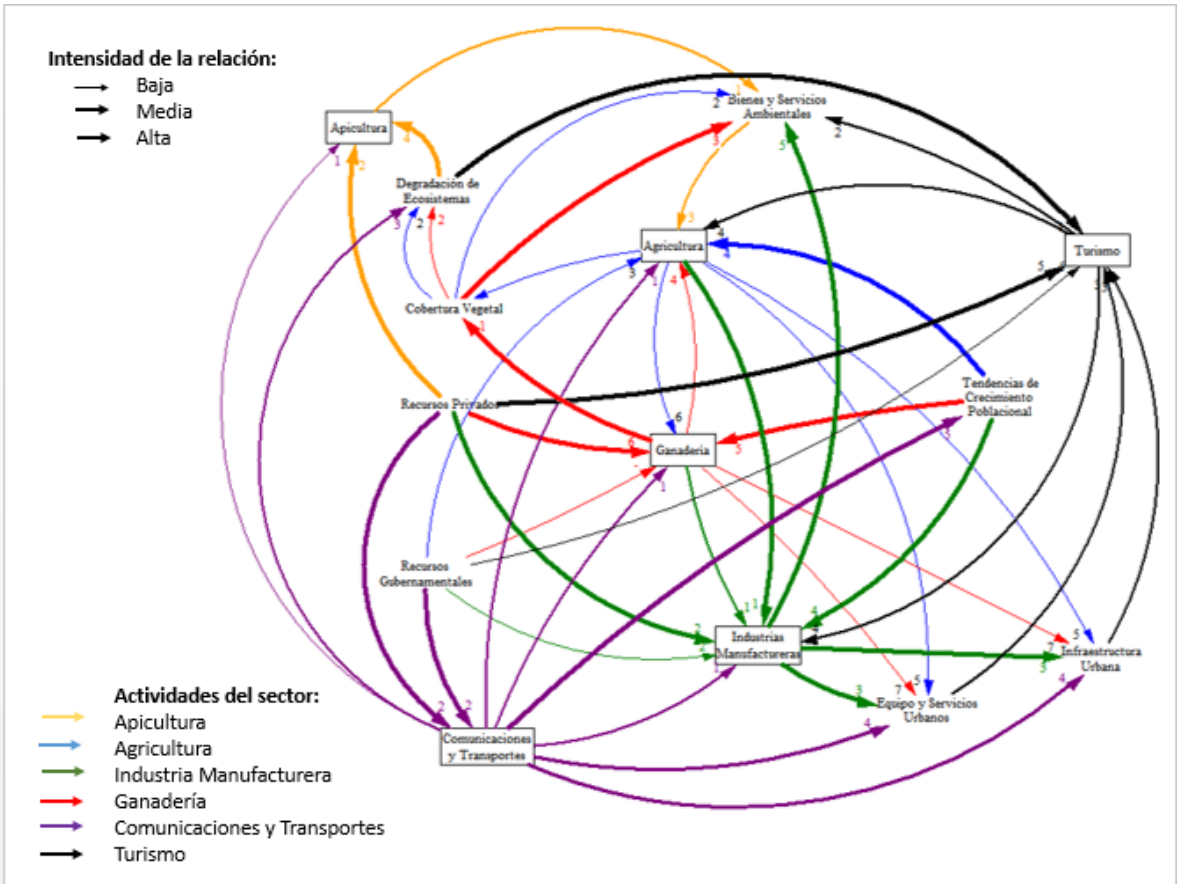
f) Inducir el fortalecimiento de las actividades sectoriales mediante una correcta aplicación del sistema de subsidios y apoyos económicos en las zonas de mayor aptitud sectorial.

g) Mejora de rendimientos y competitividad del sistema agropecuario y forestal bajo prácticas más ecológicas y con menor ocupación del territorio, a fin de evitar la deforestación y otros tipos de degradación ambiental.

h) Propiciar un marco de densificación para el correcto establecimiento del crecimiento urbano vertical, o de alta densidad, en zonas libres de peligros y de menor impacto ecológico.

SISTEMA SOCIOAMBIENTAL

Figura 8. Representación gráfica del sistema socioambiental



PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

Según las proyecciones de población del CONAPO (s.f.), en el año 2030 el POERCX tendrá una población de 880,710 habitantes. El ritmo de crecimiento se verá reducido por lo que para entonces se espera un incremento del 18% (134,182 habitantes adicionales a 2010), a diferencia de 1990 a 2010 que creció 52% (256,008 habitantes) y de 1970 a 1990 que tuvo un aumento del 100% de la población (245,152 habitantes). Es claro que el municipio de Xalapa seguirá concentrando la mayor cantidad de la población, no obstante su ritmo de crecimiento disminuirá a partir de 2015, situación que se generaliza en todos los municipios del POERCX; sin embargo, como ya se ha evidenciado, en todos las municipios, la población seguirá en aumento.

Entre el 2013 y el 2015 el número de habitantes del POERCX aumentó en 60 mil (de 746, 000 a 800,000) , y el área ocupada por los asentamientos humanos aumentó 450 ha (de 9,560 a 10,000). De conservarse la densidad de población actual en asentamientos humanos, y en función de las proyecciones de crecimiento poblacional del CONAPO, para el 2030 Xalapa será el municipio que tendrá mayor superficie de expansión urbana (500 ha), seguido de Emiliano Zapata (196 ha) y Coatepec (90 ha). En cuanto al crecimiento relativo Tlalnelhuayocan crecerá un 16.5%, seguido por Rafael Lucio (15%) y Banderilla (12%). Lo anterior implica que en el POERCX se requerirá de un total de 1,179.19 hectáreas de superficie adicionales a las existentes.

ESCENARIO TENDENCIAL

Basándose en las tendencias detectadas en la etapa del diagnóstico (escenario histórico), el escenario tendencial tiene como objetivo desarrollar un modelo espacialmente explícito de simulación de Cambio de Cobertura y Uso del Suelo (CCUS) a futuro en el territorio del POERCX (año 2047 en el caso del presente estudio), localizando los probables tipos de cambio; identificar las variables más influyentes en la ocurrencia de dichos cambios (p.ej., deforestación, reforestación, urbanización); y visualizar la ubicación y tendencia de éstos y sus respectivos patrones de comportamiento. Este modelo tiene la facultad de servir como auxiliar en la toma de decisiones encaminadas al equilibrio entre las actividades humanas y el medio ambiente (Veldkamp y Lambin, 2001).

Utilizando la metodología de Mas y Flamenco (2011), para lograr el escenario tendencial se utilizaron como insumos la clasificación de cobertura de vegetación y uso de suelo (CVUS) de los años 1979 y 2013; del INEGI la Red hidrográfica escala 1:50 000 edición 2.0 y el Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0); las vías de comunicación y áreas urbanas que fueron empleadas fueron las digitalizadas a partir de la imagen satelital SPOT del año 2013 y Google Earth 2015 y las Áreas Naturales Protegidas. El modelado del escenario tendencial fue realizado en la plataforma de modelación ambiental de acceso libre Dinamica EGO 3.0.3 (Soares-Filho *et al.,* 2002; Soares *et al.,* 2009). Los principales resultados obtenidos son los mapas de probabilidad de transiciones *(Figura 9)*, el mapa de procesos de cambio *(Figura 10)* y el escenario de cobertura de uso y uso de suelo en el año 2047 *(Figura 11)*.

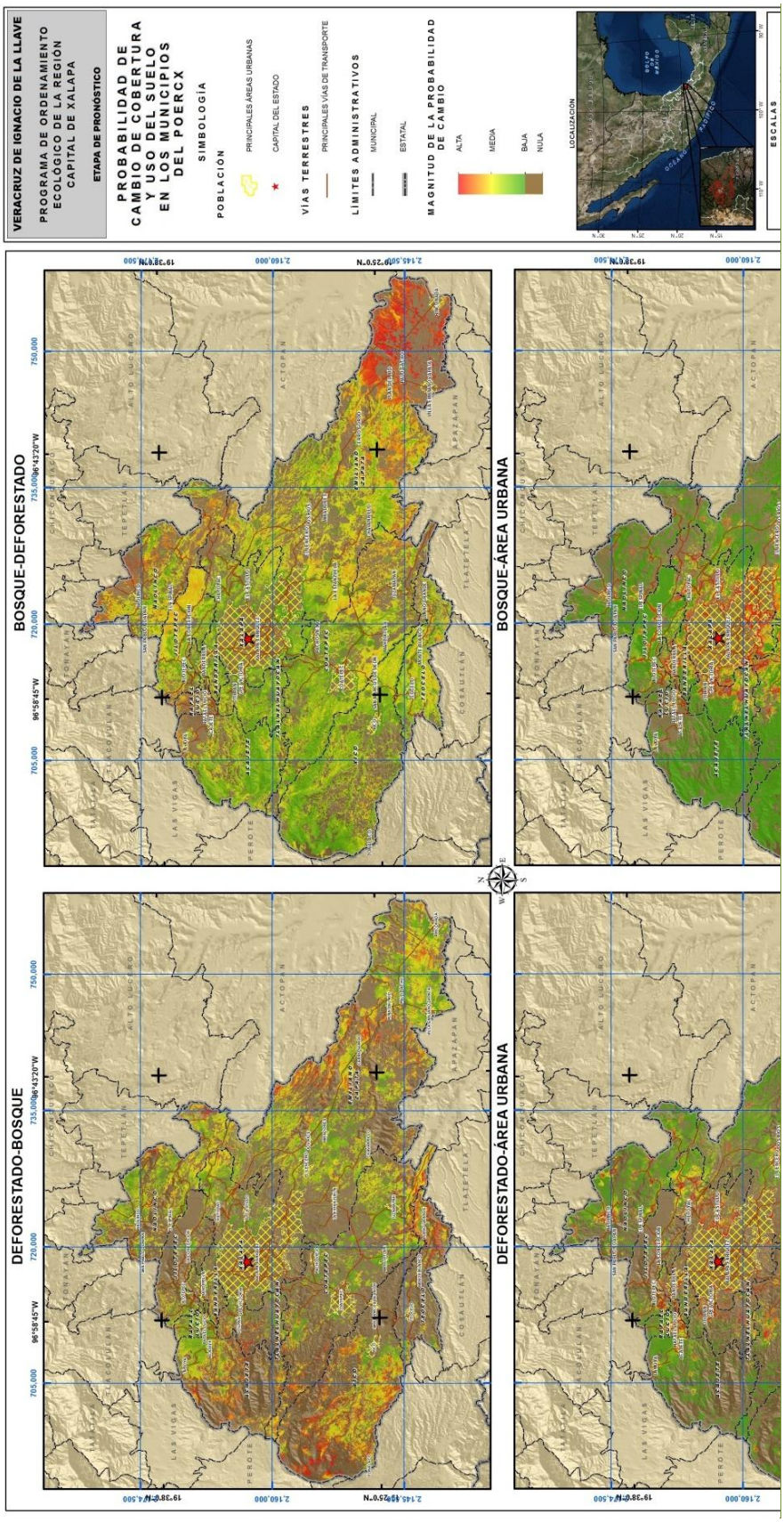


Figura 9. Mapas de probabilidad de cambio de cuatro transiciones.

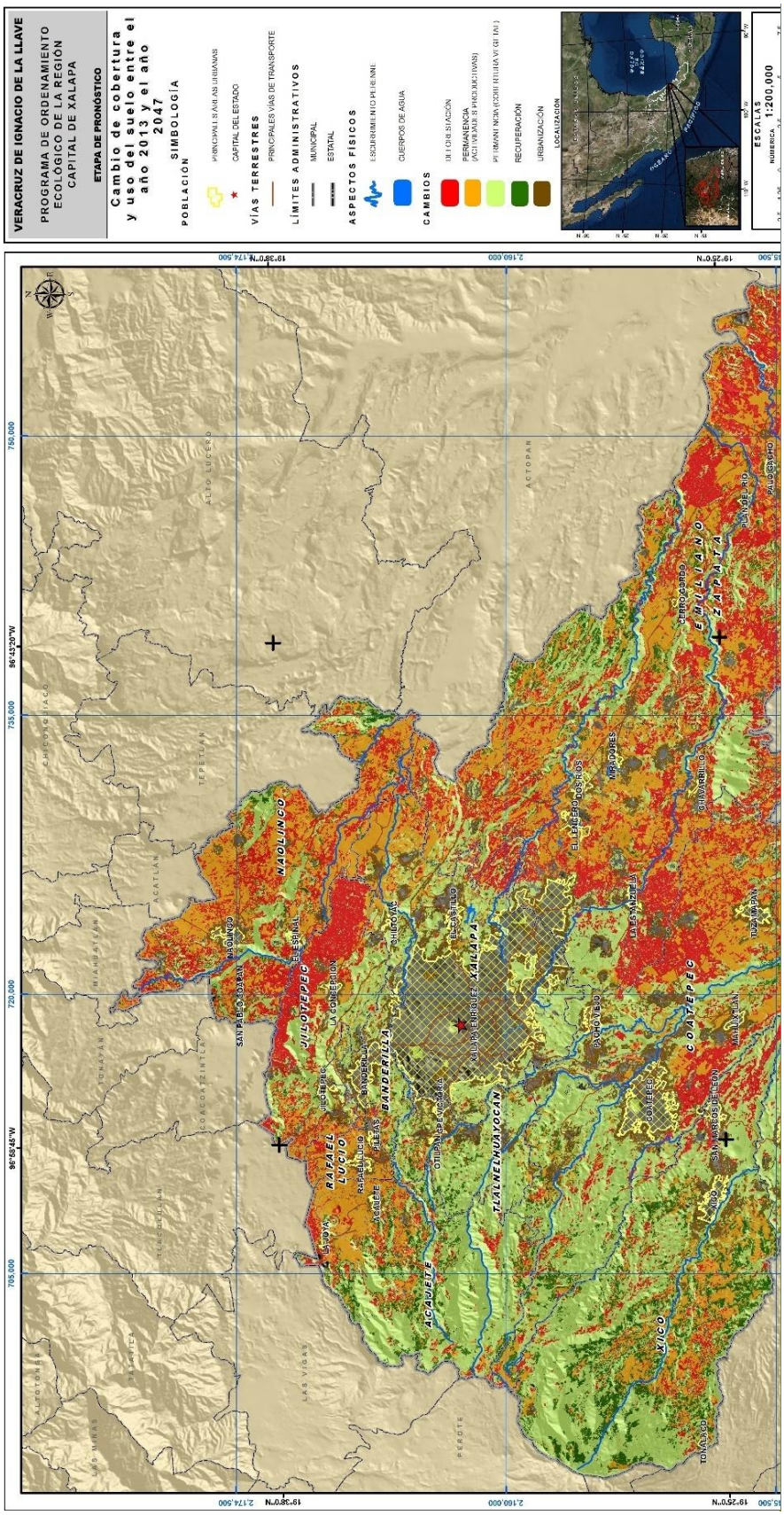


Figura 10. Cambios de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo entre los años 2013 a 2047.

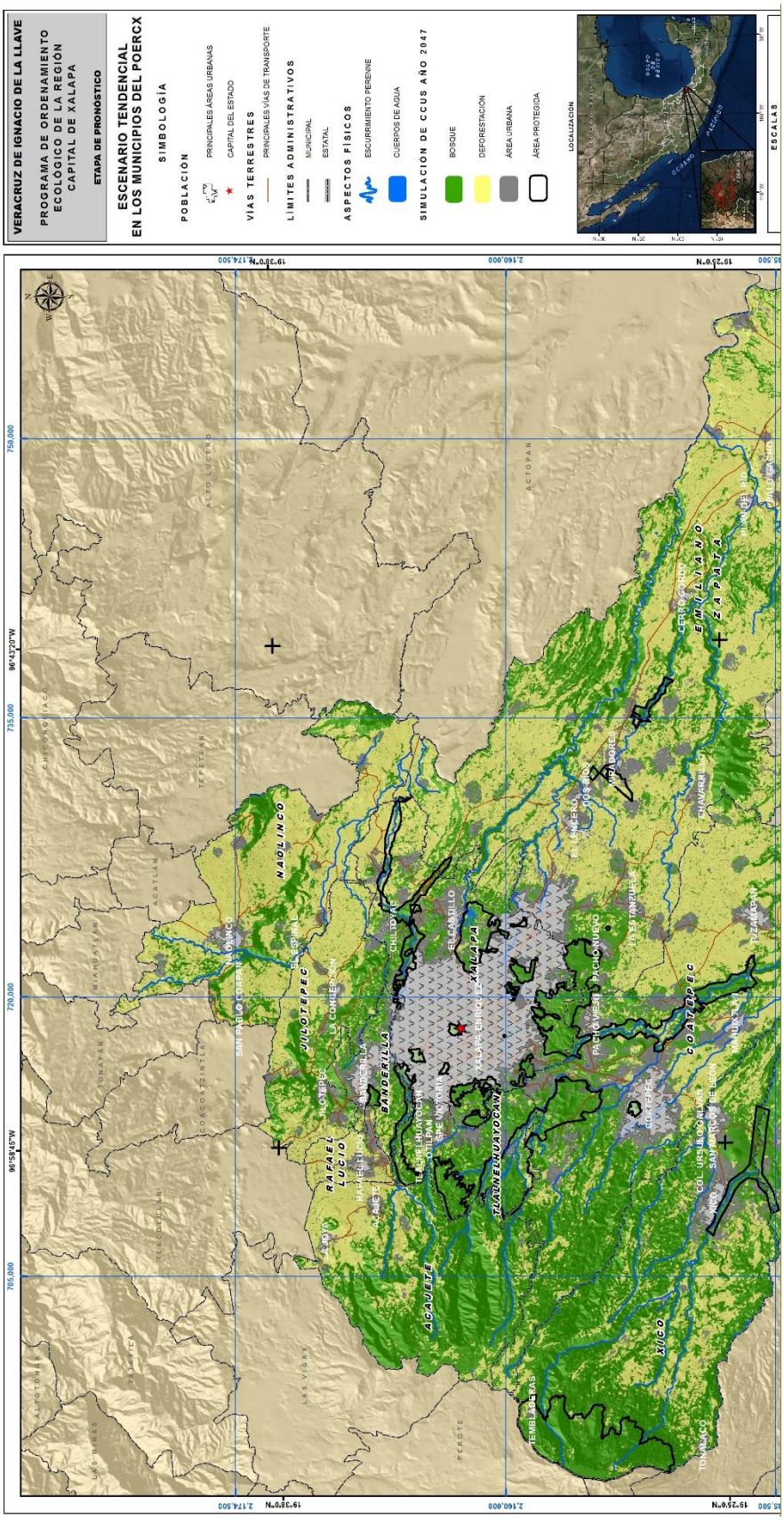


Figura 11. Escenario tendencial para el año 2047, en la región del POERCX.

Grosso modo, los cambios observados en el escenario tendencial indican que en caso de mantenerse las condiciones históricas y considerando que en las áreas naturales protegidas no continúe la deforestación, durante el periodo 2013-2047 los bosques se reducirían aproximadamente 19,682 hectáreas: las zonas deforestadas aumentarían alrededor 11,600 hectáreas y las zonas urbanas aumentarían más de 8 mil hectáreas. Esta deforestación se observaría en 3 zonas principales. La primera zona corresponde a la selva baja de Jilotepec, que incluye al malpaís cercano a la localidad de La Concepción. La segunda zona corresponde a áreas de cafetal en el sur de la ciudad de Coatepec y en el municipio de Emiliano Zapata cercano a la localidad de Estanzuela y la tercera varios manchones importantes de selva baja al sureste de Emiliano Zapata, entre el cerro Tepeapulco y al norte de la localidad de Plan del Río.

ESCENARIO CONTEXTUAL

El escenario contextual permite conocer las posibles variaciones que experimentarán las tendencias de cambio -determinadas en el escenario tendencial- a causa de la intervención de los programas de apoyo sectorial. La injerencia de los programas puede intensificar o debilitar las tendencias; la intensificación o debilitamiento será favorable o desfavorable en función de la dirección de la tendencia que se trate. Las dos direcciones tendenciales empleadas para la elaboración del escenario contextual son deforestación (“bosque” a "deforestado”) y forestación (“deforestado” a “bosque”).

Se agruparon las tendencias del escenario tendencial en cinco clases para cada dirección. Las clases son las mismas para ambas direcciones (Muy alta, Alta, Media, Baja, Muy baja), formando un total de 10 clases de tendencia (cinco a forestación y cinco a deforestación). Es importante destacar que la dirección deforestación (DEF) aplica únicamente a las áreas actualmente cubiertas por vegetación forestal, y la dirección forestación (FOR) aplica solamente para las áreas sin cubierta forestal (tierras agropecuarias).

Posterior a la clasificación de las direcciones, éstas se cruzaron con los polígonos de las áreas en las que aplica cada programa de apoyo sectorial –previa agrupación de los programas por rubros (Mantenimiento ambiental y Agropecuario)-. Cuando DEF se cruzó, al total de programas del rubro Agropecuario se le restó el total de programas del rubro Mantenimiento ambiental; si se cruzó FOR, fue el rubro Agropecuario quien sustrajo. Las zonas donde el resultado de la sustracción fue un número negativo menor (más a la izquierda de la recta numérica) la tendencia de la dirección en cuestión se debilita mayormente, y en los sitios en los que fue un número positivo mayor (más a la derecha de la recta numérica) se fortalece mayormente. Para simplificar esta información, los resultados fueron clasificados en cinco niveles: Debilitamiento mayor, Debilitamiento menor, Sin cambio, Fortalecimiento menor y Fortalecimiento mayor *(Figura 12)*.

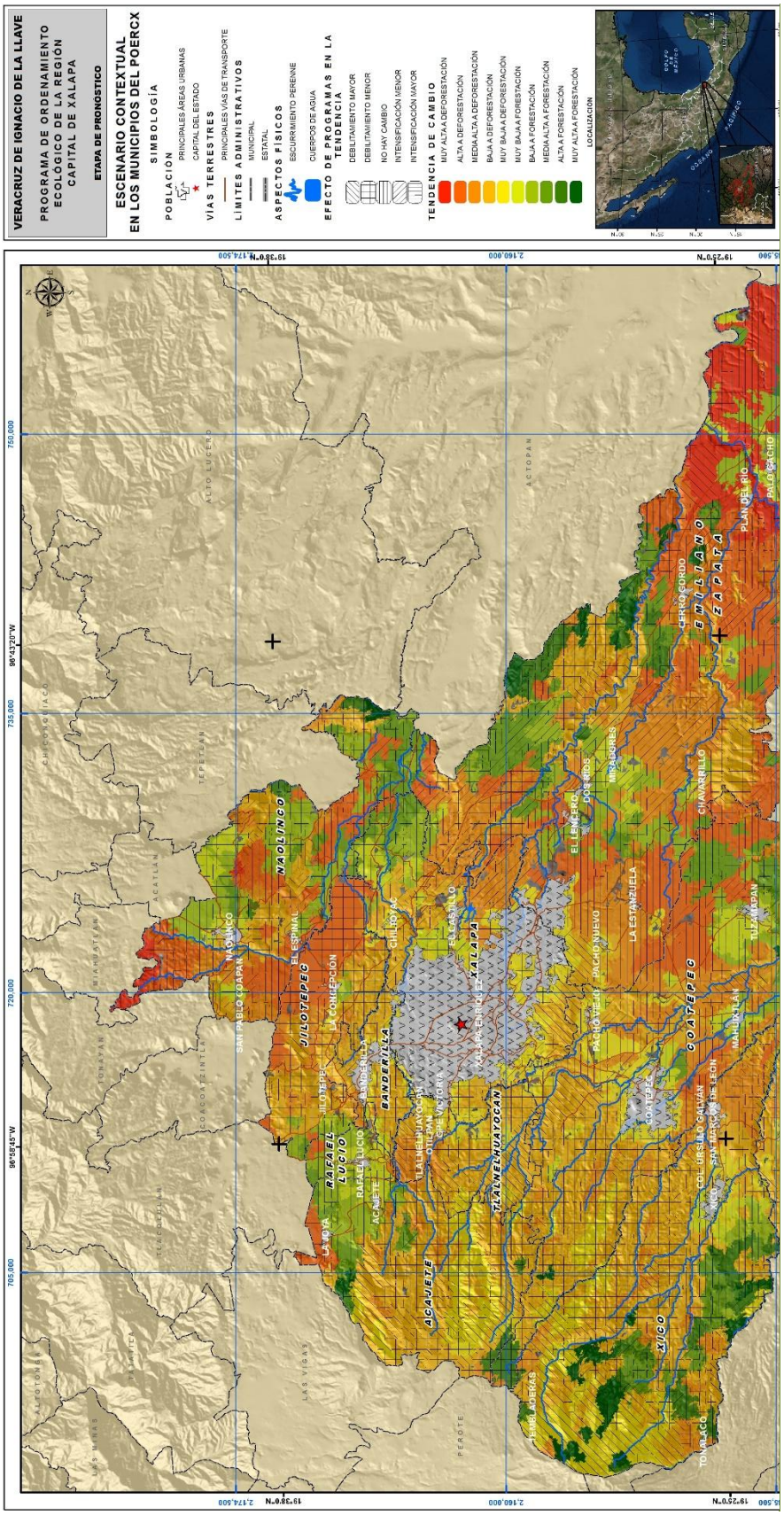


Figura 12. Escenario contextual de la región del POERCX.

En la *Figura 12* se observa que la tendencia encaminada hacia la deforestación, que presenta las categorías alta y muy alta, suman aproximadamente 22 mil ha, de las cuales, alrededor de 11,900 ha están clasificadas con la categoría "sin cambios". Por otro lado, alrededor de 6,200 ha presentan un debilitamiento de dicha tendencia y 4 mil presentan una intensificación. Cabe resaltar que la cobertura de vegetación secundaria es la cobertura representativa de esta tendencia, la cual podría presentar una predisposición de cambio hacia la deforestación.

La tendencia alta a la forestación se distribuye en las orillas del POERCX, principalmente en la zona Este y Oeste; esta tendencia abarca aproximadamente 3,800 ha y lógicamente se encuentra en pastizales inducidos y en zonas agrícolas. Esta categoría de tendencia del cambio presenta una menor intensificación en aproximadamente 646 ha y coincide principalmente con pastizales. La clase de menor debilitamiento ocupa 1,325 ha e incluye usos del suelo como el pastizal y el agrícola. La categoría de mayor debilitamiento ocupa una superficie de 67 ha. Por otro lado, la categoría sin cambios es distribuida en 1,700 ha.

La tendencia muy alta a la forestación también se localiza en los extremos Este, Oeste y Sur del POERCX. Esta categoría abarca aproximadamente 2,900 ha, así mismo coincide con pastizales inducidos. Esta clase de tendencia del cambio muestra una menor intensificación en aproximadamente 1,900 ha. La mayor intensificación se puede observar en zonas escarpadas del Cofre de Perote, ocupando alrededor de 96 ha. El menor debilitamiento es representado por 173 ha y el mayor debilitamiento por 106 ha. La neutralización de los programas implementados es representada por 647 ha.

ESCENARIO ESTRATÉGICO

El escenario estratégico *(Figura 13)* establece la *"situación que se acerque más a la imagen objetivo, encontrando el mejor patrón de distribución de usos del suelo en el territorio (de acuerdo con la aptitud) así como también aquella situación que contribuya más a la protección y conservación de áreas relevantes y a la disminución de los conflictos ambientales y de los procesos de degradación ambiental"* (SEMARNAT, 2015). La situación descrita anteriormente se presenta al combinar el patrón óptimo de ocupación del territorio (POOT), el Modelo de restauración integrado, Modelo de aptitud para turismo de naturaleza, Síntesis de conflictos ambientales (SCA); el escenario tendencial proyectado para el año 2047 y el escenario contextual

Las áreas a preservar son aquellas con el valor ecológico más alto o que prestan la mayor abundancia de servicios ecosistémicos (19,000 ha); las áreas a conservar son proveedoras de servicios ecosistémicos que actualmente tienen o pueden tener un uso económico compatible con la continuidad de la provisión de los mismos (23,500 ha); las que se deben restaurar son áreas con deterioro ambiental, como los ríos contaminados, las zonas fuertemente erosionadas y los bosques degradados o fuertemente perturbados (41,000 ha). Finalmente bajo el esquema de aprovechamiento sustentable se encuentran los espacios que tienen aptitud para el uso y manejo de recursos naturales (35,600 ha).

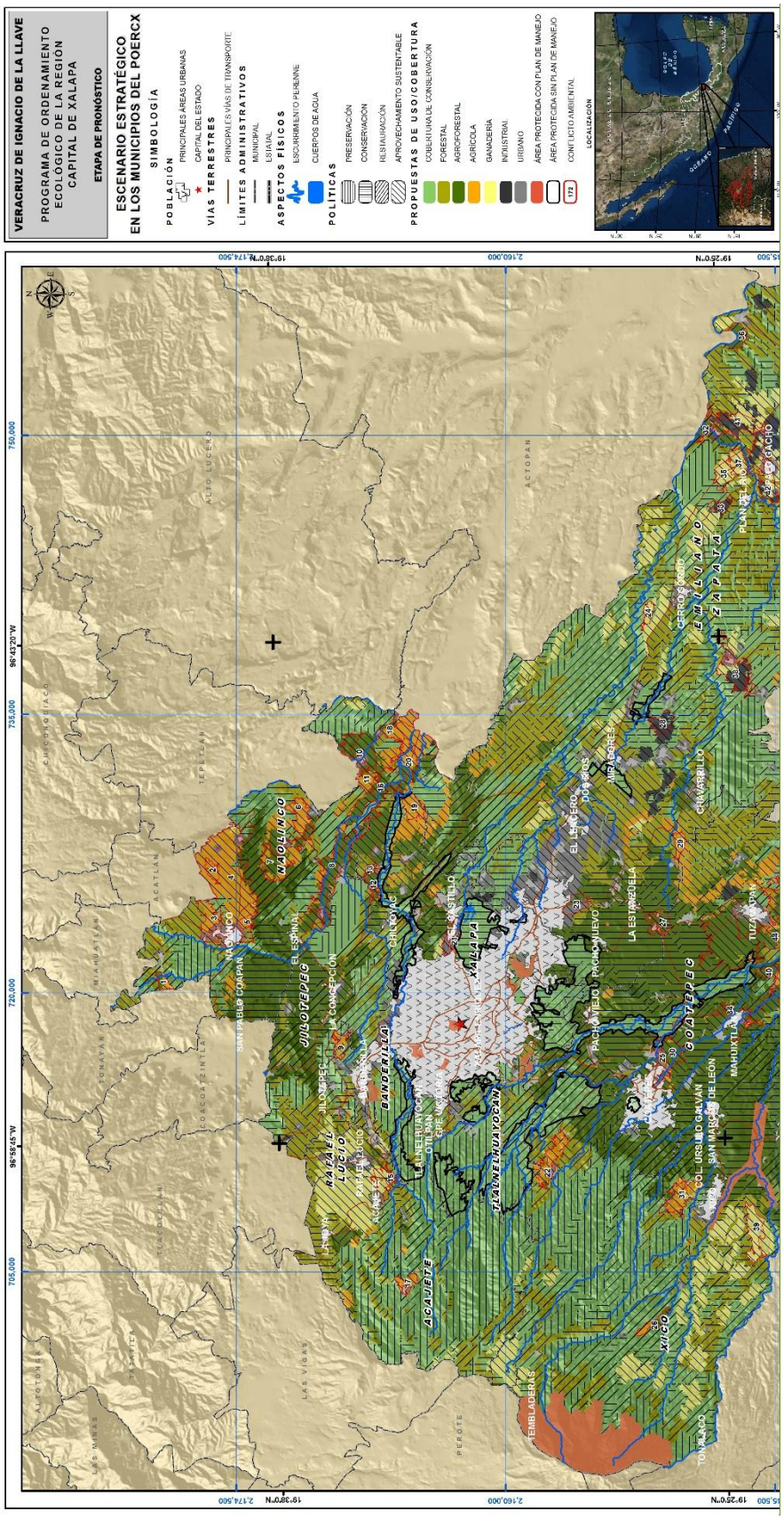


Figura 13. Escenario estratégico de la región del POERCX.

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE