

PLANES DE ACCIÓN PARA EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

CUENCA DEL RÍO LA ANTIGUA

2023



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO

**PLANES DE ACCIÓN PARA EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS
CUENCA DE RÍO LA ANTIGUA**

Primera edición, 2023.

DR © 2023, INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Bld. Adolfo Ruíz Cortines 4209
Col. Jardines en la Montaña, C.P.14210
Tlalpan, CDMX, México.

Teléfono 55 54 24 64 00
<https://www.gob.mx/inecc>

DIRECTORIO

Lic. Mariana Morales Hernández

Titular del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable y encargada de despacho de la Dirección General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Lic. Eduardo Levi León García

Director de Servicios Ambientales Hidrológicos y Adaptación al Cambio Climático con Enfoque de Cuencas, y Encargado de despacho de la Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático y Ecología

Elaboración y coordinación del Plan de Acción para el Manejo Integral de Cuencas: Cuenca del Río La Antigua.

Dra. Daniela Ávila-García- Oficial de Modelación Técnica

Diseño técnico-participativo, conceptual y metodológico
Modelación, análisis e integración de la información

M. en C. Luis Enrique Hernández Salinas- Analista -Especialista Técnico
Modelación, análisis y recopilación de información temática
Elaboración del material cartográfico

M. en C. Florencia Cicchini- Oficial de Género y Vulnerabilidad Social

M. en C. Jannice Alvarado Velázquez- Consultora externa

Diseño del componente participativo
Recopilación y análisis de información socioeconómica

Dra. Ana Isabel Fernández Montes de Oca- Coordinadora de Manejo

Integrado de Paisaje
Coordinación técnica del proyecto CONECTA

Dr. Sergio M. López Ramírez - Director de Manejo Sustentable

Coordinación operativa del proyecto CONECTA

Fondo Golfo de México (FGM)

Dr. Leonel Zavaleta Lizárraga - Biól. Isauro Cortés Flores;

Ing. Eva Beatriz Cano González.

Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza

Agradecimientos a las personas y actores institucionales que participaron en los talleres y colaboraron en la elaboración o revisión del PAMIC:

Alejandro Rosas Cruz (INECC); CAFECOL; City Adapt, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); Consejo de Cuenca Tuxpan al Jamapa y representantes de Órganos Auxiliares; Conecta Tierra A.C.; Consejo Regional de Café de Coatepec (CORECAFECO); Daniel I. González Terrazas; Denisse G. Morales Perea (Unidad Coordinadora Técnica del proyecto CONECTA, UCT); Diego Gutiérrez Romero (FMCN); Estudios Rurales y Asesoría (ERA) A.C.; Estampa Verde A.C.; Global Water Watch México A.C; Iniciativas para la Naturaleza (INANA) A.C.; José Gerardo Alonso Barragán (Coordinador Regional de Veracruz, UCT. Revisión y recopilación de programas institucionales); Paisajes y Personas Resilientes (PARES) A.C.; Red de Viveros de Biodiversidad A.C.; Senderos y Encuentros para un Desarrollo Autónomo Sustentable (SENDAS) A.C.

Portada: Río La Antigua, Municipio "La Antigua", Veracruz, 2021. D. Ávila-García.

Forma de citar:

INECC-FMCN, 2023. Ávila-García, D.; Hernández, E.; Fernández-Montes de Oca, A.; Cicchini, F.; Alvarado, J. y López S. Plan de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas: Cuenca del Río La Antigua. Proyecto CONECTA. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y Banco Mundial.

Este documento incluye figuras y material cartográfico elaborado por la Unidad Coordinadora Técnica del proyecto CONECTA (INECC-FMCN), excepto que se indique explícitamente lo contrario.

Este documento fue elaborado con financiamiento del GEF



ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1. Servicios ecosistémicos y planeación territorial con enfoque de cuenca | 11 |
| 2. PLANES DE ACCIÓN PARA EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS (PAMIC) | 14 |
| 2.1. Objetivo general de los PAMIC | 15 |
| 2.2. Objetivos específicos | 15 |
| 2.3. Componentes metodológicos de los PAMIC | 16 |
| 2.3.1. Componente técnico-científico | 16 |
| 2.3.2. Componente participativo | 17 |
| 2.3.3. Proceso de integración | 19 |
| 3. CUENCA DEL RÍO LA ANTIGUA | 21 |
| 3.1. Caracterización biofísica | 21 |
| 3.1.1. Localización | 21 |
| 3.1.2. Uso de suelo y vegetación | 22 |
| 3.1.3. Subcuencas | 23 |
| 3.1.4. Tipos de suelo | 25 |
| 3.1.5. Clima | 25 |
| 3.2. Caracterización socio-económica | 30 |
| 3.2.1. Población | 30 |
| 3.2.2. Tenencia de la tierra | 32 |
| 3.2.3. Delimitación municipal y unidades económicas | 34 |
| 3.2.4. Actividades ganaderas y de aprovechamiento forestal | 37 |
| 3.2.5. Vulnerabilidad de la ganadería al cambio climático | 39 |
| 3.2.6. Índice de Caracterización Socioeconómica (ICSE) y de brecha de género | 40 |
| 3.3. Caracterización político institucional | 46 |
| 3.3.1. Gestión institucional del agua | 46 |
| 3.3.2. Instrumentos de planeación y áreas de importancia ambiental | 47 |
| ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CUENCA DE RÍO LA ANTIGUA | 52 |
| 4. HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (SE) | 53 |
| 4.1. Oferta o provisión de servicios ecosistémicos (SE) | 54 |
| 4.1.1. Provisión de agua- Rendimiento hídrico | 56 |
| 4.1.2. Transporte de sedimentos | 58 |
| 4.1.3. Transporte de nutrientes | 59 |
| 5. DEMANDA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (SE) | 62 |
| 5.1. Volúmenes de extracción de agua superficial y subterránea | 62 |

| | |
|---|-----|
| 5.1.1. Demanda de agua superficial | 64 |
| 5.1.2. Demanda de agua subterránea | 65 |
| 6. CONECTIVIDAD HIDROGRÁFICA | 68 |
| 7. Escenarios para la evaluación de impactos futuros o alternativos | 71 |
| 7.1. Escenarios de cambio climático | 71 |
| 7.2. Escenarios de usos de suelo y vegetación | 73 |
| 8. PROCESO DE INTEGRACIÓN PARA LA PRIORIZACIÓN TERRITORIAL Y FOCALIZACIÓN DE INTERVENCIONES | 76 |
| 9. AGENDA AMBIENTAL | 80 |
| 9.1. Priorización territorial | 81 |
| 9.1.1. Actividades de conservación | 81 |
| 9.1.2. Actividades de restauración | 83 |
| 9.1.3. Adecuación de prácticas productivas | 84 |
| 9.2. Actividades con mayor impacto potencial negativo y propuesta de acción prioritarias para la provisión y mantenimiento de los servicios ecosistémicos (SE) | 87 |
| 9.3. Programas de conservación, restauración y adecuación de prácticas productivas identificados en la cuenca del RLA | 89 |
| 9.4. Recomendaciones y focalización de acciones prioritarias en la cuenca del RLA | 92 |
| 10. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS A FUTURO | 96 |
| GLOSARIO | 99 |
| REFERENCIAS | 104 |
| ANEXO 1 | 113 |
| ANEXO 2 | 118 |
| ANEXO 3 | 119 |
| ANEXO 4 | 133 |
| ANEXO 5 | 136 |

Acrónimos

| | |
|----------------|---|
| ADVC | Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación |
| AGEB | Área Geoestadística Básica |
| AICAS | Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves |
| ANP | Área Natural Protegida |
| BM | Banco Mundial (<i>World Bank</i>) |
| CMIP | Proyecto de intercomparación de modelos acoplados (<i>Coupled Model Intercomparison Projects</i>) |
| CMNUCC | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático |
| CN | Número de curva (<i>Curve Number</i>) |
| CONABIO | Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad |
| CONAFOR | Comisión Nacional Forestal |
| CONAGUA | Comisión Nacional del Agua |
| CONAPO | Consejo Nacional de Población |
| CONANP | Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas |
| CONECTA | Proyecto “Conectando la salud de las cuencas con la producción ganadera y agroforestal sostenible” |
| FIRCO | Fideicomiso de Riesgo Compartido |
| FMCN | Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza |
| GEF | Fondo para el Medio Ambiente Mundial (<i>Global Environment Facility</i>) |
| INECC | Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático |
| INECOL | Instituto Nacional de Ecología |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística y Geografía |
| INIFAP | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias |
| INVEST | Valoración Integrada de los Servicios Ecosistémicos y Compensaciones (<i>Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs</i>) |
| IPBES | Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (<i>Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services</i>) |

| | |
|-------------------|--|
| LGCC | Ley General de Cambio Climático |
| LGEEPA | Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente |
| MIP | Manejo Integrado del Paisaje |
| MCG | Modelos de Circulación General |
| MDE | Modelo Digital de Elevación |
| NDR | Tasa de transporte de nutrientes (Nutrient Delivery Ratio) |
| ODS | Objetivos de Desarrollo Sostenible |
| OLLC | Organizaciones Locales Legalmente Constituidas |
| PAMIC | Plan de Acción de Manejo Integral de Cuencas Hídricas |
| PCA | Análisis de componentes principales (Principal Component Analysis) |
| PdG | Perspectiva de Género |
| PNH | Programa Nacional Hídrico |
| PNH | Programa Hídrico Regional |
| PROCOCODES | Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible |
| PSA | Pago por Servicios Ambientales |
| RAN | Registro Agrario Nacional |
| REPDA | Registro Público de Derechos del Agua |
| RLA | Río La Antigua |
| RUSLE | Revisión de la Ecuación Universal sobre Pérdida de Suelos (Revised Universal Soil Loss Equation) |
| SADER | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural |
| SDR | Tasa de transporte de sedimentos (Sediment Delivery Ratio) |
| SE | Servicios ecosistémicos |
| SEH | Servicios Ecosistémicos Hidrológicos |

| | |
|-----------------|--|
| SEMARNAT | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales |
| SIG | Sistema de Información Geográfica |
| SSP | Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (Shared Socioeconomic Pathways) |
| TESSA | Kit de herramientas para la evaluación de sitio de servicios ecosistémicos a escala de sitio (Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment) |
| UMAS | Unidades de manejo para la Conservación de la Vida Silvestre |
| UNIATMOS | Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas |
| USV | Usos de Suelo y Vegetación |

1. Introducción

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) colaboran con aliados regionales (Fondo Golfo de México, FGM; Fondo de Conservación "El Triunfo", FONCET; Fondo Noroeste y Occidente, FONNOR), en la implementación del proyecto CONECTA "Conectando la salud de las cuencas con la producción ganadera y agroforestal sostenible" (2021-2026), que es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) a través del Banco Mundial (BM). El objetivo de CONECTA es mejorar el manejo integrado del paisaje y promover prácticas productivas climáticamente inteligentes en 15 cuencas ganaderas y agroforestales en los estados de Chiapas, Chihuahua, Jalisco, y Veracruz.

La base del manejo integrado del paisaje en CONECTA son los Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas (PAMIC). La primera propuesta de los PAMIC se diseñó para varias cuencas del país en el marco del proyecto C6 "Conservación de cuencas costeras en el contexto del cambio climático" (2014-2018), también financiado por el GEF a través del BM. Considerando estos antecedentes, y con el objetivo de avanzar hacia una fase de consolidación y apropiación de este instrumento, dentro del marco del proyecto CONECTA se llevará a cabo la elaboración de los PAMIC en las cuencas ubicadas en Chiapas (Región Istmo-Costa) y en la región fronteriza de Chihuahua. Además, se actualizarán los PAMIC de las cuencas de Veracruz (La Antigua, Jamapa y Tuxpan) y Jalisco (Región Vallarta) con base en el diseño y la implementación de una metodología que contemple insumos de mayor resolución espacial, herramientas complementarias (p.ej. análisis de redes, técnicas de geoprocésamiento, índices y enfoques estadísticos), y la construcción participativa y con enfoque de género de escenarios futuros plausibles, sentando así las bases de una agenda ambiental sólida.

La cuenca del **Río La Antigua (RLA)**, ubicada en la región central del estado de Veracruz, posee una gran importancia biocultural y socioeconómica. Esta cuenca conecta dos Áreas Naturales Protegidas (ANP): el Cofre de Perote y la zona de amortiguamiento norte del Sistema Arrecifal Veracruzano y, además, es la principal fuente de abastecimiento de agua de más de cuatrocientas ochenta mil personas que habitan en el territorio, incluyendo las ciudades de Xalapa, Coatepec, Jalcomulco y Cardel (INEGI, 2020). A pesar de su importancia, la contaminación, la extracción inadecuada de agua, el cambio climático y los cambios de uso de suelo asociados con las actividades agrícolas y pecuarias que se desarrollan en la cuenca, representan algunas de las principales amenazas para la conservación de sus ecosistemas y los beneficios de los que depende el bienestar humano.

De acuerdo con lo anterior, el propósito de la actualización del PAMIC de la cuenca del RLA es fortalecer la toma de decisiones para guiar y proponer diferentes intervenciones en el territorio; identificando y optimizando los recursos, esfuerzos e inversiones que puedan estar alineados a los diferentes



programas de políticas públicas que inciden en la cuenca. De esta forma, la elaboración o actualización de los PAMIC representan una herramienta de diagnóstico, planeación y gestión del territorio para proponer el desarrollo a corto y largo plazo de acciones prioritarias de conservación, restauración y adecuación de prácticas productivas, con base en un enfoque sistémico a nivel de cuenca hidrográfica. En resumen, los PAMIC identifican y analizan las características socio-ecológicas e interconexiones entre las unidades territoriales (subcuencas) con base en la relación de oferta (provisión) y demanda (personas usuarias o beneficiarias) de servicios ecosistémicos (SE) relevantes, incorporando a su vez, escenarios de cambio climático y cambios potenciales de uso de suelo y vegetación.

1.1. Servicios ecosistémicos y planeación territorial con enfoque de cuenca

Los ecosistemas nos proveen de diferentes beneficios directos e indirectos, definidos como servicios ecosistémicos (SE), que son fundamentales para el bienestar humano (MEA, 2005; TEEB, 2010). Estos SE también se pueden entender como todas aquellas contribuciones, tanto positivas como negativas, derivadas de los sistemas naturales (p.ej. la diversidad de organismos, ecosistemas y sus procesos evolutivos y ecológicos asociados) que tienen efectos en la calidad de vida de las personas (IPBES; Díaz et al., 2018).

En los marcos normativos de México, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA; DOF, 1988) define a los servicios ambientales como “los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para que proporcionen beneficios al ser humano”. Algunos de estos beneficios o contribuciones de la naturaleza hacia las personas incluyen la provisión y calidad del agua, el control de inundaciones, la provisión de alimentos, la captura de carbono, la retención de nutrientes y el control de la erosión (Koetse et al., 2018; Maes et al., 2013).

Actualmente, se reconocen tres grandes sistemas de clasificación internacional de SE disponibles para sistematizar, evaluar y comparar los resultados de las evaluaciones y el mapeo (Maes et al., 2013): The Millennial Ecosystem Assessment (MEA, 2005) proporcionó el primer marco conceptual para la evaluación de ecosistemas a gran escala, que luego fue adoptada y detallada por The Economics of Ecosystem and Biodiversity (TEEB, 2010) y the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, (CICES, Haines-Young y Potschin, 2018). En general, todas estas clasificaciones incluyen SE de abastecimiento, regulación y culturales, la mayoría de los cuales están conectados con el ciclo hidrológico a nivel de cuenca hidrográfica.

Las cuencas hidrográficas son unidades territoriales, definidas por la división natural de las aguas superficiales debido a la conformación del relieve y la topografía (SEMARNAT-CONAGUA, 2018). En términos territoriales las cuencas constituyen sistemas complejos, donde se reconocen los vínculos entre una



variedad de componentes, niveles jerárquicos y una alta intensidad de interconexiones (Balvanera and Cotler, 2007; Mass, 2012).

Los SE derivados de procesos que ocurren dentro de los límites fisiográficos de una cuenca hidrográfica se centran cada vez más en la integración de la gestión del paisaje y los recursos hídricos (Hamel et al., 2018). Las cuencas hidrográficas como unidades funcionales de los ecosistemas permiten analizar diferentes procesos socio-ecológicos que consideran una estructura de variables sociales y biofísicas relacionadas con los recursos que inciden en el bienestar humano, en donde los cuerpos de agua, como los ríos o los lagos, juegan un papel importante en el bienestar humano y en el funcionamiento de los ecosistemas (Comín et al. al., 2018).

Por otro lado, los cambios en el uso y la distribución de los SE pueden tener impactos diferenciados entre las personas que conforman comunidades asentadas en la cuenca, debido a que el acceso y la gestión de los recursos podría estar determinado por su ubicación territorial, reglas o acuerdos locales, actividades productivas, tipos de tenencia de la tierra, etnicidad, condición social o contexto cultural (Daw et al., 2011; Peh et al., 2013). Ante esta situación, el enfoque de cuenca en el manejo y planeación territorial promueve la integración de las personas involucradas en una problemática común, en lugar de atender problemas sectoriales dispersos. Estas intervenciones varían en el tiempo y están en función del aprendizaje que se obtiene de las acciones realizadas sobre los ecosistemas, del control de las externalidades y de los diversos intereses y condiciones de las personas (Cotler, 2007).

Por ejemplo, en algunos casos, las personas beneficiarias que asumen los costos de mantener la provisión de los SE podrían necesitar ser compensadas por otras personas que también se benefician (p.ej. propietarios de terrenos destinados a la conservación bajo un esquema de Pago por Servicios Ambientales, PSA). Este enfoque de **corresponsabilidad territorial** para la protección de ecosistemas y el mantenimiento de sus SE a nivel de cuenca hidrográfica es clave para analizar las posibles compensaciones derivadas de las externalidades tanto positivas como negativas, las cuales se asocian con los flujos de agua que transcurren desde las partes más altas de la cuenca hasta su desembocadura en las partes más bajas.

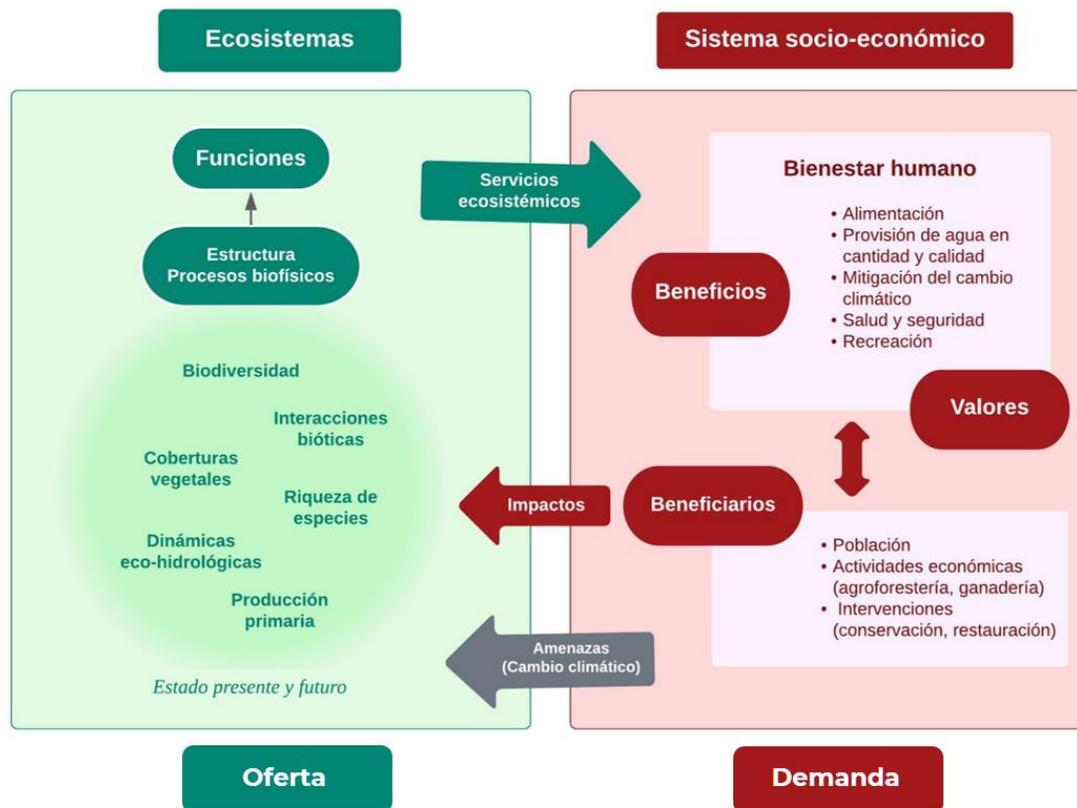
De acuerdo con lo anterior, los PAMIC incorporan el concepto de SE con base en la integración, modelación y análisis de aspectos biofísicos (oferta o provisión de SE) y socio-económicos (demanda de SE por parte de los usuarios o beneficiarios) para construir un marco conceptual cuyo objetivo es apoyar el desarrollo de intervenciones, políticas o esquemas de gestión que integren los siguientes elementos en la toma de decisiones con base en un enfoque de cuenca hidrográfica (Fig. 1):



1. El funcionamiento de los ecosistemas y sus SE.
2. Los impactos potenciales tanto positivos como negativos derivados de las dinámicas socio-económicas.
3. Las amenazas o presiones potenciales presentes y futuras, como el cambio climático y los cambios de uso de suelo y vegetación (USV).

Este marco conceptual permite vincular las funciones de producción con los beneficios proporcionados a las personas. La oferta o provisión de SE representa lo que potencialmente está disponible a partir de la estructura, procesos biofísicos y funciones de los ecosistemas (p.ej. la provisión de agua en cantidad y calidad). Dentro del marco de los PAMIC, los SE incorporan la demanda o uso por parte de personas usuarias o beneficiarias que se distribuyen en las cuencas, mientras que la valoración, incluye la preferencia o percepción social para el cálculo de métricas en términos de aumento o disminución de los SE (p.ej. mayor cantidad de agua, menores tasas de erosión o transporte de nutrientes), considerando la incorporación de escenarios de cambio climático y cambios de uso de suelo y vegetación.

Fig. 1. Marco conceptual para el análisis y evaluación de servicios ecosistémicos de los PAMIC.



Adaptado de Potschin & Haines-Young (2011); Maes et al. (2013).

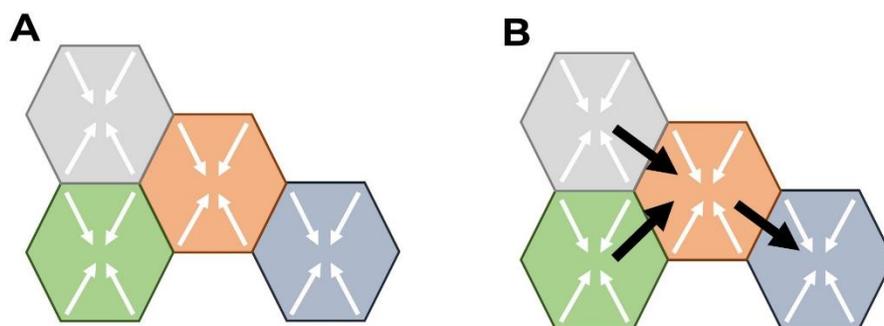


2. Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas (PAMIC)

Los PAMIC son un instrumento de diagnóstico, planeación y gestión del territorio con bases técnico-científicas que articula esfuerzos institucionales para proponer el desarrollo de acciones prioritarias de conservación, restauración y adecuación de prácticas; considerando un enfoque sistémico que vincula proyecciones de cambio climático y cambios potenciales de uso de suelo y vegetación a nivel de cuenca hidrográfica.

Los ordenamientos territoriales identifican unidades de gestión y analizan su dinámica interna para proponer políticas, criterios y estrategias de manejo, mientras que los PAMIC no solo consideran las relaciones al interior de cada una de las unidades de planeación, sino también su vinculación e interconexión asociada a la red de flujo superficial de las cuencas (Fig. 2).

Fig. 2. Modelos conceptuales de los Ordenamientos Ecológicos Territoriales (OET) y los PAMIC. A) Modelo conceptual de la caracterización y análisis de las unidades de planeación de los OET considerando únicamente sus atributos internos (flechas blancas). B) Modelo conceptual de los PAMIC con base en el análisis de la vinculación e interconexión entre las unidades de planeación asociada a la red de flujo superficial de las cuencas (flechas negras).



Considerar a la cuenca como unidad de planeación y gestión, implica establecer canales de comunicación, coordinación y cooperación entre diversas entidades administrativas y de la sociedad civil. Este enfoque representa un reto en la transformación de los paradigmas actuales en la planeación, gestión y administración, tanto de los recursos naturales como económicos. Por consiguiente, la visión a largo plazo de los PAMIC es consolidarse como instrumentos de planeación vinculantes y complementarios a los ordenamientos territoriales. Lo que significa que, al igual que los ordenamientos, los PAMIC



requieren de inversión y seguimiento continuo para su plena integración en las políticas públicas de México.

En resumen, los PAMIC son instrumentos operativos, prácticos y replicables, diseñados para fortalecer y solventar vacíos de los procesos de planeación territorial de las cuencas, en donde los recursos hídricos constituyen el eje articulador para enfocar estrategias sostenibles, salvaguardando los procesos socio-ecológicos de los que depende la funcionalidad de los ecosistemas y el bienestar de sus habitantes.

2.1. Objetivo general de los PAMIC

Fortalecer la gestión integral de las cuencas a través de la focalización de acciones orientadas a conservar, restaurar y aprovechar sustentablemente los elementos y bienes comunes que intervienen en la provisión y mantenimiento de SE relevantes para la funcionalidad del territorio.

2.2. Objetivos específicos

- 1.** Describir y caracterizar la situación actual de la cuenca en términos biofísicos y socioeconómicos para su vinculación con instrumentos y programas de gestión.
- 2.** Priorizar las subcuencas con base en el análisis de la oferta-demanda de SE en el contexto actual y futuro, considerando escenarios plausibles de cambio climático y cambios de uso de suelo y vegetación (USV).
- 3.** Proponer y focalizar diferentes acciones de intervención que promuevan la conservación, la restauración o el aprovechamiento sustentable de los recursos en las subcuencas identificadas con la mayor oferta-demanda de SE.
- 4.** Delinear las bases de una agenda ambiental encaminada a promover la corresponsabilidad territorial en el mantenimiento de SE, a través de la vinculación entre las características socio-ecológicas, los instrumentos o programas de gestión y la identificación espacial de sitios prioritarios.



2.3. Componentes metodológicos de los PAMIC

El proceso para la elaboración o actualización de los PAMIC se desarrolla con base en tres componentes o etapas: **1)** Componente técnico-científico (analítico-relacional); **2)** componente participativo, y **3)** proceso de integración para consolidar una agenda ambiental que permita plantear una estrategia continua de seguimiento, actualización y monitoreo en coordinación con los diferentes actores en el territorio (Fig. 3).

Fig. 3. Componentes de los PAMIC.



2.3.1. Componente técnico-científico

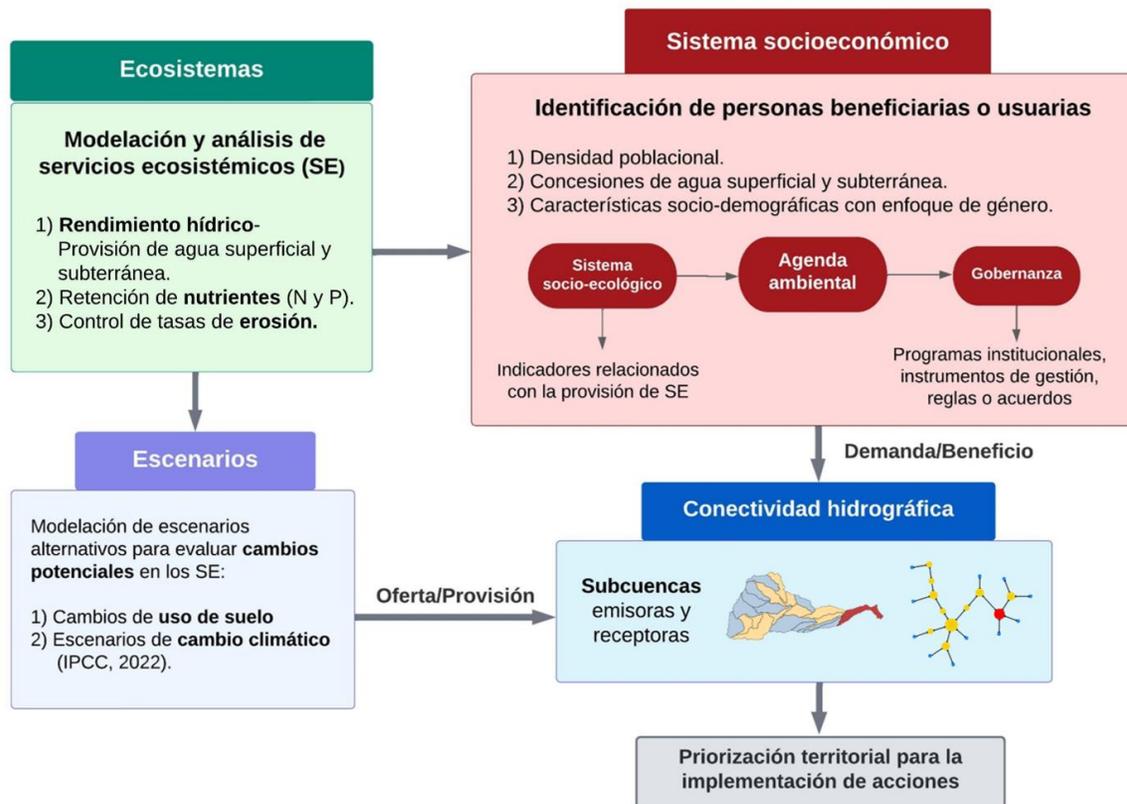
El componente técnico (analítico-relacional) para la priorización territorial de los PAMIC se resume de la siguiente manera (Fig. 4):

1. Identificación de subcuencas con mayor y menor **provisión de servicios ecosistémicos (SE)**. La selección, análisis y modelación de los SE asociados con actividades agropecuarias y agroforestales se llevó a cabo con base en la relevancia percibida por parte de actores locales. Este proceso se consolida considerando los objetivos, alcances, recursos, datos, capacidades técnicas y el tiempo disponible. De esta forma, los SE seleccionados que se analizaron con el uso de la herramienta InVEST - Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (Sharp et al., 2018) son: la provisión de agua, la retención de nutrientes (nitrógeno-N y fósforo-P) y el control de tasas de erosión.
2. Identificación de subcuencas con **mayor y menor demanda** de SE con base en el volumen extraído de agua superficial y subterránea (hm³) y la densidad poblacional (habitantes/km²). Además, se lleva a cabo una caracterización socio-económica de las personas usuarias o beneficiarias de los SE para construir de manera participativa una agenda ambiental que permita vincular la problemática socio-ecológica con los programas institucionales, reglas y acuerdos que inciden en el territorio.



3. Incorporación de **escenarios** de cambios de uso de suelo y cambio climático para el análisis de los impactos potenciales en términos de aumentos o disminuciones significativas en los SE seleccionados.
4. Integración de los resultados considerando la **conectividad hidrográfica** de las cuencas (identificación de subcuencas emisoras, emisoras-receptoras y receptoras) que permitan consolidar una propuesta de priorización territorial para la implementación de acciones de restauración, conservación y adecuación de prácticas productivas.

Fig. 4. Esquema conceptual del componente técnico de los PAMIC.



2.3.2. Componente participativo

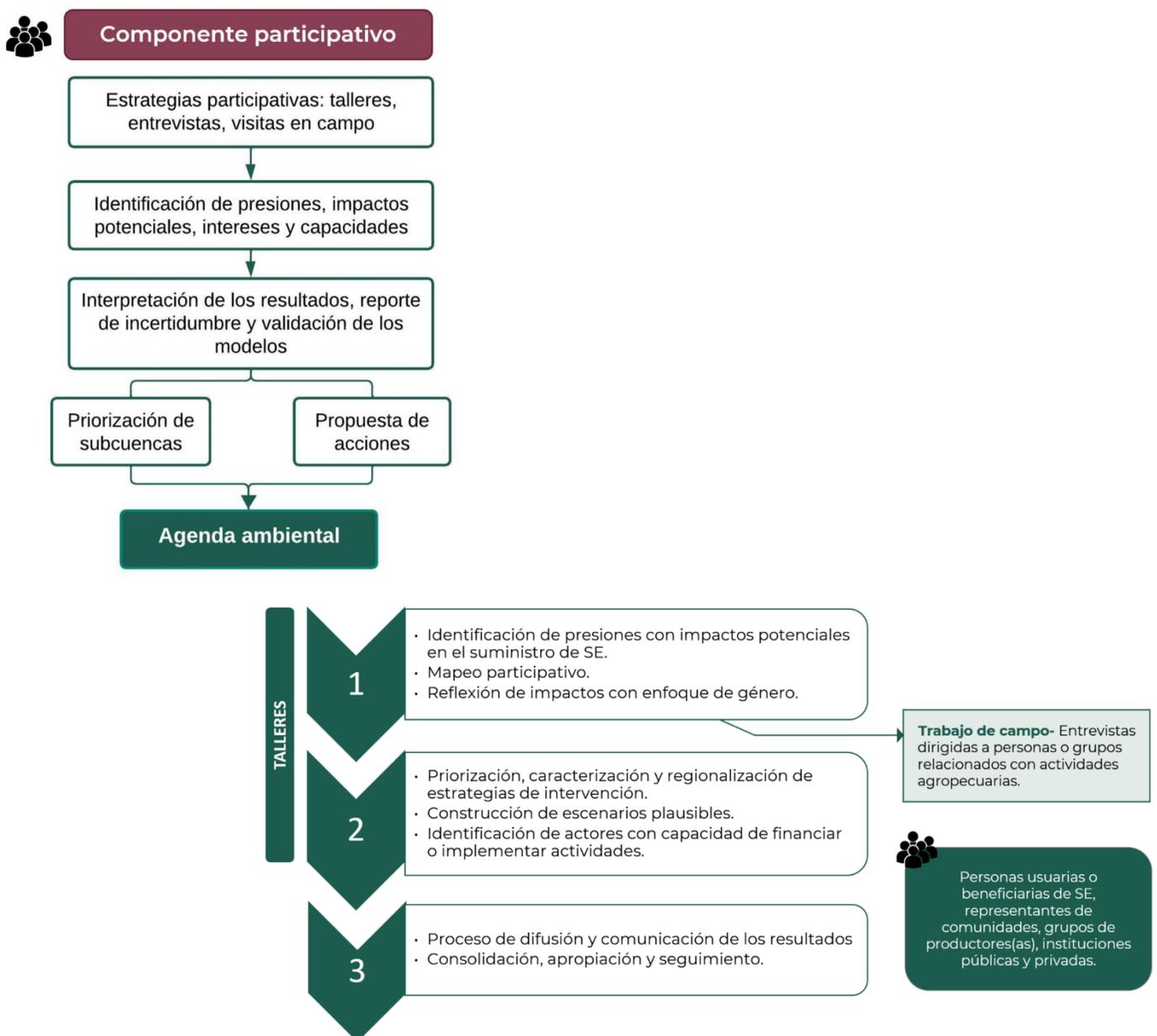
El componente participativo para la elaboración de los PAMIC es el proceso mediante el cual se genera un espacio de intercambio y coproducción de conocimientos (Reed et al., 2018). Este componente representa un espacio que facilita la comunicación entre los diversos actores de la cuenca para conocer el proceso y los objetivos de la elaboración de los PAMIC. El proceso de planeación e implementación del componente participativo incorpora la visión territorial de las comunidades y propietarios del territorio, así como la perspectiva de género, intercultural e intergeneracional, fomentando la participación activa de las



mujeres. También busca incorporar aspectos técnicos sobre los vínculos entre género, provisión y aprovechamiento de los SE.

Este componente se desarrolla a partir de diversas sesiones participativas que pueden variar de acuerdo con cada uno de los contextos territoriales (p. ej. visitas de campo, entrevistas y talleres dirigidos a diferentes actores y personas interesadas con incidencia en las cuencas de estudio y salidas de campo) (Fig. 5). De esta forma, se busca fortalecer la apropiación e implementación de los PAMIC desde el inicio de su diseño y hasta su aplicación territorial.

Fig. 5. Esquema conceptual del componente participativo de los PAMIC.

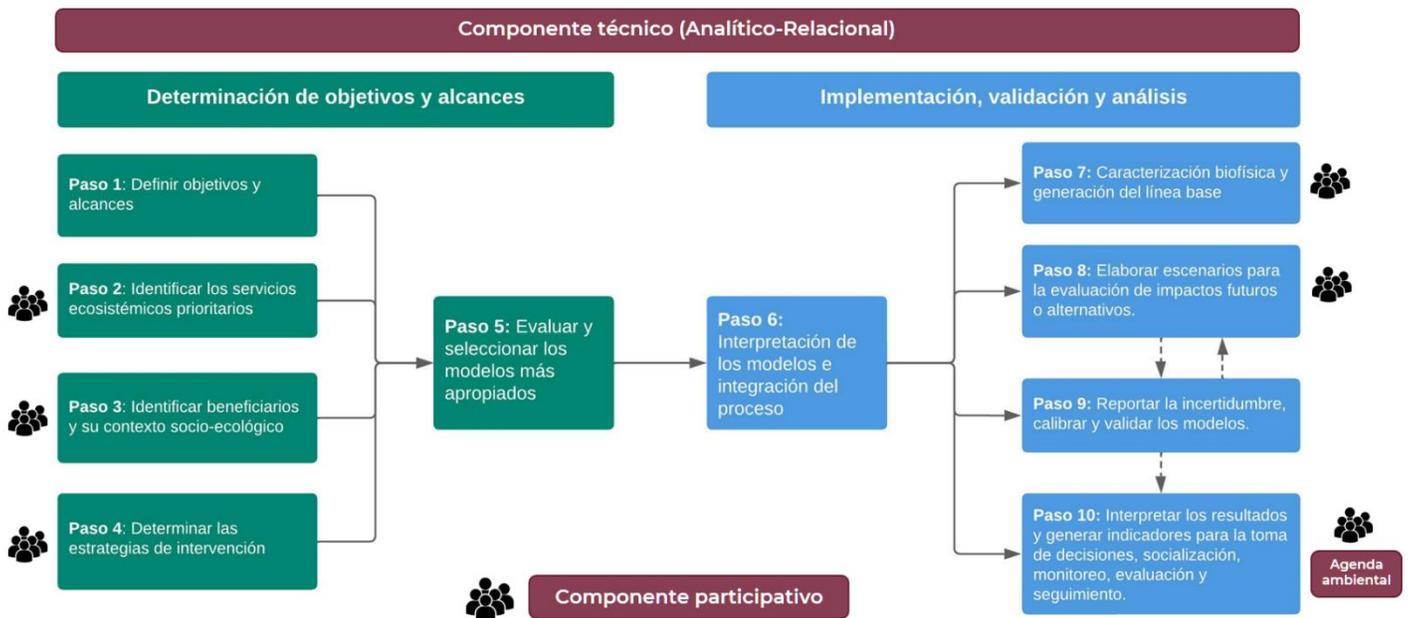


2.3.3. Proceso de integración

El proceso de integración, tanto del componente técnico (analítico-relacional) como del componente participativo, se organiza en 10 pasos que se describen a detalle en la guía metodológica de los PAMIC. Estos pasos se pueden clasificar en dos etapas (Fig. 6):

- **Etapa 1: Determinación de objetivos y alcances**, considerando la identificación de beneficiarios y su contexto socio-ecológico, las estrategias de intervención y los servicios ecosistémicos prioritarios, lo cual permitirá evaluar y seleccionar la herramienta de modelación y análisis más adecuada a los objetivos del PAMIC.
- **Etapa 2: Implementación, validación y análisis**, que incluye todo el proceso de interpretación y validación de los resultados para consolidar una agenda ambiental que permita plantear una estrategia de seguimiento y monitoreo en conjunto con los diferentes actores en el territorio.

Fig. 6. Guía metodológica para la elaboración de los PAMIC. Esquema del proceso de integración de los diferentes pasos metodológicos, tanto del componente técnico como del componente participativo. Adaptado de Bullock & Ding (2018) y Ochoa-Tocachi et al. (2022).



Cuenca del Río La Antigua

Este capítulo presenta una descripción general de las características biofísicas y socioeconómicas de la cuenca del Río La Antigua (RLA). Resaltando el papel de las personas usuarias de los servicios ecosistémicos como los y las principales agentes de transformación de los sistemas socio-ecológicos.



3. Cuenca del Río La Antigua

3.1. Caracterización biofísica

3.1.1. Localización

La cuenca del Río La Antigua (RLA) forma parte de la región hidrológico-administrativa X Golfo Centro y ocupa una superficie de 2,176 km² localizada entre los estados de Veracruz (80.4%) y Puebla (19.6%) (Tabla 1).

La cuenca está dividida en dos provincias fisiográficas: la Llanura Costera del Golfo Sur en dirección este y el Eje Neovolcánico al oeste. Su gradiente altitudinal oscila de cero a 4,204 msnm, con una elevación promedio de 1,376 msnm. El cauce principal de la cuenca del RLA emerge desde las zonas más altas en la Sierra Madre Occidental hasta su desembocadura en la vertiente del Golfo de México (168 km).

Tabla 1. Límites estatales y municipales, coordenadas y cuencas colindantes de la cuenca del RLA

| Límites estatales y municipales | | |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Entidad | Superficie (km ²) | Porcentaje (%) |
| Veracruz | 1,749.3 | 80.4% |
| Puebla | 426.8 | 19.6% |

| Coordenadas extremas y colindancias | | | |
|-------------------------------------|-----------------|----------------|---------------------|
| Dirección | Longitud | Latitud | Cuencas colindantes |
| Norte | -96° 59' 2.85" | 19° 34' 32.91" | Actopan |
| Sur | -97° 04' 7.53" | 19° 09' 43.19" | Jamapa, Tolomé |
| Este | -96° 16' 13.49" | 19° 17' 45.63" | Golfo de México |
| Oeste | -97° 16' 33.48" | 19° 11' 41.89" | Bobos, Salado |



3.1.2. Uso de suelo y vegetación

La vegetación natural cubre alrededor del 49.54% de la cuenca y se clasifica en bosque de coníferas, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, manglares, selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia (INEGI, 2018). El 28.13% de la superficie de la cuenca está destinada a la producción agrícola. Los tipos de cultivo predominantes son: café, maíz, caña, limón, mango y papa, aunque también están presentes otros cultivos de hortalizas y sistemas de milpa. El resto de la superficie corresponde a pastizales vinculados con las actividades pecuarias (17.29%); asentamientos humanos (4.55%) y cuerpos de agua (0.48%) (Tabla 2, Fig. 7).

Tabla 2. Tipos de coberturas presentes en la cuenca del RLA

| Tipos de coberturas | Área (km ²) | Porcentaje de la cuenca (%) |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Pastizal | 372.41 | 17.29% |
| Bosque mesófilo de montaña | 338.59 | 15.72% |
| Bosque de coníferas | 335.88 | 15.59% |
| Café bajo sombra | 227.90 | 10.58% |
| Selva baja caducifolia | 197.64 | 9.18% |
| Bosque de encino | 167.25 | 7.76% |
| Maíz | 123.49 | 5.73% |
| Agricultura general | 123.08 | 5.71% |
| Zona urbana | 98.01 | 4.55% |
| Caña | 75.76 | 3.52% |
| Limón | 30.84 | 1.43% |
| Selva mediana subcaducifolia | 24.38 | 1.13% |
| Mango | 16.66 | 0.77% |
| Cuerpo de agua | 10.43 | 0.48% |
| Papa | 8.21 | 0.38% |
| Manglar | 3.43 | 0.16% |



3.1.3. Subcuencas

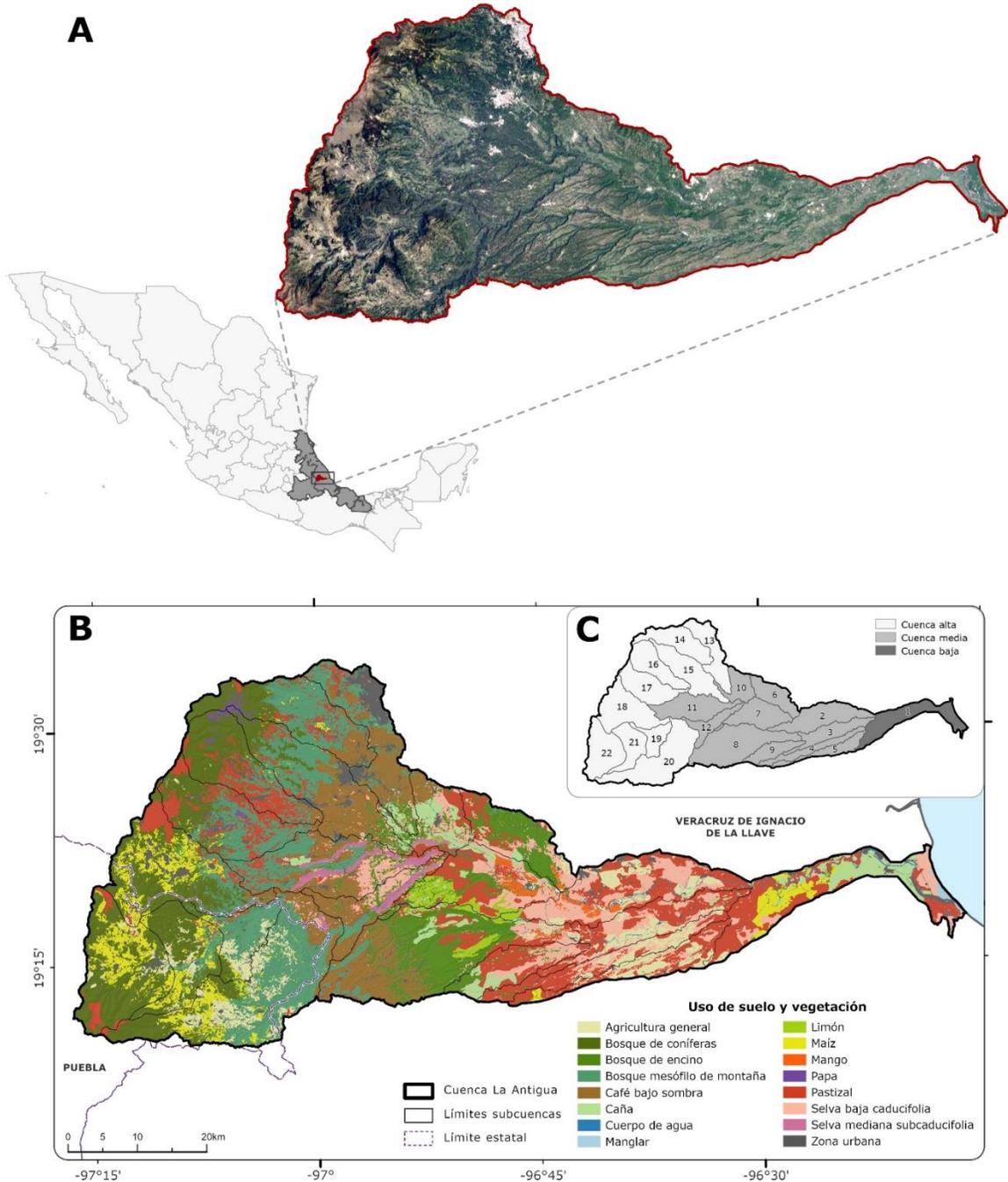
Considerando la heterogeneidad de las características biofísicas de la cuenca (diferencias hidrológicas, altitudinales y tipos de coberturas), se delimitaron 22 subcuencas con base en el Mapa Nacional de Microcuencas (FIRCO-UAQ, 2005). Posteriormente se corrigieron los límites considerando el análisis de la red de flujo rápido superficial del módulo de rendimiento hídrico estacional de InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs, por sus siglas en inglés) (Sharp et al., 2018). Las subcuencas se clasificaron en tres zonas: alta, media y baja con base en sus diferencias altitudinales y la jerarquía de sus principales geoformas (FAO, 2009) (Tabla 3, Fig.7).

Tabla 3. Delimitación de subcuencas.

| ID | Subcuenca | Código | |
|----|-------------------------|----------------------|-------------------------------|
| | | (FIRCO-UAQ, 2005) | Superficie (km ²) |
| 1 | Cabezas | 28-119-09-002 | 12,965.39 |
| 2 | Rinconada | 28-119-09-001 | 12,258.51 |
| 3 | Tlaltetela (Xotla) | 28-119-09-003 | 7,173.72 |
| 4 | Mata de Jobo | 28-119-09-005 | 5,166.94 |
| 5 | Hato de la Higuera | 28-119-09-006 | 5,157.50 |
| 6 | Estación Chavarrillo | 28-119-08-001 | 6,945.95 |
| 7 | Tlaltetela (Tlaltetela) | 28-119-05-008 | 129.65 |
| 8 | Tlaltetela (Poxtla) | 28-119-09-004 | 122.59 |
| 9 | Tlacuatzintla | 28-119-09-007 | 71.74 |
| 10 | Tuzamapan | 28-119-05-006 | 51.67 |
| 11 | Teocelo | 28-119-05-007 | 51.58 |
| 12 | Tlaltetela (Pinillos) | 28-119-05-009 | 69.46 |
| 13 | Xalapa-Enríquez | 28-119-05-001 | 96.70 |
| 14 | Rancho Viejo | 28-119-05-002 | 196.86 |
| 15 | San Marcos de León | 28-119-05-003 | 50.04 |
| 16 | Xico | 28-119-05-004 | 56.23 |
| 17 | Tonalaco | 28-119-05-005 | 116.84 |
| 18 | Ixhuacán de los Reyes | 28-119-07-001 | 50.97 |
| 19 | Tozihuic | 28-119-07-004 | 97.05 |
| 20 | Chihiquila | 28-119-07-002 | 104.31 |
| 21 | Quimixtlán | 28-119-07-005 | 121.09 |
| 22 | Rafael J. García | 28-119-07-003 | 94.05 |



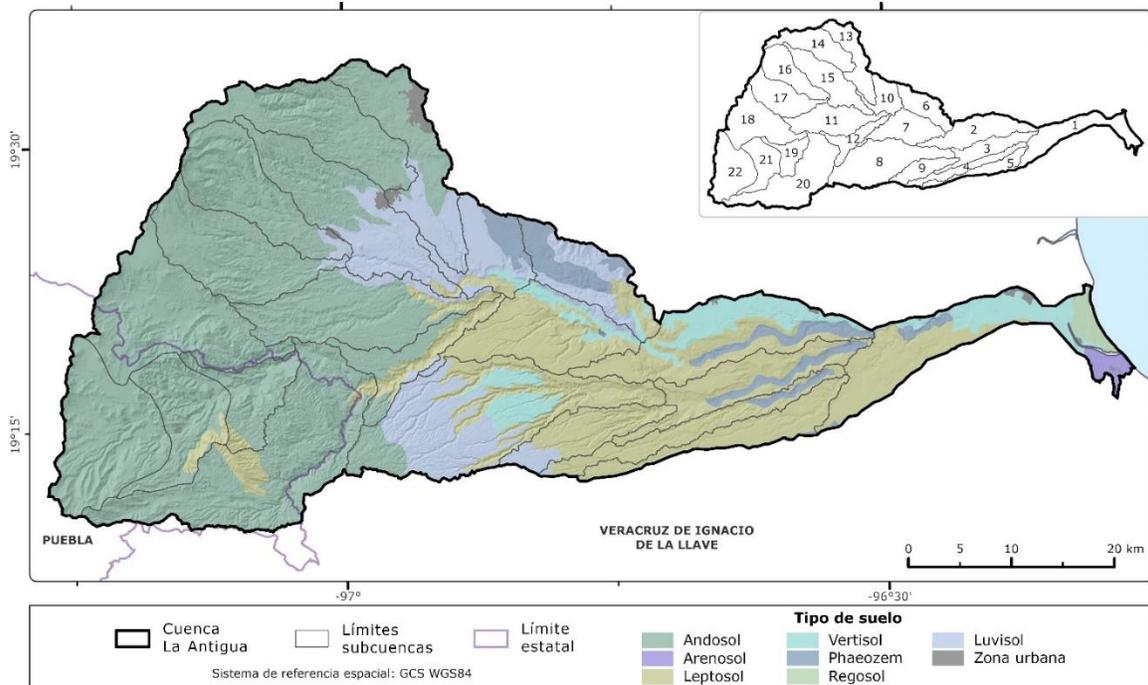
Fig. 7. Cuenca del Río La Antigua. A) Localización e imagen satelital (Google Earth, 2022). B) Mapa de uso de suelo y vegetación. C) Delimitación y clasificación altitudinal de las subcuencas (FIRCO-UAQ, 2005; INECC, 2022).



3.1.4. Tipos de suelo

El tipo de suelo que predomina en la cuenca es el andosol (51.7%), cuya distribución está asociada a los materiales del Eje Neovolcánico. El resto de la superficie presenta suelos de tipo leptosol (24.58%), luvisol (12.03%), vertisol (5.89%), phaeozem (3.94%), regosol (0.58%) y arenosol (0.46%) (INEGI, 2013) (Fig. 10).

Fig. 8. Tipos de suelo en la cuenca del RLA.



3.1.5. Clima

El clima es el término que describe en forma estadística las condiciones meteorológicas calculadas sobre un periodo de tiempo, comúnmente de 30 años (WMO, 2022). Específicamente, se define como la sucesión periódica y cíclica de estados de tiempo atmosférico que se producen en una determinada región. Este sistema climático está en constante cambio debido a las interacciones entre la atmósfera, la hidrósfera, la criósfera, la superficie de la tierra y la biósfera. El sistema climático evoluciona con el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna, por forzamientos externos como las erupciones volcánicas, las variaciones solares y por los forzamientos inducidos por el ser humano, a través de cambios en la composición de la atmósfera y cambios en el uso de la tierra (IPCC, 2001).



Por otra parte, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), define el cambio climático como el: “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”, así la CMNUCC diferencia, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales (IPCC, 2018).

El alcance de los efectos del cambio climático en las distintas regiones del planeta variará con el tiempo, así como la capacidad de adaptarse de los diferentes sistemas sociales y ambientales (IPCC, 2007), por lo que es necesario desarrollar medidas y acciones de adaptación, para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático de los diferentes sistemas. Ante esta situación, se requiere que los tomadores de decisiones aumenten sus capacidades de conocimiento y comprensión de la información climática, para que la integren como una herramienta de apoyo fundamental en las decisiones (INECC, 2022).

En este contexto, el PAMIC de la cuenca del RLA incorpora la siguiente descripción general del clima (línea base), para posteriormente, comparar estadísticamente los resultados con **escenarios de cambio climático**. El clima de línea base se analizó considerando la información de estaciones meteorológicas ubicadas en los límites de la cuenca. De estas, 23 estaciones, 14 se encuentran en operación y 19 cuentan con registros climatológicos de, por lo menos, 30 años que corresponden al periodo 1981-2010 (SMN, 2022) (Tabla 4, Fig. 8 y 9).

Tabla 4. Estaciones climatológicas dentro de la cuenca del RLA.

| ID | Clave | Estatus | Nombre | Latitud | Longitud | Altitud (msnm) | Periodo de registros |
|----|-------|------------|---------------------------|---------|----------|----------------|----------------------|
| 1 | 30193 | Operando | José Cardel | 19.365 | -96.374 | 18 | 1941 - 2018 |
| 2 | 30137 | Operando | Puente Nacional (CFE) | 19.325 | -96.482 | 42 | 1964 - 2010 |
| 3 | 30165 | Operando | Tamarindo | 19.337 | -96.492 | 134 | 1956 - 2018 |
| 4 | 30157 | Suspendida | Santa María Tatetla (CFE) | 19.273 | -96.713 | 270 | 1964 - 1997 |
| 5 | 30367 | Suspendida | Apazapan (CFE) | 19.321 | -96.718 | 302 | 1981 - 1996 |
| 6 | 30076 | Operando | Jalcomulco (CFE) | 19.33 | -96.762 | 336 | 1961 - 2012 |
| 7 | 30021 | Operando | El Carrizal | 19.363 | -96.658 | 422 | 1967 - 2018 |
| 8 | 30010 | Suspendida | Amatitla (CFE) | 19.35 | -96.88 | 623 | 1963 - 1979 |
| 9 | 30177 | Suspendida | Tenampa (CFE) | 19.252 | -96.882 | 1000 | 1964 - 2005 |
| 10 | 30015 | Operando | Bella Esperanza (CFE) | 19.433 | -96.867 | 1014 | 1964 - 1989 |
| 11 | 30179 | Operando | Teocelo | 19.386 | -96.974 | 1181 | 1944 - 2018 |



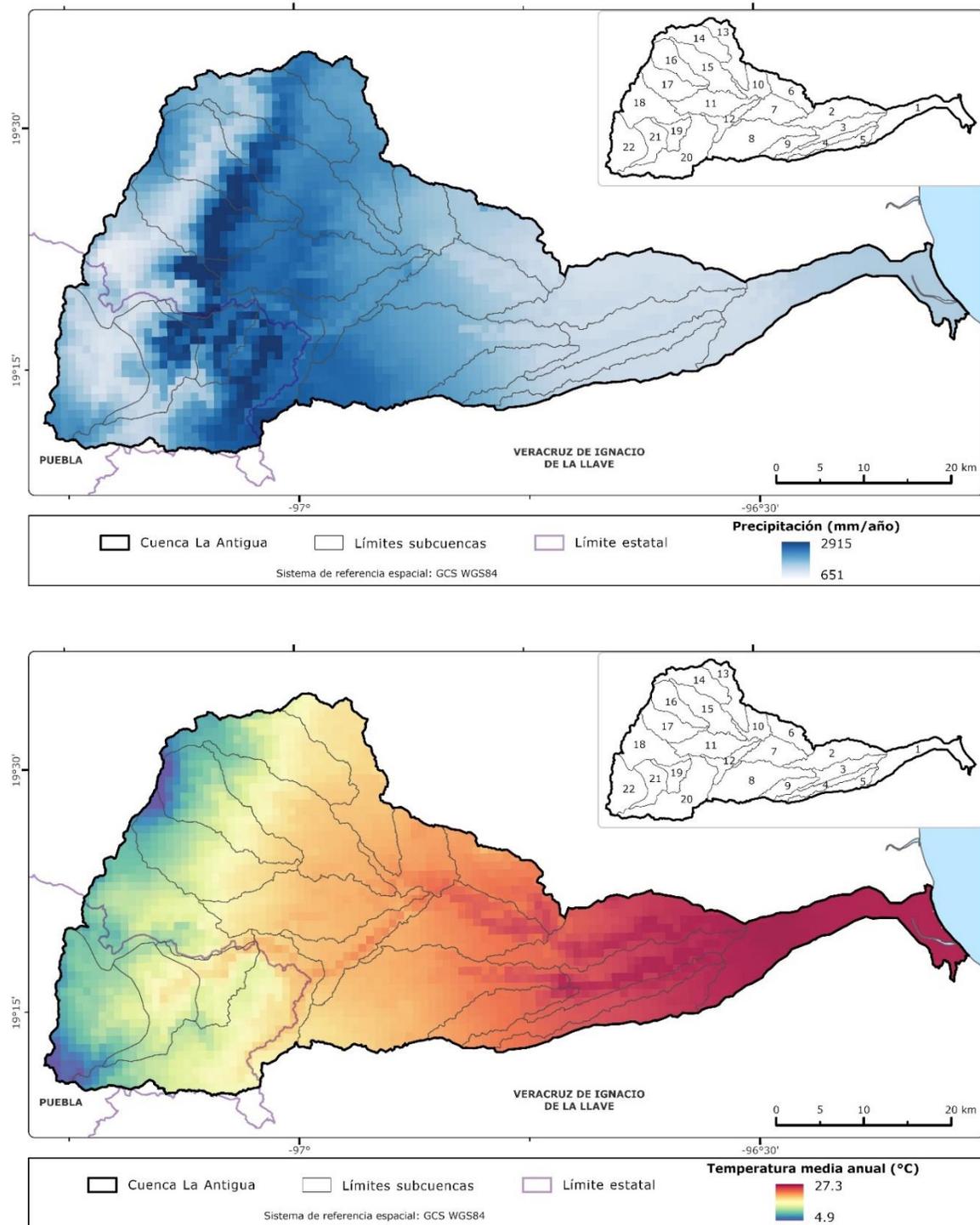
Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| | | | | | | | |
|----|-------|------------|-----------------------------|--------|---------|------|-------------|
| 12 | 30026 | Suspendida | Coatepec | 19.456 | -96.944 | 1183 | 1961 - 2018 |
| 13 | 30311 | Operando | Cosautlán | 19.333 | -96.994 | 1274 | 1976 - 2018 |
| 14 | 30452 | Operando | Briones | 19.508 | -96.949 | 1340 | 1984 - 2018 |
| 15 | 30487 | Operando | Mesa De Gómez | 19.529 | -96.976 | 1433 | 2013 - 2015 |
| 16 | 30336 | Operando | Ixhuacán De Los Reyes | 19.349 | -97.108 | 1708 | 1980 - 2011 |
| 17 | 30209 | Suspendida | Ixhuacán De Los Reyes (CFE) | 19.356 | -97.117 | 1792 | 1964 - 2009 |
| 18 | 30453 | Operando | Oxtlapa | 19.432 | -97.092 | 2118 | 1995 - 2010 |
| 19 | 30085 | Suspendida | La Tembladera (CFE) | 19.516 | -97.118 | 3119 | 1964 - 1997 |
| 20 | 30175 | Operando | Tembladeras | 19.512 | -97.118 | 3122 | 1965 - 2018 |
| 21 | 21067 | Operando | Quimixtlan | 19.264 | -97.148 | 2038 | 1964 - 2019 |
| 22 | 21025 | Suspendida | Chilchotla (CFE) | 19.255 | -97.183 | 2182 | 1964 - 1997 |
| 23 | 21056 | Suspendida | La Trinidad (CFE) | 19.283 | -97.217 | 2694 | 1964 - 2000 |

La temperatura media anual de la cuenca del RLA oscila entre los 4.9 °C y 27.3 °C, con un valor promedio de 18.7 °C. En los meses de abril, mayo y junio se presentan las temperaturas más altas, mientras que las temperaturas más bajas predominan en diciembre, enero y febrero. La precipitación media anual es de 1,522 mm. Los valores más altos de precipitación (>2,800 mm/año) se registran durante los meses de junio a septiembre en las partes altas y montañosas, disminuyendo hacia el extremo sureste de la parte baja de la cuenca (700-1,000 mm/año) (Fig. 9). La evaporación media anual es de 1,160 mm, con un valor máximo en los meses de abril y mayo (1,628 mm), y un valor mínimo durante el mes de diciembre (767 mm). En la región central de la cuenca también se ha reportado la presencia del fenómeno de sequía intraestival o “canícula” durante el mes de agosto.



Fig. 9. Mapas de línea base. A) Precipitación y B) Temperatura media anual en la cuenca del RLA. UNIATMOS-UNAM, (2020).

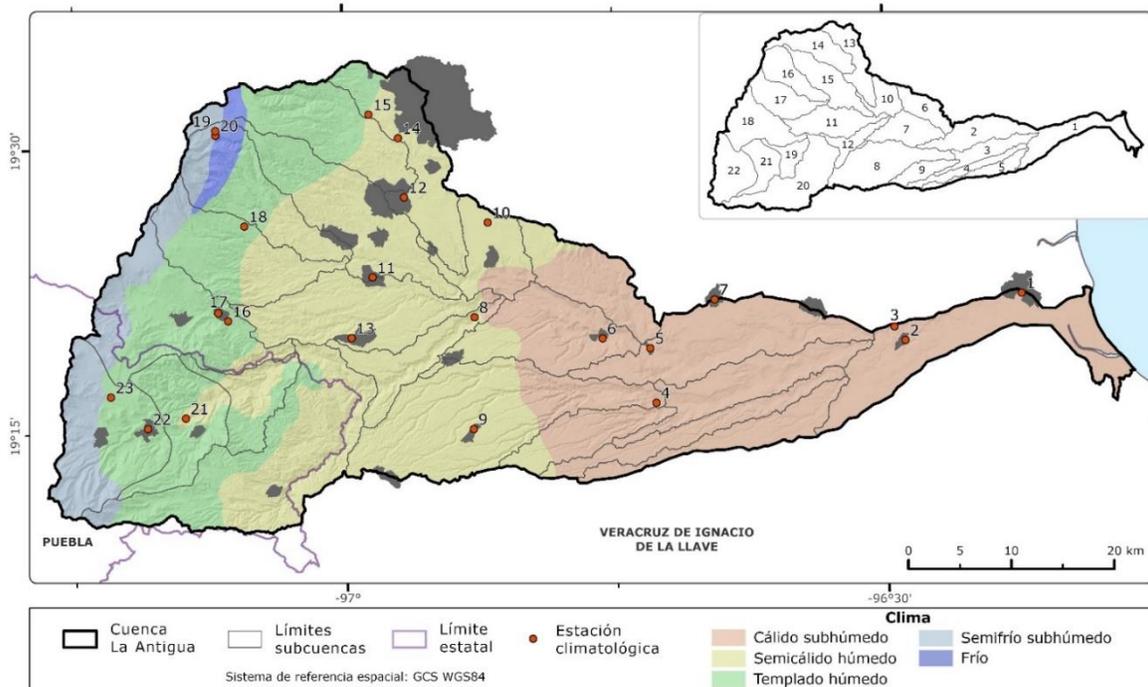


En la cuenca se distribuyen diez variaciones climáticas, las cuales se pueden clasificar en cinco tipos de clima: semicálido subhúmedo (38.59% de la superficie), cálido subhúmedo (30.24%), templado húmedo (23.01%), semifrío húmedo (6.96%) y frío (1.18%), con base en la clasificación climática de Köppen modificada por García (1964) (Tabla 5, Fig. 10).

Tabla 5. Variables climáticas y tipos de clima en la cuenca de RLA

| Tipo climático | Clave | Área (km ²) | Porcentaje (%) |
|---------------------------|-------------|-------------------------|----------------|
| Semicálido húmedo | (A)C(fm) | 532.19 | 24.45 |
| | (A)C(m) | 307.79 | 14.14 |
| Cálido subhúmedo | Aw1(w) | 384.21 | 17.65 |
| | Aw0(w) | 138.74 | 6.37 |
| | Aw2(w) | 135.45 | 6.22 |
| Templado húmedo | C(fm) | 204.66 | 9.40 |
| | C(m) | 296.15 | 13.61 |
| Semifrío subhúmedo | C(E)(w2)(w) | 151.49 | 6.96 |
| Frío | C(E)(m) | 25.41 | 1.17 |
| | E(T)H | 0.20 | 0.01 |

Fig. 10. Localización de las estaciones climatológicas y distribución de los tipos de climas presentes en la cuenca de RLA (SMN, 2022)



3.2. Caracterización socio-económica

Los SE, se identifican por los diferentes beneficios directos e indirectos que tienen efectos en la calidad de vida de las personas. Por lo tanto, un SE solo existe si estos beneficios son percibidos o utilizados por las personas. Esta percepción o uso de los diferentes SE dependerá de una diversidad de factores como las características socio-económicas, reglas y acuerdos políticos, actividades productivas, preferencias y contexto socio-cultural (Peh et al., 2013).

Los cambios en el uso y la distribución de los SE suelen tener diferentes impactos en las personas usuarias o beneficiarias dependiendo de su ubicación en la cuenca y la manera en la que utilizan o se benefician de estos SE. Estas diferencias son uno de los aspectos más importantes en cualquier evaluación de SE para poder promover la distribución equitativa de los mismos, tomando en consideración que cualquier intervención en el territorio o en el manejo de los recursos naturales, podría impactar de forma positiva o negativa en el bienestar de las personas usuarias o beneficiarias que se distribuyen en la cuenca.

Considerando lo anterior, en esta sección se presenta una caracterización general de la población asentada en la cuenca del RLA. Además, se describen los resultados de un Índice de Caracterización Socioeconómica (ICSE) y de brecha de género que integra diversas variables demográficas, sociales y económicas a partir de análisis estadísticos. La información se describe a nivel de subcuenca o municipio, de acuerdo con el grado de agregación de los datos disponibles.

3.2.1. Población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020), la población total de la cuenca del RLA es de aproximadamente 487,974 personas distribuidas en un total de 690 localidades, en las cuales, el 62.03% de la población se concentra en 28 localidades urbanas. El resto de las personas (37.97%) reside en 662 localidades rurales. A nivel de subcuenca, solo ocho de ellas registran el total de su población en localidades rurales: Tlaltetela (Pinillos) (ID. 12); Tonalaco (ID. 17); Tozihuic (ID. 19); Tlacuatzintla (ID. 9); Hato de la Higuera (ID. 5); Tlaltetela (Poxtla) (ID. 8); Estación Chavarrillo (ID. 6) y Mata De Jobo (ID. 4) (INEGI, 2020) (Figura 11).

La densidad poblacional promedio en la cuenca es de 224.22 habitantes/km². Las tres subcuencas con mayor densidad poblacional son: Xalapa-Enríquez (ID. 13) (1853.77 habitantes/km²); San Marcos de León (ID. 15) (574.44 habitantes/km²) y Tuzamapan (ID. 10) (273.28 habitantes/km²). Respecto a la distribución de la población por sexo y etnicidad, el 51.71% son mujeres, 2.81% es afrodescendiente y 1.57% es población que habla alguna lengua indígena (Fig. 11, Tabla 6).



Tabla 6. Población total, sexo y etnicidad de la población por subcuenca (INEGI, 2020).

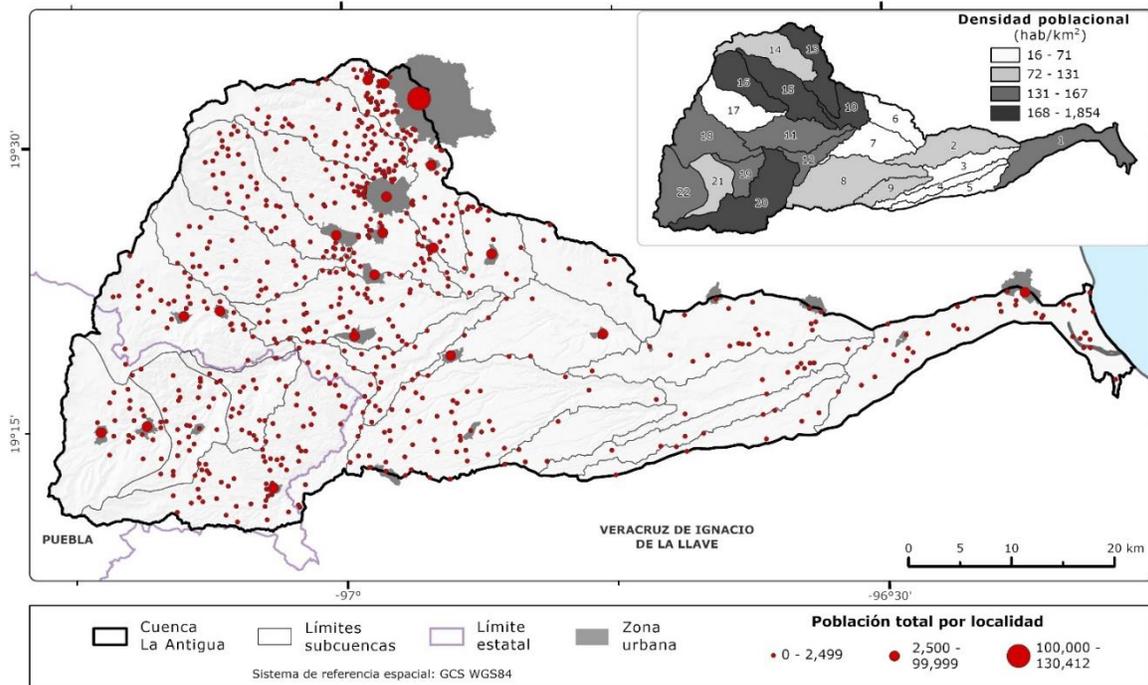
| ID | Subcuencas | Población total | Población femenina (%) | Población masculina (%) | Población afro ¹ (%) | Población que habla lengua indígena ² (%) |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|--|
| 1 | Cabezas | 19,664 | 51.12 | 48.43 | 4.69 | 0.49 |
| 2 | Rinconada | 9,871 | 50.12 | 49.08 | 1.64 | 0.24 |
| 3 | Tlaltetela (Xotla) | 2,334 | 49.23 | 50.09 | 0.04 | 0.00 |
| 4 | Mata de Jobo | 846 | 48.70 | 51.06 | 0.24 | 0.00 |
| 5 | Hato de la Higuera | 2,407 | 48.77 | 50.98 | 0.04 | 0.00 |
| 6 | Estación Chavarrillo | 2,149 | 50.35 | 49.65 | 0.51 | 0.24 |
| 7 | Tlaltetela (Tlaltetela) | 6,879 | 50.21 | 48.80 | 1.47 | 0.02 |
| 8 | Tlaltetela (Poxtla) | 25,787 | 49.79 | 50.02 | 2.40 | 0.33 |
| 9 | Tlacuatzintla | 3,753 | 50.87 | 49.05 | 0.32 | 0.00 |
| 10 | Tuzamapan | 15,368 | 50.90 | 48.72 | 1.96 | 0.12 |
| 11 | Teocelo | 18,994 | 50.91 | 48.50 | 1.06 | 0.09 |
| 12 | Tlaltetela (Pinillos) | 8,240 | 49.60 | 50.24 | 0.10 | 0.06 |
| 13 | Xalapa-Enríquez | 179,907 | 53.04 | 46.57 | 3.52 | 0.23 |
| 14 | Rancho Viejo | 10,403 | 50.34 | 48.55 | 1.92 | 0.35 |
| 15 | San Marcos de León | 69,557 | 52.06 | 47.62 | 2.35 | 0.11 |
| 16 | Xico | 16,209 | 51.10 | 48.45 | 3.21 | 0.28 |
| 17 | Tonalaco | 6,872 | 51.11 | 48.70 | 3.81 | 0.93 |
| 18 | Ixhuacán de los Reyes | 20,602 | 51.48 | 48.18 | 0.83 | 0.33 |
| 19 | Tozihuic | 6,471 | 50.13 | 49.87 | 1.55 | 6.28 |
| 20 | Chihiquila | 34,370 | 50.65 | 49.26 | 2.94 | 13.82 |
| 21 | Quimixtlán | 6,982 | 52.35 | 47.34 | 2.81 | 6.67 |
| 22 | Rafael J. García | 20,309 | 49.99 | 48.93 | 4.69 | 6.17 |
| Total de la cuenca | | 487,974 | 51.71 | 47.89 | 2.81 | 1.57 |

¹Población que se considera afromexicana o afrodescendiente.

²Población >3 años que habla alguna lengua indígena.



Fig. 11. Mapa de densidad poblacional y localidades ubicadas en la cuenca del RLA (INEGI 2020).



3.2.2. Tenencia de la tierra

En la cuenca del RLA se localizan 128 núcleos agrarios (127 ejidos y la comunidad indígena de Chichitla, ubicada en el municipio Ixhuacán de los Reyes en la subcuenca de Teocelo). Estos núcleos agrarios abarcan 694,45.24 ha de la cuenca, lo que representa el 31.91% de la superficie total. Las tres subcuencas con mayor porcentaje de su superficie representada por núcleos agrarios son: Rafael J. García (96.26%) (ID. 22), Hato de la Higuera (65.22%) (ID. 5) y Rinconada (ID. 2) (60.44%) (RAN, 2022) (Fig. 12, Tabla 7).



Fig. 12. Localización de ejidos y comunidades en la cuenca del RLA (RAN, 2022).

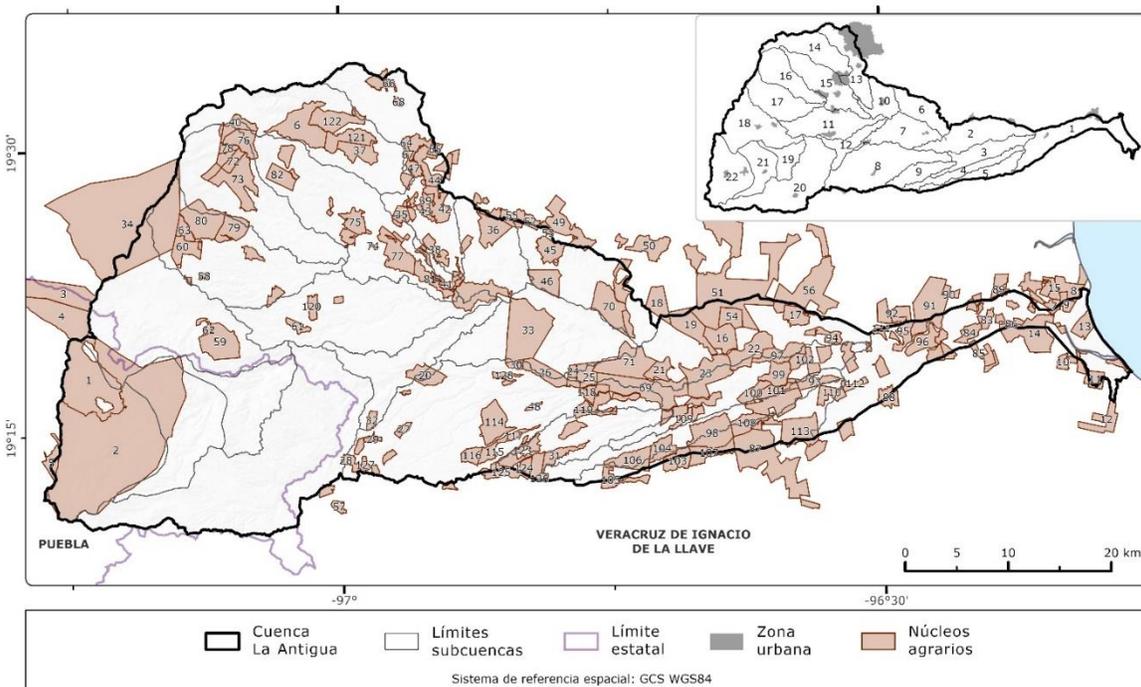


Tabla 7. Listado de núcleos agrarios ubicados en la cuenca del RLA.

| ID | Núcleo agrario | ID | Núcleo agrario | ID | Núcleo agrario |
|----|-----------------------|----|-----------------------|-----|---------------------------------------|
| 1 | Aocomotla | 44 | Pacho Viejo | 87 | Acazónica |
| 2 | Chilchotla | 45 | Tepeapulco | 88 | Mata Mateo |
| 3 | El Progreso | 46 | Vaquería y Cantera | 89 | Cabezas |
| 4 | González Ortega | 47 | Zimpizahua | 90 | Paso de Varas y su Anexo Arroyo Seco |
| 5 | Tlanalapan | 48 | Ramón Danzós Palomino | 91 | Chichicaxtle |
| 6 | San Pedro Buena Vista | 49 | Chavarrillo | 92 | El Tamarindo |
| 7 | Nicolás Blanco | 50 | El Roble | 93 | El Crucero |
| 8 | El Modelo | 51 | Carrizal | 94 | Paso de la Venta |
| 9 | Playa Oriente | 52 | Estación Alborada | 95 | Puente Nacional |
| 10 | La Posta | 53 | Estación Chavarrillo | 96 | Paso Mariano |
| 11 | José Ingenieros | 54 | La Balsa | 97 | Potrerillos |
| 12 | Loma Iguana | 55 | Paso Grande | 98 | La Ternera y Anexo Hato de la Higuera |
| 13 | La Antigua | 56 | Rinconada | 99 | San José Chipila |
| 14 | Salmoral | 57 | San Diego Tetitlán | 100 | El Coyolar |
| 15 | José Cardel | 58 | Calzontepec | 101 | Guaje Mocho |
| 16 | Agua Caliente | 59 | Ixhuacán de Los Reyes | 102 | El Cedro y su Anexo El Cuajilote |
| 17 | Amelco | 60 | Monte Grande | 103 | Camaroncillo |
| 18 | Cerro Colorado | 61 | Chichitla | 104 | Juan de la Luz Enríquez |



| | | | | | |
|----|----------------------------|----|--------------------------|-----|-------------------------------|
| 19 | Chahuapan | 62 | San Diego | 105 | La Palmilla |
| 20 | El Pinillo | 63 | San José de Los Laureles | 106 | Mata de Jobo |
| 21 | Coetzala | 64 | Benito Juárez | 107 | Mata De Zarza |
| 22 | Xotla | 65 | Mártires de Chicago | 108 | Rincón Panal |
| 23 | Paso Limón | 66 | Luz del Barrio | 109 | Tiopanapan |
| 24 | Buenavista | 67 | Emiliano Zapata | 110 | Mancuernas |
| 25 | Buenavista | 68 | Progreso Macuiltépetl | 111 | San Isidro |
| 26 | La Represa | 69 | Santa María Tatetla | 112 | Trapiche del Rosario |
| 27 | Toningo | 70 | Tacotalpan | 113 | Cantarranas |
| 28 | Axoyatla | 71 | Apazapan | 114 | Tenampana |
| 29 | Poxtla | 72 | Las Carabinas | 115 | El Coyol |
| 30 | Limones | 73 | Coatitila | 116 | Santa Rita |
| 31 | Palmas | 74 | Álvaro Obregón | 117 | El Xuchil |
| 32 | Emiliano Zapata | 75 | Col. Úrsulo Galván | 118 | Xopilapa |
| 33 | Monte Blanco | 76 | Ingenio El Rosario | 119 | La Mesa de Sta. María Tatetla |
| 34 | Ayahualulco | 77 | San Marcos de León | 120 | Teczin |
| 35 | Coatepec | 78 | Tembladeras | 121 | San Antonio Hidalgo |
| 36 | Bella Esperanza | 79 | Tlacuilolan | 122 | San Andrés Tlanelhuayocan |
| 37 | Cuahtémoc | 80 | Tonalaco | 123 | Mata de Indio |
| 38 | Mahuixtlán | 81 | Xico | 124 | Tlacuatzintla |
| 39 | El Grande | 82 | Cuesta del Pino | 125 | El Mirador |
| 40 | Ingenio del Rosario | 83 | Mata Grande y Anexos | 126 | El Encinal |
| 41 | Isleta Grande | 84 | El Guayabal | 127 | Totolapa (Cruz Verde) |
| 42 | Las Lomas | 85 | Carretas y Anexos | 128 | Tlapala |
| 43 | La Orduña | 86 | El Mango y Anexo | | |

3.2.3. Delimitación municipal y unidades económicas

La región está conformada por 27 municipios, que se ubican de manera parcial o total dentro de los límites de la cuenca. Los municipios que representan el mayor porcentaje de la cuenca son: Tlaltetela (12.57%), Puente Nacional (9.91%) y Coatepec (9.25%). En contraste, el 1.83% de la superficie municipal de Perote y el 8.4% del municipio de Paso de Ovejas, se distribuyen en 2% de la superficie de la cuenca (Fig. 11).

De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI, 2022), el sector económico con mayor presencia la cuenca del RLA, considerando el número de unidades económicas, es el del comercio al por menor, seguido por industrias manufactureras y servicios de salud y asistencia social (Tabla 8).



Tabla 8. Número de unidades económicas por sector y cantidad de personas empleadas en la cuenca del RLA (INEGI, 2022). Los sectores se presentan ordenados de mayor a menor de acuerdo con el total.

| Actividades económicas | Cantidad de personas empleadas | | | | | | | |
|---|--------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| | 0 a 5 | 6 a 10 | 11 a 30 | 31 a 50 | 51 a 100 | 101 a 250 | > 251 | Total |
| Comercio al por menor (sector 46) | 7257 | 179 | 113 | 11 | 3 | 3 | 1 | 7567 |
| Industrias manufactureras (sector 31-33) | 2005 | 75 | 32 | 4 | 6 | 5 | 3 | 2130 |
| Sector 62 Servicios de salud y de asistencia social | 904 | 98 | 60 | 7 | 6 | 3 | 5 | 1083 |
| Sector 72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas | 928 | 47 | 10 | 2 | 1 | - | - | 988 |
| Sector 61 Servicios educativos | 252 | 146 | 255 | 49 | 36 | 19 | 2 | 759 |
| Sector 43 Comercio al por mayor | 306 | 31 | 12 | 2 | 3 | - | - | 354 |
| Sector 54 Servicios profesionales, científicos y técnicos | 289 | 43 | 14 | 1 | 1 | - | 1 | 349 |
| Sector 56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación | 273 | 11 | 11 | 2 | 4 | 4 | 1 | 306 |
| Sector 53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles | 278 | 14 | 4 | - | 1 | - | - | 297 |
| Sector 52 Servicios financieros y de seguros | 208 | 50 | 30 | 4 | 2 | 1 | - | 295 |
| Sector 71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos | 224 | 20 | 19 | - | 2 | - | - | 265 |
| Sector 81 Otros servicios excepto actividades gubernamentales | 129 | 5 | 1 | - | - | - | - | 135 |
| Sector 11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza | 98 | 22 | 4 | - | - | - | - | 124 |
| Sector 23 Construcción | 38 | 13 | 29 | 5 | 3 | 4 | 1 | 93 |
| Sector 51 Información en medios masivo | 64 | 5 | 11 | 2 | 3 | 1 | - | 86 |
| Sector 48-49 Transportes, correos y almacenamiento | 47 | 13 | 10 | 1 | 4 | - | - | 75 |
| Sector 22 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final | 21 | 9 | 4 | 5 | 3 | 1 | - | 43 |
| Sector 93 Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales | 21 | 7 | 3 | - | - | 2 | - | 33 |
| Sector 21 Minería | 1 | - | 1 | - | - | - | - | 2 |
| Total | 13,343 | 788 | 623 | 95 | 78 | 43 | 14 | 14,984 |



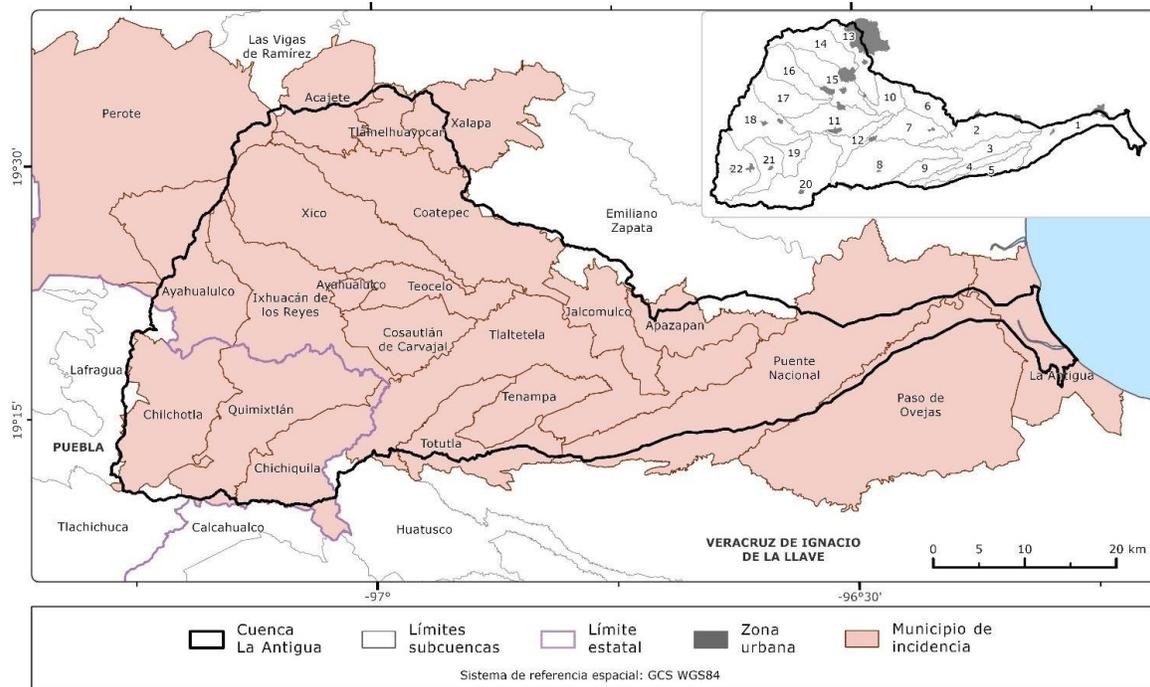
Con base en los objetivos del PAMIC dentro del marco del proyecto CONECTA, a continuación, se presenta una descripción general de las actividades específicas de aprovechamiento forestal y ganadería, (incluyendo su vulnerabilidad al cambio climático) en 21 municipios, los cuales fueron seleccionados considerando su relevancia para la planeación territorial y el porcentaje de superficie dentro de la cuenca del RLA (Tabla 9, Fig. 13).

Tabla 9. Municipios seleccionados y ordenados con base en el porcentaje que ocupan dentro de los límites de la cuenca “La Antigua” (INECC-FGM, 2018).

| No. | Estado | Clave | Municipio | Superficie de la cuenca (km ²) | Porcentaje municipal dentro de la cuenca (%) | Porcentaje de la cuenca (%) |
|-----|----------|-------|-----------------------|--|--|-----------------------------|
| 1 | Veracruz | 24 | Tlaltetela | 273.57 | 98.48 | 12.57 |
| 2 | Veracruz | 134 | Puente Nacional | 215.66 | 56.15 | 9.91 |
| 3 | Veracruz | 38 | Coatepec | 201.41 | 99.55 | 9.25 |
| 4 | Veracruz | 92 | Xico | 179.03 | 100 | 8.23 |
| 5 | Puebla | 116 | Quimixtlán | 163.06 | 97.56 | 7.49 |
| 6 | Veracruz | 79 | Ixhuacán de los Reyes | 149.83 | 100 | 6.88 |
| 7 | Puebla | 58 | Chilchotla | 143.92 | 98.64 | 6.61 |
| 8 | Veracruz | 25 | Ayahualulco | 98.63 | 57 | 4.53 |
| 9 | Puebla | 50 | Chichiquila | 96.22 | 87.99 | 4.42 |
| 10 | Veracruz | 46 | Cosautlán de Carvajal | 76.60 | 100 | 3.52 |
| 11 | Veracruz | 88 | Jalcomulco | 72.72 | 100 | 3.34 |
| 12 | Veracruz | 162 | Tenampa | 65.21 | 100 | 3.00 |
| 13 | Veracruz | 188 | Totutla | 64.02 | 65.38 | 2.94 |
| 14 | Veracruz | 164 | Teocelo | 60.80 | 100 | 2.79 |
| 15 | Veracruz | 17 | Apazapan | 57.75 | 85.31 | 2.65 |
| 16 | Veracruz | 1 | Acajete | 39.95 | 40.97 | 1.84 |
| 17 | Veracruz | 16 | La Antigua | 37.13 | 28.29 | 1.71 |
| 18 | Veracruz | 182 | Tlalnelhuayocan | 34.16 | 93.08 | 1.57 |
| 19 | Veracruz | 126 | Paso de Ovejas | 32.59 | 8.4 | 1.50 |
| 20 | Veracruz | 87 | Xalapa | 27.69 | 22.22 | 1.27 |
| 21 | Veracruz | 128 | Perote | 11.15 | 1.83 | 0.51 |



Fig. 13. Mapa de municipios seleccionados para la cuenca “La Antigua” con base en su relevancia para la planeación territorial y su porcentaje de superficie (INECC-FGM, 2018).



3.2.4. Actividades ganaderas y de aprovechamiento forestal

Los municipios con más del 30% de su superficie destinada principalmente a la ganadería son: Acajete, Ixhuacán de los Reyes, Puente Nacional, Xico, La Antigua y Paso de Ovejas. Éstos últimos cuatro municipios también cuentan con el mayor número de terrenos pertenecientes a grandes productores (13, 10, 8 y 6 terrenos, respectivamente) (Tabla 10). Sin embargo, incluso en estos municipios, la superficie destinada principalmente a esta actividad proviene mayoritariamente de terrenos con pequeña o mediana producción. En casi todos los municipios de la cuenca predomina la ganadería bovina, excepto en los municipios de Chilchotla y Quimixtlán, donde la producción de ovinos y caprinos, respectivamente, concentran la mayor superficie destinada a la ganadería, así como en el municipio de Perote, donde la mayor superficie está destinada a la ganadería porcina (INEGI, 2016).

Tabla 10. Número de terrenos y superficie total con actividad ganadera predominante por municipio, sin diferenciar el tipo de ganadería (INEGI, 2016). El orden de los municipios se presenta de mayor a menor de acuerdo con el porcentaje.

| Estado | Municipio | Número de terrenos | Superficie total (km ²) | Porcentaje de la superficie total del municipio (%) |
|--------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------------|---|
| Veracruz | Acajete | 688 | 42.75 | 43.85 |
| Veracruz | Paso de Ovejas | 1 252 | 146.48 | 37.75 |
| Veracruz | Puente Nacional | 1 323 | 137.95 | 35.92 |
| Veracruz | La Antigua | 382 | 46.17 | 35.18 |
| Veracruz | Xico | 705 | 62.20 | 34.74 |
| Veracruz | Ixhuacán de los Reyes | 562 | 51.83 | 34.59 |
| Veracruz | Tlaltetela | 540 | 64.22 | 23.12 |
| Veracruz | Tlalnahuayocan | 98 | 5.80 | 15.80 |
| Veracruz | Tenampa | 23 | 9.18 | 14.07 |
| Veracruz | Teocelo | 131 | 6.25 | 10.27 |
| Veracruz | Coatepec | 310 | 20.03 | 9.90 |
| Veracruz | Apazapan | 98 | 5.18 | 7.65 |
| Veracruz | Ayahualulco | 160 | 9.95 | 5.75 |
| Veracruz | Xalapa | 121 | 5.39 | 4.33 |
| Puebla | Quimixtlán | 98 | 4.61 | 2.76 |
| Veracruz | Perote | 162 | 11.27 | 1.85 |
| Veracruz | Cosautlán de Carvajal | 66 | 1.38 | 1.80 |
| Puebla | Chichiquila | 69 | 1.44 | 1.32 |
| Veracruz | Totutla | 12 | 1.06 | 1.08 |
| Veracruz | Jalcomulco | 46 | 0.64 | 0.88 |
| Puebla | Chilchotla | 17 | 0.08 | 0.06 |
| TOTAL | | 6,863 | 633.85 | |

Tenampa es el municipio con mayor porcentaje de superficie destinada al aprovechamiento forestal. En contraste, Xico, Perote e Ixhuacán de los Reyes son los tres municipios con mayor número de hectáreas destinadas al aprovechamiento de los bosques, particularmente de especies de pinos (Tabla 11) (INEGI, 2016).



Tabla 11. Número de terrenos y superficie total destinada principalmente a la actividad forestal por municipio. Se muestra los datos generales sin diferencia entre los tipos de especies forestales aprovechadas (INEGI, 2016).

| Estado | Municipio | No. de terrenos | Superficie total (km ²) | Porcentaje de la superficie total del municipio (%) |
|--------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------------|---|
| Veracruz | Tenampa | 16 | 15.43 | 23.66 |
| Veracruz | Xico | 302 | 26.21 | 14.64 |
| Veracruz | Ixhuacán de los Reyes | 645 | 18.15 | 12.12 |
| Veracruz | Perote | 285 | 21.14 | 11.81 |
| Puebla | Quimixtlán | 134 | 17.23 | 10.31 |
| Veracruz | Ayahualulco | 656 | 12.18 | 7.04 |
| Veracruz | Coatepec | 112 | 12.28 | 6.07 |
| Veracruz | Acajete | 78 | 8.85 | 5.30 |
| Puebla | Chichiquila | 71 | 2.10 | 1.92 |
| Veracruz | Paso de Ovejas | 23 | 3.09 | 1.73 |
| Puebla | Chilchotla | 219 | 2.45 | 1.68 |
| Veracruz | Xalapa | 38 | 0.52 | 0.42 |
| Veracruz | Tlaltetela | 10 | 0.67 | 0.24 |
| Veracruz | Jalcomulco | 17 | 0.13 | 0.17 |
| Veracruz | Teocelo | 4 | 0.09 | 0.14 |
| Veracruz | Puente Nacional | 7 | 0.47 | 0.12 |
| Veracruz | Apazapan | 6 | 0.05 | 0.07 |
| TOTAL | | 2,623 | 141.03 | |

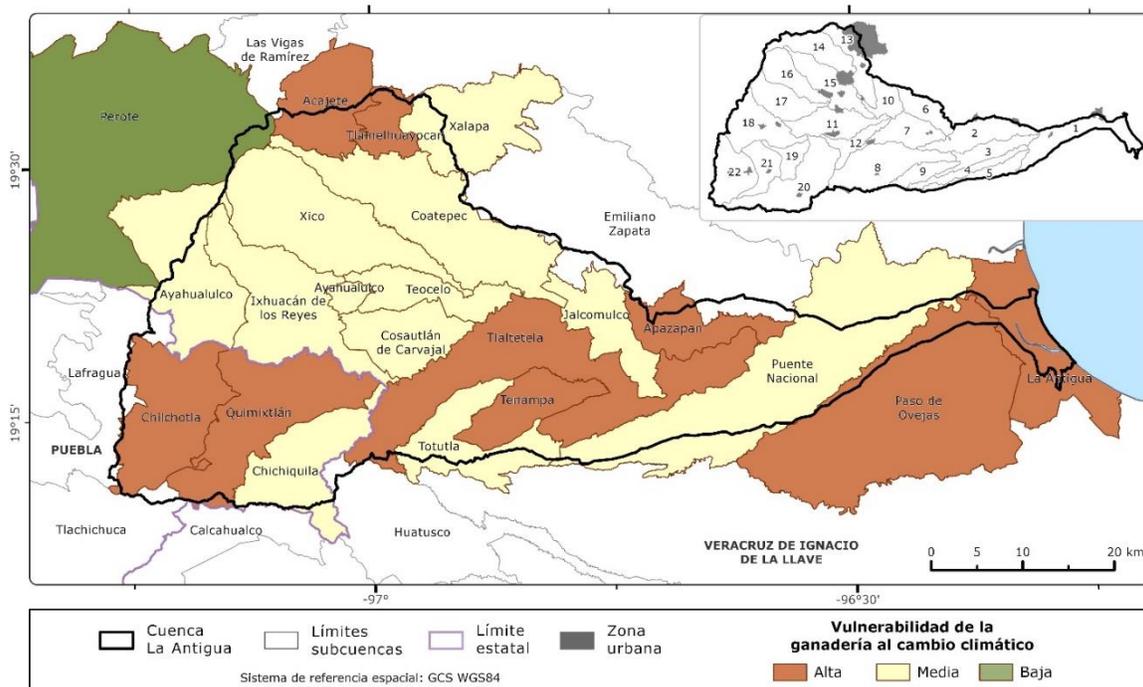
3.2.5. Vulnerabilidad de la ganadería al cambio climático

Ley General de Cambio Climático define a la vulnerabilidad como “el grado en que los sistemas pueden verse afectados adversamente por el cambio climático, dependiendo de si éstos son capaces o incapaces de afrontar los impactos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos”. La vulnerabilidad no sólo depende de las condiciones climáticas adversas, sino también de la capacidad de la sociedad de anticiparse, enfrentar, resistir y recuperarse de un determinado impacto (DOF, 2012)

De acuerdo con los resultados del reportados en el ANVCC (INECC, 2019), que incluyen la vulnerabilidad de la producción ganadera y producción forrajera a estrés hídrico e inundaciones, los municipios de Chilchotla, Quimixtlán, Tlaltetela, Tenampa, Tlalnelhuayocan, Acajete, La Antigua, Apazapan y Paso de Ovejas presentan los valores más altos de vulnerabilidad al cambio climático.



Fig. 14. Mapa de vulnerabilidad al cambio climático de la actividad ganadera en los municipios de la cuenca del RLA (INECC, 2019).



3.2.6. Índice de Caracterización Socioeconómica (ICSE) y de brecha de género

El ICSE se adaptó al enfoque de los PAMIC con base en las metodologías de Chakraborty et al., (2019); Estrada et al. (2020) y Haro et al. (2021). Los resultados del ICSE se complementan con la construcción de un índice de brecha de género calculado, el cual es una adaptación del índice de género del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC, INECC, 2019).

Para la construcción del ICSE en todas las cuencas del proyecto CONECTA, se seleccionaron indicadores de etnicidad, educación, características económicas, servicios de salud y vivienda derivados del censo poblacional y el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) (INEGI, 2022, 2020). Por su parte, el índice de brecha de género analiza de manera general la magnitud de la desigualdad entre las mujeres y los hombres en las cuencas CONECTA. Para ello, integra indicadores relacionados con el contexto sociodemográfico y económico publicados en el Censo de Población y Vivienda, la Encuesta Intercensal y el Censo Ejidal (INEGI, 2020, 2015, 2007). Ambos índices se relacionan con la problemática del cambio climático, ya que caracterizan las condiciones en las que se desarrollan las personas y que influyen en la construcción de la vulnerabilidad climática (INECC-IMTA-INMUJERES, 2019). Las descripciones de los indicadores incluidos para la construcción de cada uno de los índices se describen en la Tabla 12.



Estos índices simplifican la dimensión y las relaciones entre variables socioeconómicas determinadas a nivel municipal, a partir de pruebas estadísticas como el Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés). El PCA permite la identificación y selección de las variables socioeconómicas con mayor significancia estadística para posteriormente, asignar valores de 0 a 1. Mayores valores en el ICSE y en el Índice de Brechas de Género (cercanos a uno) representan condiciones socioeconómicas más desfavorables y mayor desigualdad de género, respectivamente, lo cual exacerba las condiciones de vulnerabilidad climática.

Dado que los valores de los indicadores utilizados en el PCA se encuentran a nivel municipal, se aplicó una técnica de suma ponderada para interpretar los resultados del ICSE y brecha de género a nivel de subcuenca. Esta técnica asigna pesos proporcionales a cada municipio en función de su superficie dentro de la cuenca, lo que permite obtener una interpretación más precisa considerando la distribución territorial y la influencia de cada municipio en el conjunto de la cuenca del RLA. De acuerdo con los resultados del PCA, la Tabla 12 describe los indicadores con mayor significancia estadística, los cuales contribuyen con más del 67% de la varianza total de los datos (valores >0.7 en cada componente principal) y, por lo tanto, se consideraron en el cálculo del ICSE y brecha de género para la cuenca del RLA.

La Figura 15 resume el proceso metodológico y geoespacial para el análisis e interpretación del ICSE con el uso de las herramientas ArcGIS Pro (ESRI, 2022) y el software R (R Core Team, 2022). Una descripción más detallada de las pruebas estadísticas, valores de interpretación, ecuaciones, recomendaciones y la justificación de las variables socioeconómicas seleccionadas en el ICSE se presenta en la guía metodológica de los PAMIC.



Fig. 15. Proceso metodológico para el análisis e interpretación del ICSE y brecha de género a nivel de subcuenca.

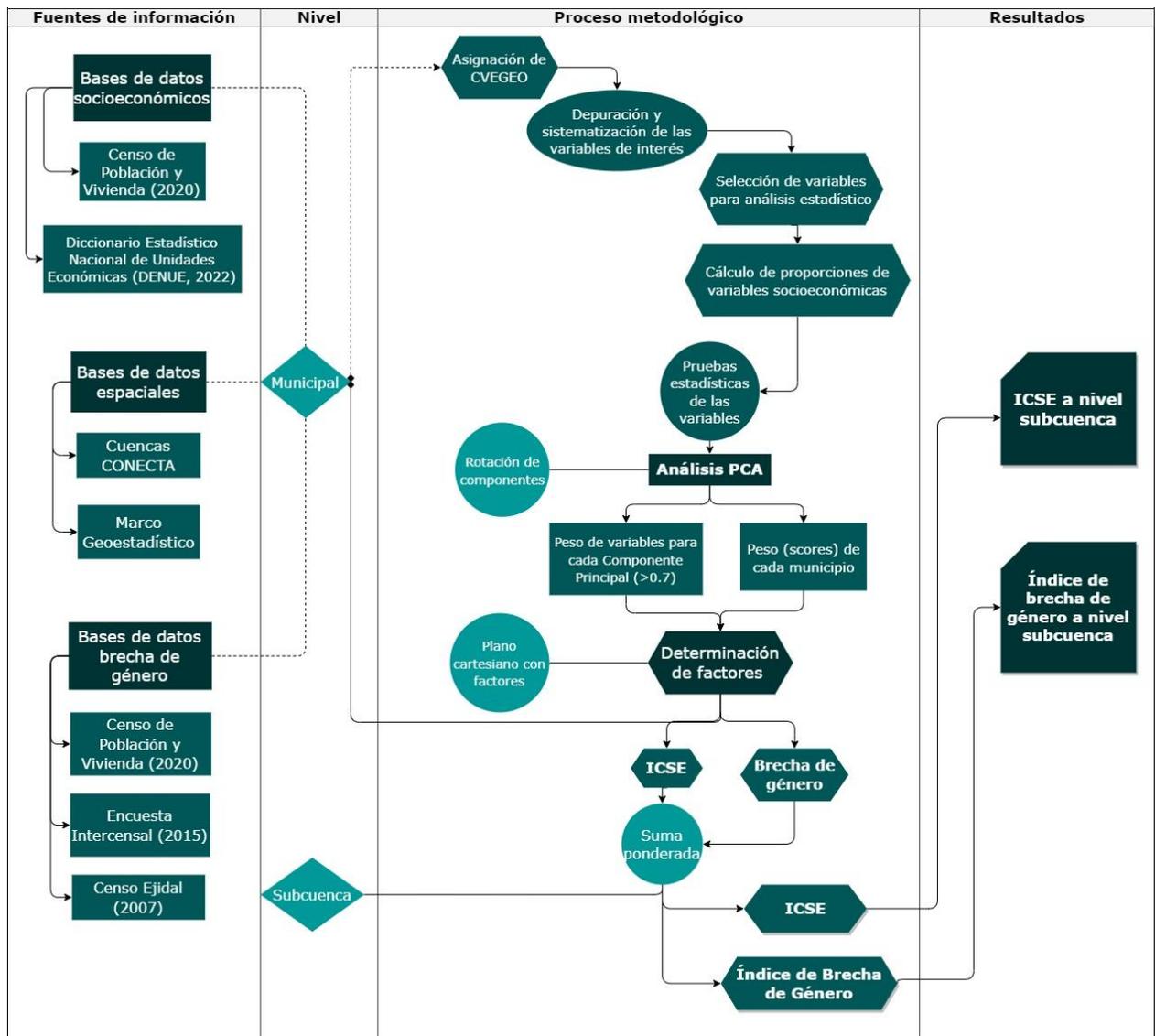


Tabla 12. Descripción de indicadores de mayor significancia estadística para la cuenca del RLA.

| Indicador | Descripción | ICSE | Brecha de género |
|---|---|------|------------------|
| Etnicidad | | | |
| Población que habla alguna lengua indígena | Porcentaje de personas de 5 a 130 años de edad que hablan alguna lengua indígena y además no hablan español. En el caso del índice de brecha de género se utilizó la base de datos desagregada por sexo (porcentaje de personas de 3 a 130 años de edad) (INEGI, 2020). | ◆ | ◆ |
| Educación | | | |
| Población sin escolaridad | Porcentaje de personas de 15 a 130 años que no aprobaron ningún grado escolar o que sólo tienen nivel preescolar (INEGI, 2020). | ◆ | ◆ |
| Características económicas | | | |
| Población económicamente inactiva | Porcentaje de personas de 12 a 130 años que trabajaron, tenían trabajo, pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia (INEGI, 2020). | ◆ | ◆ |
| Trabajo no remunerado | Porcentaje de la población de 12 años y más que realizan trabajo no remunerado (INECC, 2015; INEGI, 2015) | | ◆ |
| Unidades económicas (UE) con más de 250 personas empleadas | Las Unidades Económicas (UE) son unidades estadísticas que recopilan datos referentes a un tipo de actividad principal y producen bienes o servicios con o sin fines mercantiles, con acciones y recursos bajo control de una sola entidad propietaria o controladora (INEGI, 2014). De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI, 2022) se considera al personal contratado directamente por la razón social y al personal ajeno suministrado por otra razón social, que trabajó para la UE con más de 250 personas empleadas, puede ser personal de planta, eventual remunerado o no remunerado. | ◆ | |
| Servicios de salud | | | |
| Población sin afiliaciones a servicios de salud | Porcentaje de personas que no están afiliadas a servicios médicos en ninguna institución pública o privada (INECC, 2015; INEGI, 2020, 2015). | ◆ | ◆ |
| Vivienda | | | |
| Ocupación de viviendas particulares | Número de personas que residen en viviendas particulares (p.ej. casa única en el terreno; casa dúplex; departamento en edificio; vivienda en vecindad o cuartería; vivienda en cuarto de azotea de un edificio y viviendas sin información de ocupantes) divididas en el número de cuartos registrados (INEGI, 2020). | ◆ | |
| Viviendas con letrina (pozo u hoyo) | Porcentaje de viviendas particulares habitadas que disponen de letrina (pozo u hoyo) (INEGI, 2020). | ◆ | |



| Indicador | Descripción | ICSE | Brecha de género |
|---|--|------|------------------|
| Viviendas sin drenaje | Porcentaje de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje (INEGI, 2020). | ◆ | |
| Viviendas sin bienes materiales | Porcentaje de viviendas particulares habitadas que no cuentan con refrigerador; lavadora; horno de microondas automóvil o camioneta; motocicleta o motoneta; bicicleta que se utilice como medio de transporte; algún aparato o dispositivo para oír radio; televisor; computadora, laptop o tablet; Internet; línea telefónica fija; teléfono celular; servicio de televisión de paga (cable o satelital); servicio de películas, música o videos de paga por Internet ni consola de videojuegos (INEGI, 2020). | ◆ | |
| Tenencia de la tierra | | | |
| Personas con tenencia de la tierra | Porcentaje de personas ejidatarias desagregadas por sexo (INEGI, 2007) | | ◆ |

De acuerdo con los resultados, la cuenca del RLA tiene valores promedio de ICSE y brecha de géneros de 0.5 con un intervalo de cero (condiciones socioeconómicas más favorables) a 1 (condiciones menos favorables). Las subcuencas de Ixhuacán de los Reyes (ID 18) y Rafael J. García (ID. 22) presentan valores del ICSE y brecha de género mayores a 0.7, lo que sugiere la existencia de condiciones más desfavorables para la población con base en los indicadores de mayor significancia estadística. En contraste, las subcuencas con la principal distribución de zonas urbanas: Tuzamapan (ID. 10), Xalapa-Enríquez (ID. 13), Estación Chavarrillo (ID. 6), San Marcos de León (ID. 15) y Rancho Viejo (ID. 14) presentan condiciones socioeconómicas más favorables (valores de ICSE y brecha de género menores a 0.36) (Tabla 13, Figs. 16 y 17). Las ponderaciones y valores específicos de los indicadores por subcuenca se pueden consultar en el ANEXO 1.

Tabla 13. Valores ordenados de mayor (condiciones socioeconómicas y de género menos favorables) a menor (condiciones más favorables) con base en el ICSE y la brecha de género para cada subcuenca del RLA.

| ID | Subcuencas | ICSE | Brecha de género |
|----|-----------------------|------|------------------|
| 18 | Ixhuacán de los Reyes | 0.73 | 0.66 |
| 22 | Rafael J. García | 0.72 | 0.73 |
| 17 | Tonalaco | 0.68 | 0.45 |
| 20 | Chichiquila | 0.61 | 0.55 |
| 8 | Tlaltetela (Poxtla) | 0.58 | 0.58 |
| 21 | Quimixtlán | 0.57 | 0.75 |
| 19 | Tozihuic | 0.52 | 0.74 |
| 3 | Tlaltetela (Xotla) | 0.5 | 0.65 |
| 4 | Mata de Jobo | 0.5 | 0.74 |



| | | | |
|----|---------------------------------|------|------|
| 5 | Hato de la Higuera | 0.5 | 0.75 |
| 9 | Tlacuatzintla | 0.5 | 0.5 |
| 16 | Xico | 0.5 | 0.25 |
| 7 | Tlaltetela (Tlaltetela) | 0.48 | 0.54 |
| 1 | Cabezas | 0.43 | 0.54 |
| 2 | Rinconada | 0.42 | 0.48 |
| 11 | Teocelo | 0.4 | 0.53 |
| 12 | Tlaltetela (Pinillos) | 0.35 | 0.62 |
| 14 | Rancho Viejo | 0.28 | 0.25 |
| 15 | San Marcos de León (San Marcos) | 0.28 | 0.15 |
| 6 | Estación Chavarrillo | 0.26 | 0.36 |
| 13 | Xalapa-Enríquez | 0.11 | 0.06 |
| 10 | Tuzamapan | 0.03 | 0.03 |

Fig. 16. Índice de Caracterización Socioeconómica de las subcuencas del RLA. Los valores altos sugieren condiciones socioeconómicas más desfavorables para la población (INEGI, 2022, 2020).

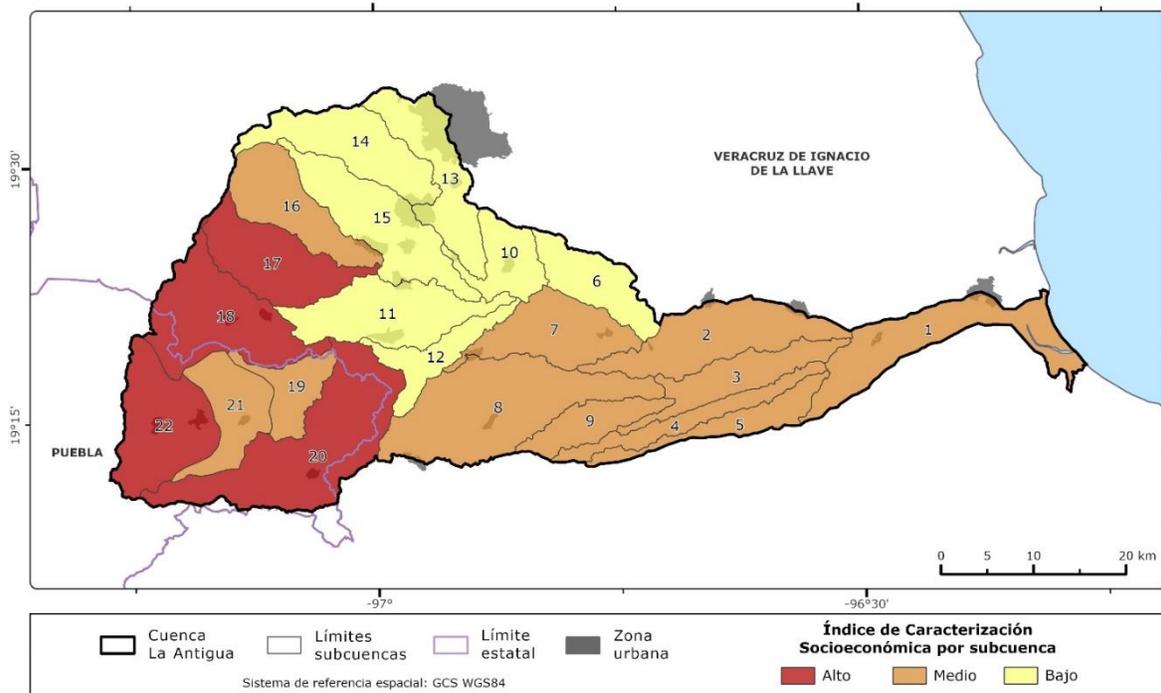
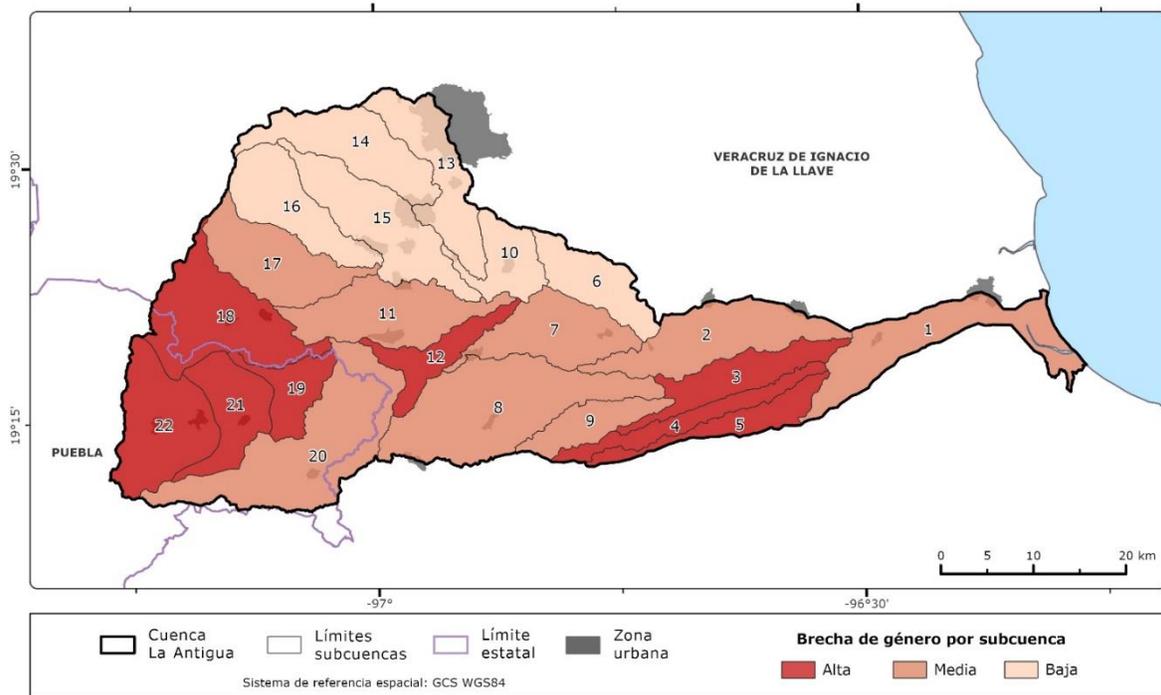


Fig. 17. Índice de brecha de género de las subcuencas del RLA. Los valores altos sugieren brechas de género más significativas (INECC, 2015; INEGI, 2020, 2015, 2007).



3.3. Caracterización político institucional

3.3.1 Gestión institucional del agua

La solución a los problemas relacionados con la provisión de agua en cantidad y calidad requieren de la participación de las personas usuarias, de las comunidades locales y de la sociedad en general. Esta participación e involucramiento de los diferentes sectores en la gestión del agua se ha ido consolidando gradualmente en México, ya sea en los ámbitos formales o fuera de estos, no obstante, todavía es necesario construir espacios inclusivos para dialogar, proporcionar información y concertar soluciones entre el gobierno, las personas usuarias y la ciudadanía en general.

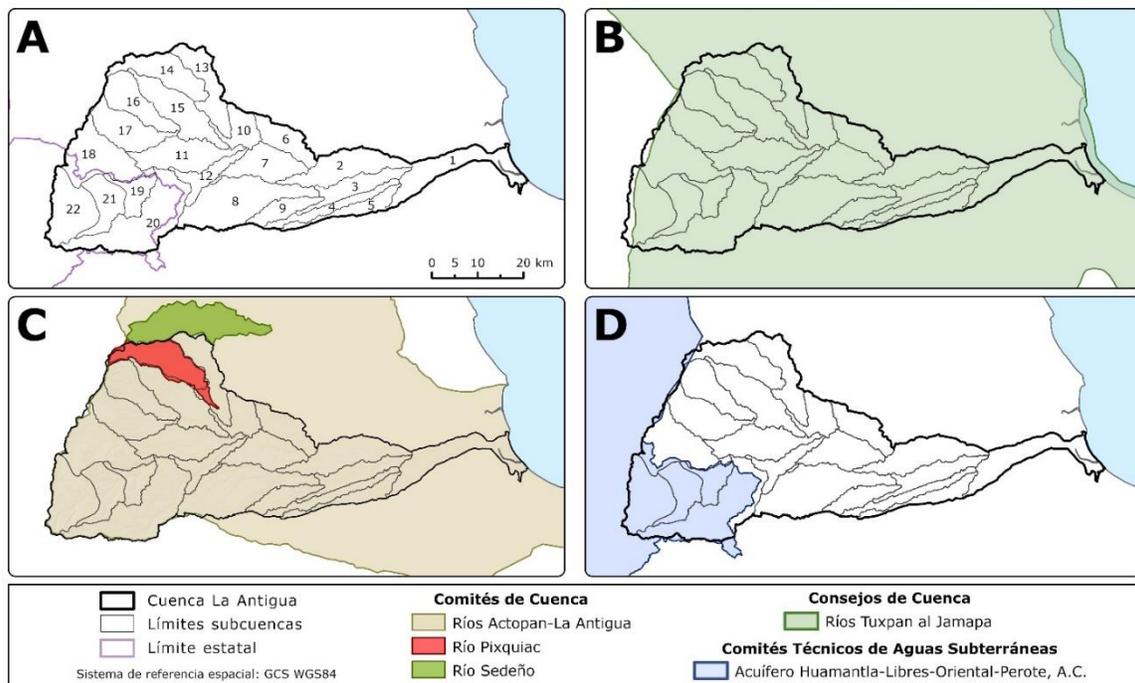
La Ley de Aguas Nacionales (LAN) establece que los Consejos de Cuenca (CCu) son órganos colegiados de integración mixta para la planeación, realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca o región hidrológica. De acuerdo con la ley, son instancias de apoyo, concertación, consulta y asesoría entre la CONAGUA y las diferentes personas usuarias en el país. En ellos convergen los tres órdenes de gobierno, representantes particulares y las organizaciones de la sociedad (CONAGUA, 2021a).



Los CCu cuentan con órganos auxiliares para favorecer sus objetivos, entre ellos las comisiones de cuenca que atienden subcuencas, comités de cuenca para microcuencas, comités técnicos de aguas subterráneas (Cotas) y comités de playas limpias en las zonas costeras del país.

En cuanto a la participación social en gestión del agua de la cuenca del RLA, el Organismo de Cuenca de la Región Hidrológica-Administrativa X Golfo Centro a través de CCu Tuxpan al Jamapa son los que intervienen en el territorio. Asimismo, se cuenta con tres Órganos Auxiliares con incidencia en la cuenca: el Comité de Cuenca de los ríos Actopan-La Antigua, el Comité de Cuenca del Río Pixquiac y el Comité de Agua Subterránea Del Acuífero Huamantla-Libres-Oriental-Perote (Fig. 18).

Fig. 18. A) Delimitación de subcuencas; B) Mapa de localización del Consejo de Cuenca Tuxpan al Jamapa, C) Comités de Cuenca y D) COTAS con incidencia en la cuenca del RLA.



3.3.2. Instrumentos de planeación y áreas de importancia ambiental

En la región se localizan diferentes áreas de importancia ambiental e instrumentos de planeación territorial a distintos niveles de gestión. Entre estos, se encuentran dos Ordenamientos Ecológicos, ocho Áreas Naturales Protegidas (ANP), cinco Regiones Prioritarias, un Sitio RAMSAR, un Área de Importancia para



la Conservación de las Aves (AICA), y siete Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) (Tabla 14, Fig. 19).

Tabla 14. Instrumentos de planeación territorial y áreas de importancia ambiental en la cuenca del RLA. AICA=Área de Importancia para la Conservación de las Aves; UMA=Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre; UAB=Unidad Ambiental Biofísica (SIGEIA-SEMARNAT, 2022).

| Tipo de instrumento o área | Categoría o nivel | Nombre | Superficie | | | Descripción |
|----------------------------------|---|---|--------------------------|---|------------------------------------|---|
| | | | Total (km ²) | Área dentro de la cuenca (km ²) | Porcentaje dentro de la cuenca (%) | |
| Ordenamiento Ecológico | Ordenamiento Ecológico General del Territorio | UAB Volcanes Pico de Orizaba y Cofre de Perote | 6189.04 | 2102.993 | 33.98 | Política ambiental de Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable. Nivel de atención prioritaria Media. Rectores del desarrollo: Preservación de Flora y Fauna |
| | Ordenamiento Ecológico General del Territorio | UAB Llanura Costera Veracruzana Norte | 18150.20 | 72.946 | 0.4 | Política ambiental de Restauración y Aprovechamiento Sustentable. Nivel de atención prioritaria Muy Alta. Rectores del desarrollo: Forestal |
| | Marino y Regional | Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe | 1002191.83 | 68.626 | 0.007 | Unidades de Gestión Ambiental 162, 37 y 38 |
| Área Natural Protegida - Federal | Parque Nacional | Cofre de Perote o Nahcampa'tepetl | 115.30 | 42.84 | 37.16 | Fecha de decreto: 04/05/1937 |
| Área Natural Protegida - Estatal | Reserva Ecológica | Archipiélago de Lagunas Interdunarias de los Municipios de Veracruz y La | 9.43 | 2.26 | 24.02 | Fecha de decreto: 07/11/2016 |



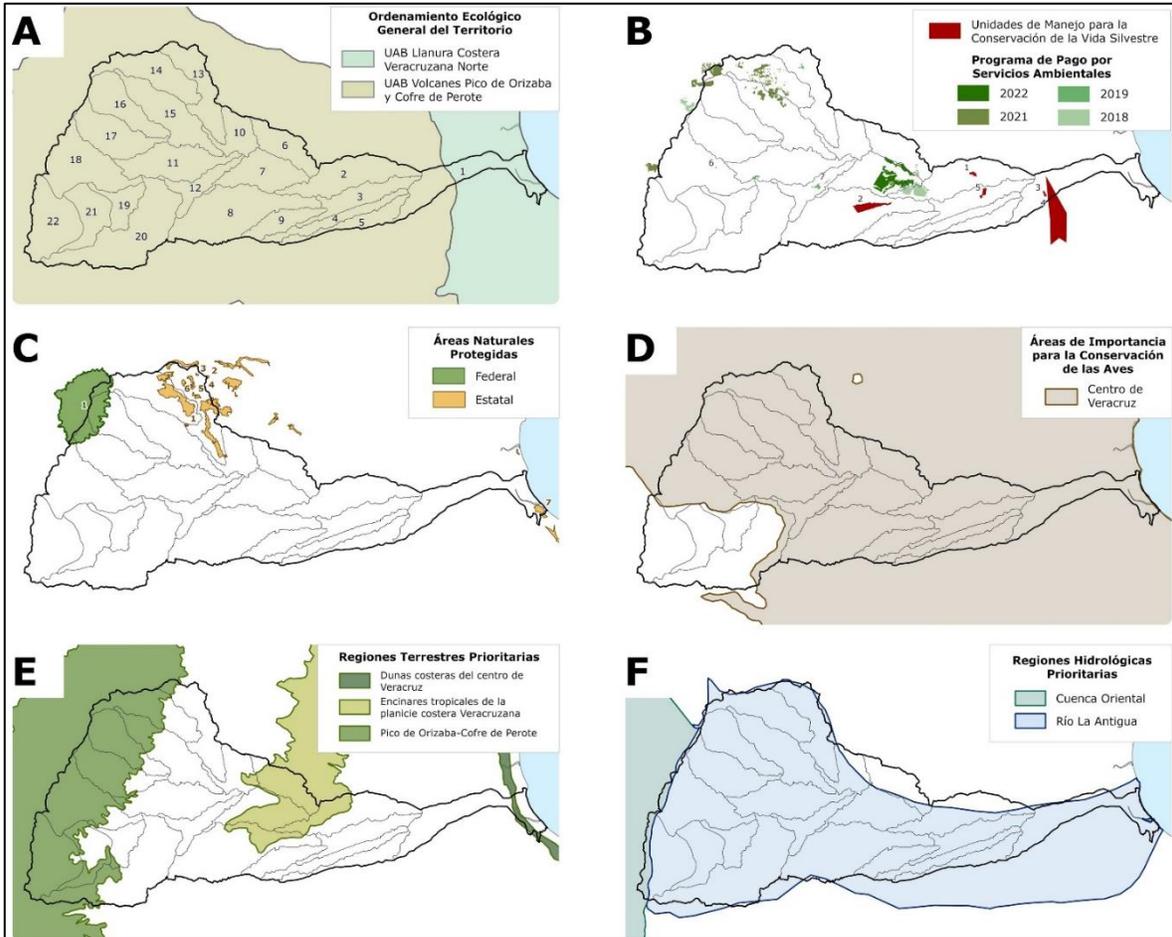
| Tipo de instrumento o área | Categoría o nivel | Nombre | Superficie | | | Descripción |
|-------------------------------|--|--|--------------------------|---|------------------------------------|---|
| | | | Total (km ²) | Área dentro de la cuenca (km ²) | Porcentaje dentro de la cuenca (%) | |
| | | Antigua (L. La Catalana-) | | | | |
| | Corredor Biológico Multifuncional | Archipiélago de Bosques y Selvas de la Región Capital del Estado de Veracruz | 56.73 | 35.02 | 61.75 | Fecha de decreto: 05/01/2015 |
| | Reserva Ecológica | Cerro de las Culebras | 0.35 | 0.35 | 100 | Fecha de decreto: 05/05/1992 |
| | Área Verde Reservada para la Recreación y Educación Ecológica | Cerro Macuiltepetl | 0.28 | 0.05 | 18.77 | Fecha de decreto: 28/11/1978 |
| | Parque | Francisco Javier Clavijero | 0.76 | 0.76 | 100 | Fecha de decreto: 27/11/1976 |
| | Mejoramiento y Conservación del Ambiente Estable | Molino de San Roque | 0.16 | 0.16 | 100 | Fecha de decreto: 23/09/1986 |
| | Área Verde Reservada para la Recreación y Educación Ecológica | Predio Barragán | 0.01 | 0.01 | 75.54 | Fecha de decreto: 30/10/1980 |
| Área Natural Protegida | Área Destinada Voluntariamente a la Conservación | Selva Nueva y El Jaguar | 0.05 | 0.05 | 100 | Certificado CONANP - 235/2010, Bosque mesófilo de montaña |
| Región prioritaria | Región Terrestre Prioritaria (RTP) | Dunas costeras del centro de Veracruz | 118.09 | 8.60 | 7.32 | Clave de RTP: 123 |
| | | Encinares Tropicales de la Planicie | 911.57 | 199.96 | 21.93 | Clave de RTP: 104 |



| Tipo de instrumento o área | Categoría o nivel | Nombre | Superficie | | | Descripción |
|----------------------------|---|--|--------------------------|---|------------------------------------|--|
| | | | Total (km ²) | Área dentro de la cuenca (km ²) | Porcentaje dentro de la cuenca (%) | |
| | | Costera Veracruzana | | | | |
| | | Pico de Orizaba-Cofre de Perote | 2349.57 | 597.21 | 25.43 | Clave de RTP: 122 |
| | Región Hidrológica Prioritaria (RHP) | Cuenca Oriental | 4070.347 | 33.037 | 0.81 | Clave RHP: 70 |
| | Río La Antigua | 2724.455 | 1999.186 | 73.41 | Clave RHP: 77 | |
| Otros | AICA | Centro de Veracruz | 8117.44 | 1758.31 | 21.67 | Clave: SE-03 |
| | PSA | Esquema de Pagos por Servicios Ambientales | 51.12 | 51.12 | 100 | CONAFOR, CONANP (2018-2022) |
| | Sitio Ramsar | Cascadas de Texolo y su entorno | 5.00 | 5.00 | 100 | Número del sitio: 1601. Año: 2006 |
| | UMA | 1- Arenal | 0.83 | 0.83 | 100 | Clave de la UMA : SEMARNAT-UMA-EX -0237-VER/13 |
| | | 2- Bellreguart de Sochiapa, S. A. de C. V. | 7.31 | 7.31 | 100 | Clave de la UMA : DFYFS-CR-EX-0111-VER |
| | | 3- El Chivero | 0.46 | 0.46 | 100 | Clave de la UMA : SEMARNAT-UMA-EX -0267-VER/13 |
| | | 4- La Balsa | 31.83 | 4.23 | 13.29 | Clave de la UMA : SEMARNAT-UMA-EX -0199-VER/12 |
| | | 5- La Cabaña | 1.24 | 0.0988 | 100 | Clave de la UMA: SEMARNAT-UMA-EX-0473-VER-17 |
| 6- Matla de Oxitla | 0.04 | 0.04 | 100 | Clave de la UMA : SEMARNAT-UMA-EX-0424-VER/17 | | |
| 7- Tepatlan | 0.09 | 0.09 | 100 | Clave de la UMA : SEMARNAT-UMA-EX-0430-VER/16 | | |



Fig. 19. Mapas de localización de las áreas de importancia ambiental y los instrumentos de planeación territorial en la cuenca del RLA (ESDIG-SEMARNAT, 2023; SEMARNAT-CONAFOR, 2023; SIGEIA-SEMARNAT, 2022).



Análisis de los servicios ecosistémicos (SE)

En este capítulo se identifican y analizan las relaciones de oferta y demanda de los SE en la cuenca del RLA: provisión de agua superficial y subterránea (usos consuntivos y no consuntivos), retención de nutrientes, control de tasas de erosión o transporte de sedimentos y captura de carbono. La integración de resultados se establece considerando la conectividad hidrográfica y los escenarios de cambio climático y cambios potenciales de uso de suelo y vegetación.



Análisis de los servicios ecosistémicos de la cuenca de Río la Antigua

4. Herramientas de evaluación de servicios ecosistémicos (SE)

En las últimas décadas se han desarrollado una gran variedad de herramientas y métodos para evaluar y cuantificar SE cuyo objetivo está enfocado en apoyar la toma de decisiones (IPBES, 2016). Algunas de estas herramientas se han diseñado para su aplicación en cualquier localización a nivel global, mientras que otras se caracterizan por ser más específicas (Birch et al., 2014). Sin embargo, a pesar de los avances significativos en el desarrollo del concepto, métodos y modelos para la evaluación de los diferentes SE, su aplicación para guiar el desarrollo de actividades sostenibles sigue siendo un reto debido a la disponibilidad de recursos e información (Pandeya et al., 2016).

En términos de la evaluación de SE, las herramientas de modelación espacial y representación geográfica representan una excelente opción para el análisis a escala regional o a nivel de cuenca hidrográfica. No obstante, dependiendo de la escala, algunas evaluaciones podrían requerir mayores esfuerzos multi y transdisciplinarios, en conjunto con la aplicación de diferentes métodos y herramientas (Pandeya et al., 2016), particularmente en áreas de estudio donde la información socio-ecológica es escasa o poco accesible (Jujnovsky et al., 2017; Peh et al., 2013).

En general, todos los modelos o herramientas para la evaluación de SE poseen ventajas y desventajas por lo que sus alcances, limitaciones y diferentes enfoques (p.ej. evaluación económica, representación espacial y temporal e incorporación de modelos biofísicos existentes) deben considerar los objetivos, así como la temporalidad, los diferentes insumos, la recolección in situ de datos específicos, la flexibilidad, la escalabilidad, la accesibilidad, los recursos (p.ej. staff, programas y capacidad computacional) y el nivel de experiencia requerido para cada herramienta (Grêt-Regamey et al., 2017).

Con base en lo anterior, se seleccionó la herramienta de INVEST-Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs (Sharp et al., 2018) como el modelo más apropiado para alcanzar los objetivos planteados en el PAMIC, así como su adaptación al contexto socio-ecológico, la disponibilidad de datos, recursos y capacidades técnicas. Una comparación más detallada de algunas de las herramientas más utilizadas se puede consultar la guía metodológica de los PAMIC.

InVEST ha sido una herramienta ampliamente utilizada en evaluaciones socio-ecológicas y de planeación territorial basadas en escenarios alternativos (Bagstad et al., 2013; Grêt-Regamey et al., 2017). InVEST es un conjunto de modelos de software libre y de código abierto desarrollados por el Natural Capital Project



(Standford University; Sharp et al., 2018). El sistema está compuesto por 18 módulos de SE diseñados tanto en paisajes terrestres como marinos y costeros (p.ej. polinización, calidad del hábitat, transporte de nutrientes, rendimiento hídrico, captura de carbono), así como un par de herramientas complementarias (p.ej. generador de escenarios basados en la proximidad y delimitación de cuencas).

De acuerdo con el esquema conceptual del componente técnico de los PAMIC (Fig. 4) se pueden identificar cuatro principales elementos de análisis:

- 1) Oferta o provisión de SE derivados de la estructura, funciones y procesos biofísicos de los ecosistemas.
- 2) Demanda o uso de SE por parte de los diferentes usuarios o beneficiarios distribuidos en las cuencas.
- 3) Conectividad hidrográfica.
- 4) Incorporación de escenarios de cambio climático y USV.

4.1. Oferta o provisión de servicios ecosistémicos (SE)

Los SE que dependen de la cantidad y calidad del agua, como la provisión agua superficial y subterránea, el transporte de nutrientes, la regulación de flujos y el control de la erosión hídrica, son fundamentales para el bienestar humano y el manejo integral de los recursos hídricos (Seifert-Dähnn et al., 2015). Estos servicios ecosistémicos hidrológicos (SEH) están relacionados con los ecosistemas acuáticos y sus zonas de transición con otros ecosistemas terrestres (p.ej. bosques, pastizales, cultivos agrícolas, vegetación riparia y humedales), por lo que suelen sustentar otros SE relevantes como la provisión de bienes cultivados, los servicios recreativos o culturales y la captura de carbono (Grizzetti et al., 2016).

Los procesos eco-hidrológicos a nivel de cuenca hidrográfica suelen ser difíciles o costosos de analizar debido a que se requieren largos periodos de validación. Incluso, las evaluaciones a escala de sitio o parcela requieren equipo especializado, cuyas observaciones son difíciles de replicar a una mayor escala, particularmente, cuando se requiere capturar la variabilidad climática o estimar el impacto potencial de la alteración de estos procesos (p.ej. cambios en las tasas de evapotranspiración) sobre los diferentes SE en regiones poco accesibles (Redhead et al., 2016). Ante esta situación, los modelos (definidos como representaciones simplificadas que utilizan conceptos y aproximaciones de procesos reales de los sistemas), representan una herramienta muy útil para entender y analizar dinámicas complejas con base en estimaciones cuantitativas que fortalecen la toma de decisiones (Pandeya et al., 2016).

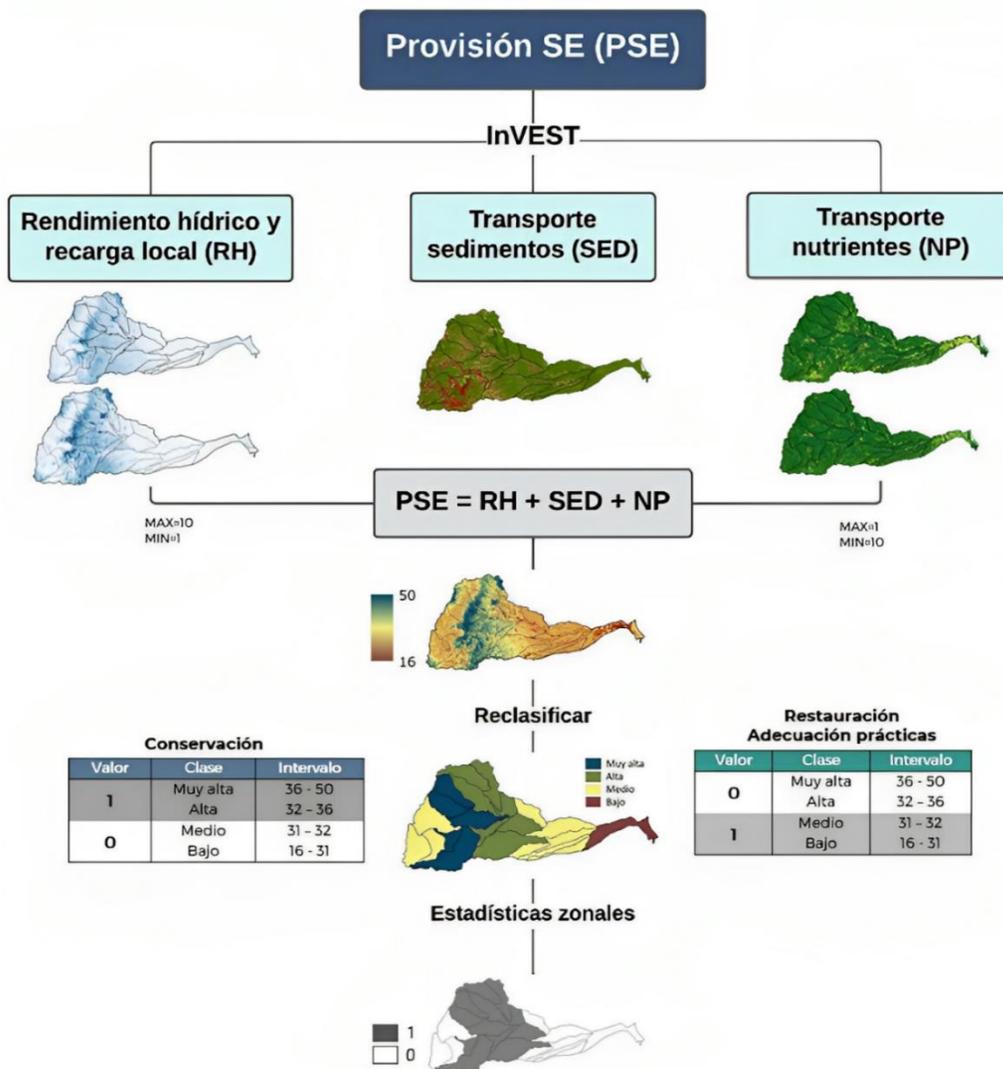
La identificación, selección y modelación de SE prioritarios asociados con actividades agropecuarias y agroforestales se hizo con base en revisiones bibliográficas y considerando los objetivos, alcances, recursos, datos, capacidades técnicas y el tiempo disponible. Este proceso se complementó con la identificación de SE por parte de actores locales en territorio a través de talleres participativos.



En los siguientes apartados se describen los principales resultados del análisis y la integración de la provisión de los siguientes SE con el uso de la herramienta InVEST (Fig. 20). Una descripción más detallada del geoprocesamiento se incluye en la guía metodológica:

- 1) Provisión de agua.
- 2) Control de tasas de erosión o transporte de sedimentos.
- 3) Retención de nutrientes.

Fig. 20. Esquema de integración y análisis para la identificación de las subcuencas con mayor y menor provisión de SE. Las subcuencas prioritarias resultado del geoprocesamiento se resaltan en color sombreado.



4.1.1. Provisión de agua- Rendimiento hídrico

La provisión de agua dentro de las cuencas involucra procesos de filtración, retención y almacenamiento; por lo que el tipo de relieve, la topografía, el tamaño de las cuencas, la ubicación geográfica, los tipos de suelo, la litología, las coberturas forestales y el clima, juegan un papel fundamental en la regulación de estas dinámicas eco-hidrológicas (De Groot et al., 2002).

El rendimiento hídrico anual derivado del modelo InVEST (Annual Water Yield) se utilizó como una aproximación para estimar la cantidad promedio de agua que se produce en la cuenca y que está disponible para diferentes usos.

El modelo de InVEST estima las contribuciones relativas de agua o el rendimiento hídrico (Y) (mm/año) para cada píxel (x) de acuerdo con la expresión de la curva de (Budyko, 1974), adaptada por Fu, (1981) y Zhang et al., (2004) (ecuación 1):

$$(1) \quad Y(x) = \left(1 - \frac{AET(x)}{P(x)}\right) \cdot P(x)$$

P = Precipitación anual
AET = Evapotranspiración real (cantidad de agua evaporada efectivamente en función de la superficie del suelo y el tipo de cobertura vegetal)

El modelo requiere cinco parámetros biofísicos como rásters georreferenciados de entrada: 1) profundidad de restricción para el crecimiento de las raíces; 2) fracción de agua contenida en el suelo disponible para las plantas; 3) precipitación promedio anual; 4) promedio anual de evapotranspiración de referencia y; 5) mapa de uso de suelo y vegetación (USV). El modelo también requiere de coeficientes específicos (tabla biofísica con valores separados por comas) asociados a cada una de las clases del mapa de USV (**Anexo 2**).

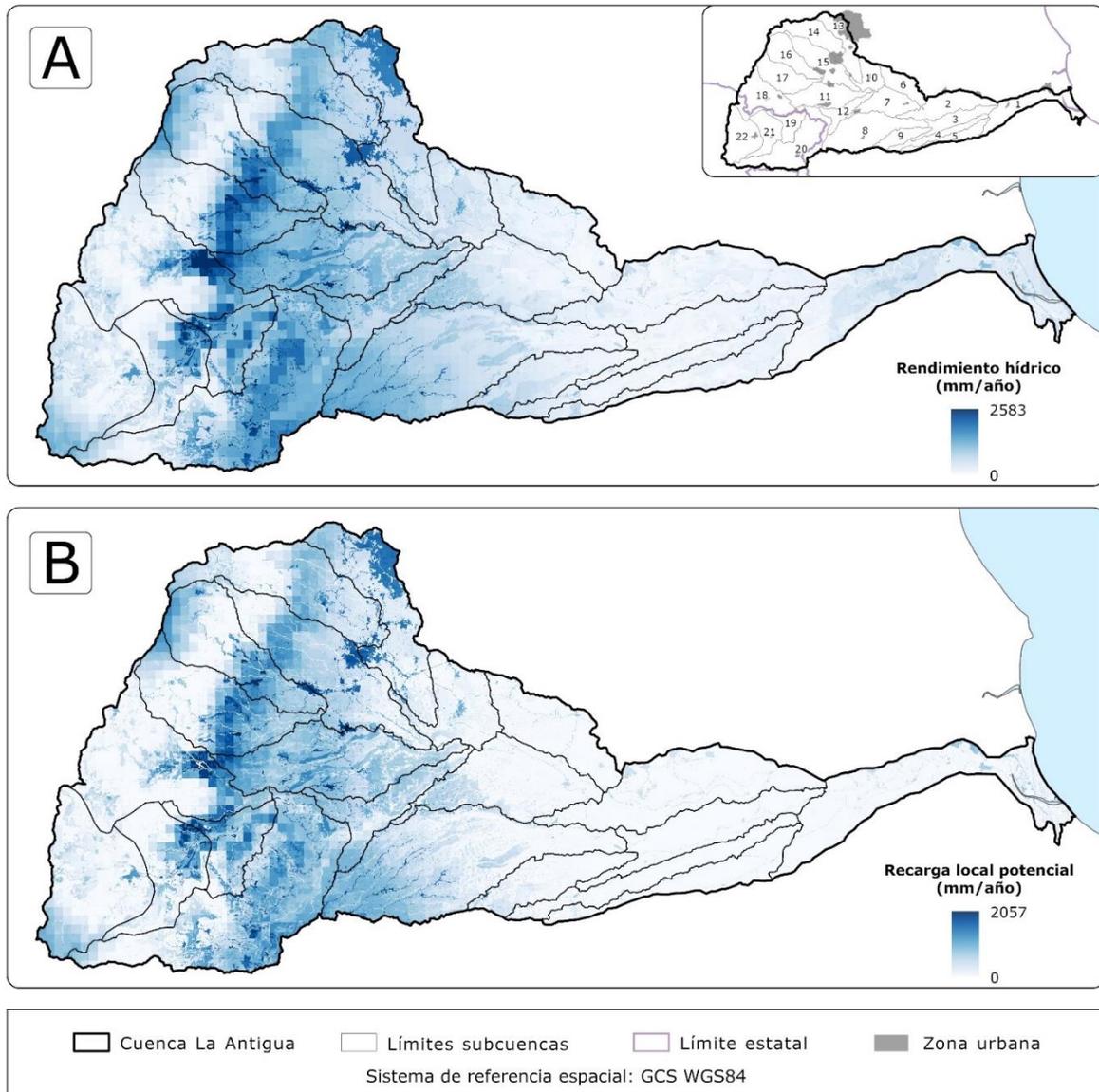
Los resultados del rendimiento hídrico anual modelan la contribución potencial de agua desde cada zona del paisaje, ofreciendo información sobre cómo los diferentes usos del suelo pueden afectar el escurrimiento superficial. Mientras que el análisis de los flujos estacionales: flujos rápidos (que ocurren durante o poco después de un evento de lluvia) y flujos base (que ocurren durante las épocas de sequía), son fundamentales para estimar espacial y temporalmente la producción de agua en una cuenca.

Por tal motivo, también se utilizó el modelo del rendimiento hídrico estacional de InVEST (Seasonal Water Yield) para cuantificar la escorrentía superficial mensual (flujo rápido o quickflow) y la recarga local (L) por píxel. El índice de recarga local se calcula en una escala de tiempo anual, pero utiliza valores derivados de la disponibilidad de agua mensual por lo que representa la contribución potencial al flujo base. En este sentido, el modelo asume que las precipitaciones que no escurren como flujos rápidos, y no son evapotranspiradas por la vegetación en un píxel, pueden infiltrarse en el suelo para convertirse en recargas de agua locales. En la cuenca de RLA se estimó un rendimiento hídrico anual promedio de 440.50 mm/año, de los cuales se estima un promedio de 271.91 mm/año de recarga local.



Las subcuencas con mayor cobertura de bosque mesófilo de montaña y bosques de coníferas mostraron los valores promedio más altos de rendimiento hídrico y zonas de recarga, mientras que las subcuencas ubicadas en la parte media y baja con coberturas de suelo principalmente agrícolas y de pastizales presentan los valores más bajos.

Fig. 21. Mapa de línea base del A) rendimiento hídrico anual y B) la recarga local en la cuenca del RLA.



4.1.2. Transporte de sedimentos

La pérdida del suelo, relacionada con un incremento significativo en el transporte de sedimentos, se ha observado en muchas regiones alrededor del mundo (Hamel et al., 2015) . Particularmente, la erosión acelerada del suelo relacionada con las dinámicas hidrológicas, ha afectado de manera drástica en la calidad del agua, la productividad del suelo y la pérdida de nutrientes (Benavidez et al., 2018). Lo que, a su vez, ha impactado en la degradación de las coberturas vegetales, la pérdida de la biodiversidad y la desestabilización de laderas. Esto también ha ocasionado bajos rendimientos en la producción agrícola y pecuaria, así como en la disminución de la vida útil de las obras hidráulicas por la cantidad de sedimentos que transporta el agua (Montes-León et al., 2011).

Los cambios en el transporte de sedimentos se derivan de las complejas interacciones entre la topografía, el clima y los cambios de uso de suelo y vegetación. Por lo tanto, analizar la capacidad de retención de sedimentos por parte de las coberturas vegetales es fundamental para fortalecer los planes de manejo territorial (Martin-Ortega et al., 2013). Específicamente, dentro del marco de los PAMIC, la identificación de zonas con mayor producción o retención de sedimentos es la base para poder diseñar mejores estrategias para reducir las cargas de sedimentos o promover la conservación de áreas con alta capacidad de retención.

El modelo de producción y transporte de sedimentos de InVEST (SDR-Sediment Delivery Ratio) estima la capacidad que tiene una parcela del terreno para retener sus partículas. Una vez liberadas estas partículas sólidas se convierten en sedimentos que están sujetos a la acción de agentes externos que los transportan a otras áreas. De esta forma, las áreas que presentan altas tasas de pérdida del suelo son potencialmente exportadoras de sedimentos. Por lo tanto, los resultados del modelo representan el promedio anual de producción de sedimentos por subcuenca, con base en algoritmos que, primero calculan la cantidad de pérdida de suelo a nivel de píxel y, posteriormente, la tasa de retención de sedimentos del valor de ese píxel en su tránsito hacia la red fluvial (Borselli et al., 2008).

La cantidad de pérdida de suelo anual ($usle_x$) (ton/ha/año) por píxel (x) se calcula con base en la Revisión de la Ecuación Universal sobre Pérdida de Suelos (RUSLE) (Renard et al., 1997) (ecuación 2):

$$(2) \quad usle_x = \frac{(R * K * LS * C * P)_x}{P_x}$$

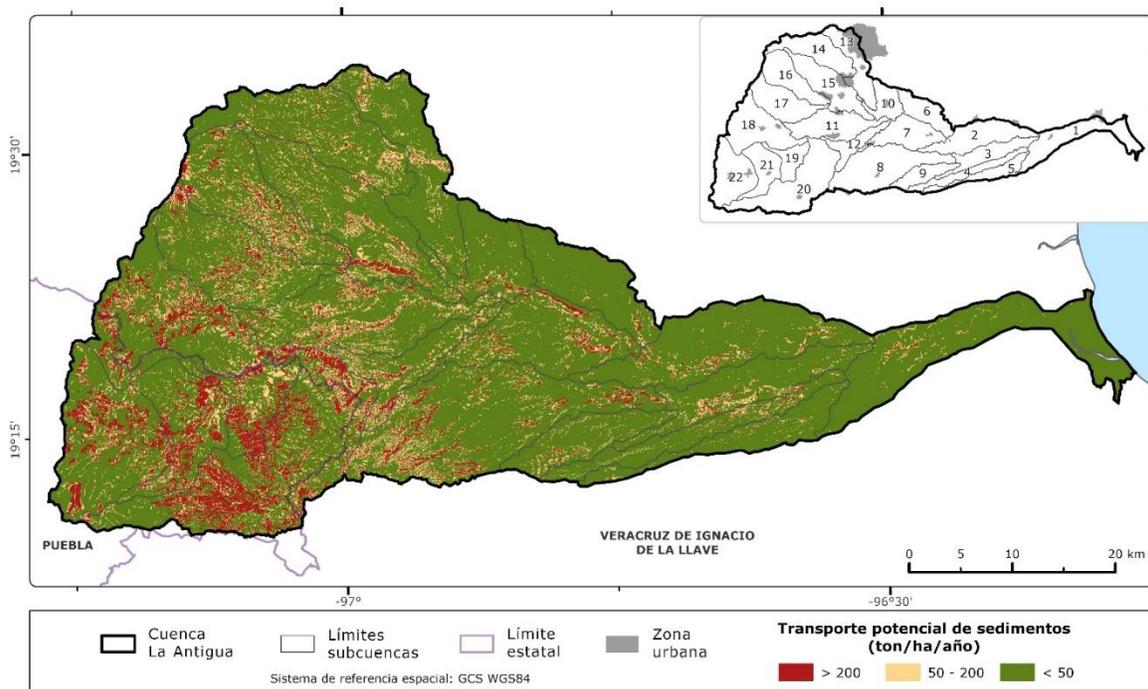
R = Erosividad pluvial
K = Erodabilidad del suelo
LS = Factor de longitud de la pendiente
C = Factor de vegetación y usos de suelo
P = Prácticas de conservación de suelo



Dado que el transporte de sedimentos se calcula en función de la conectividad hidrológica, que está asociada a las pendientes y a las redes de flujo superficial (Vigiak et al., 2012), el modelo requiere de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) y valores específicos de los factores R y K (RUSLE) relacionados con las características de la vegetación y usos de suelo (Anexo 1).

En la cuenca del RLA se estimó un valor promedio anual en el transporte de sedimentos de 115.05 ton/ha que potencialmente pueden llegar a los cuerpos de agua. Las mayores tasas de sedimentos se concentran en las subcuencas 18, 19, 20, 21 y 22 (>156 ton/ha al año) (Fig. 22). Estas subcuencas, ubicadas al suroeste de la cuenca en el Estado de Puebla, presentan pendientes pronunciadas y una vocación de suelo principalmente agrícola, en donde predominan los cultivos de maíz y otro tipo de hortalizas.

Fig. 22. Mapa de línea base del transporte de sedimentos (ton/ha/año) en la cuenca de RLA.



4.1.3. Transporte de nutrientes

Los cambios de uso de suelo y, en particular, el aumento de la frontera agrícola, modifican el ciclo de los nutrientes en los ecosistemas. Las cargas de nutrientes se refieren a la cantidad de elementos como nitrógeno (N) y fósforo (P), que ingresan a los ecosistemas presentes en una cuenca desde numerosas fuentes puntuales (p. ej. descargas de efluentes industriales o plantas de tratamiento) o

difusas (p. ej. aplicación de fertilizantes utilizados en los cultivos agrícolas o pastizales) (Hou et al., 2020).

Identificar y analizar las cargas potenciales de nutrientes que llegan a los diferentes cuerpos de agua es importante para promover mejores prácticas de conservación que eviten procesos de eutrofización (el incremento de sedimentos y nutrientes inorgánicos procedentes de prácticas antropogénicas que producen la proliferación de algas) u otros impactos negativos en la calidad del agua (Han et al., 2021), los cuales tienen consecuencias para la salud o bienestar las personas y para los ecosistemas acuáticos que tienen una capacidad limitada para adaptarse a estas cargas de nutrientes (Keeler et al., 2012).

El modelo de producción y transporte de nutrientes de InVEST (NDR-Nutrient Delivery Ratio) se utilizó para simular las cargas de N y P que transcurren y descargan potencialmente en los diferentes cuerpos de agua presentes en las cuencas. Este modelo simula el flujo de nutrientes a largo plazo con base en ecuaciones simplificadas de balances de masa, que describen el movimiento empírico de la cantidad de nutrientes a través del espacio.

El modelo requiere, además del mapa de USV y el DEM, el mapa ráster de flujo rápido superficial derivado del modelo de rendimiento hídrico estacional. Otro insumo clave para el modelo es la tabla biofísica, la cual contiene la información correspondiente a las cargas de nutrientes estimadas para cada una de las clases de USV. Los valores asignados en esta tabla (cargas de N y P) se calcularon con base en la información recopilada a través de las entrevistas dirigidas a un total de 13 productores asentados en la cuenca del 07 al 10 de junio de 2022. De esta forma, y con base en la información específica de las dosis y productos utilizados para la fertilización de los cultivos, se calcularon las cargas de N (load_n) y P (load_p) (ecuación 3):

$$(3) \quad \text{load}_n(\text{load}_p) = \frac{\text{Export from Land}}{1 - \text{Eff}_n(\text{Eff}_p)}$$

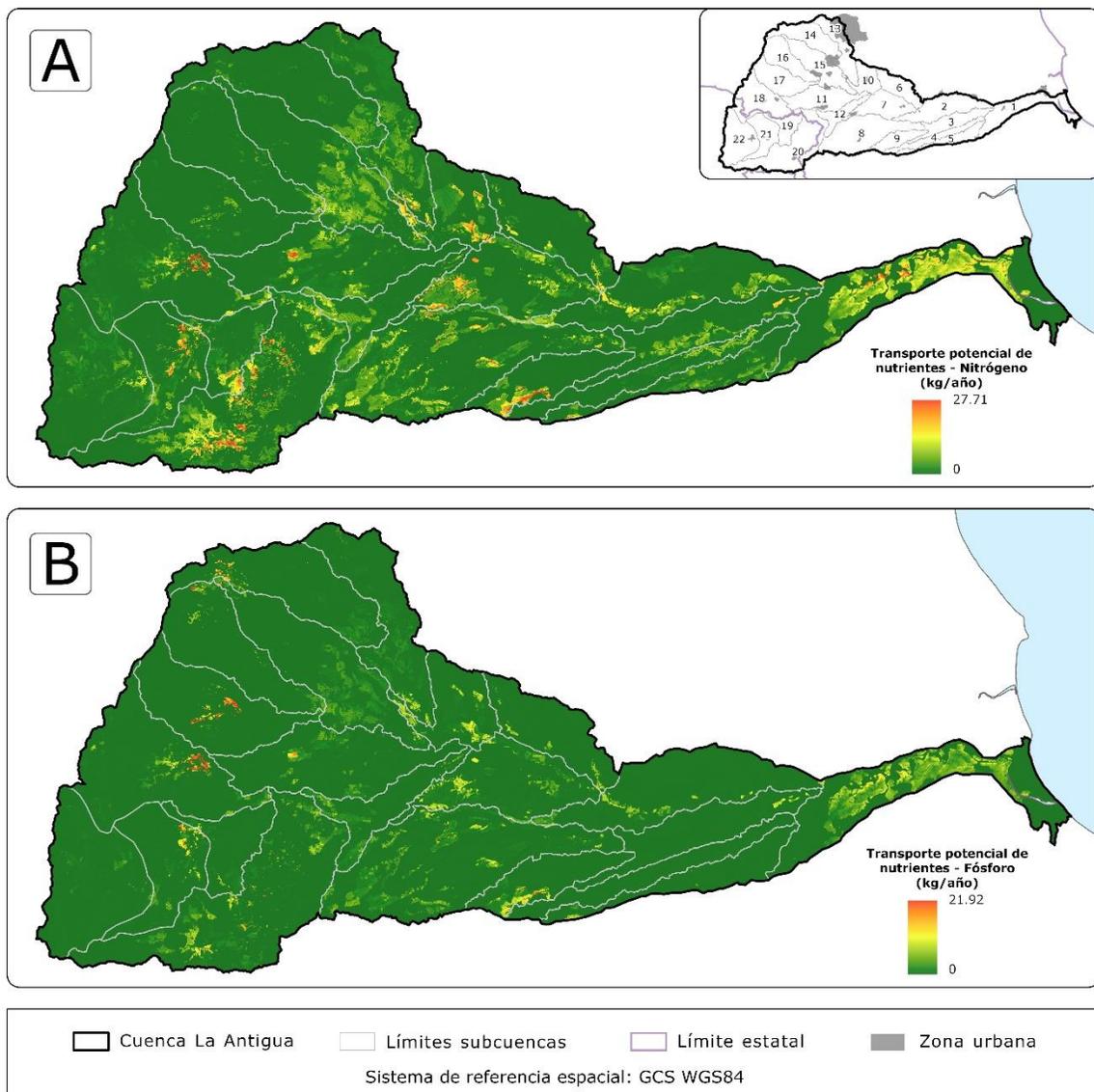
Export from Land = valor de exportación medido (o derivado empíricamente)
Eff_n/Eff_p = eficiencia de retención máxima para cada clase de USV.

Las cargas de nutrientes que no se pudieron calcular con la información derivada de las entrevistas, se obtuvieron a partir de los valores sugeridos en la guía de InVEST (Sharp et al., 2018), las agendas tecnológicas agrícolas a nivel estatal para México (INIFAP, 2018) y revisiones de literatura (Benez-Secanho and Dwivedi, 2019; Han et al., 2021; Hou et al., 2020; Wu et al., 2021) (Anexo 1).

Los resultados promedio obtenidos para la cuenca del RLA indican tasas de transporte de N y P de 0.31 y 0.12 kg/año, respectivamente. Las subcuencas 1, 7, 10 y 20 muestran las mayores tasas en el transporte de nutrientes (N y P), las cuales coinciden con la distribución predominante de los cultivos de caña y maíz. En los mapas de la Figura 23 también resaltan algunas zonas asociadas con altas concentraciones de fertilizantes aplicados a los cultivos de papa, café, limón y mango.



Fig. 23. Mapa de línea base del transporte de nutrientes de nitrógeno (A) y fósforo (B) (kg/año) en la cuenca del RLA.



5. Demanda de servicios ecosistémicos (SE)

El concepto de SE ofrece un marco útil para la evaluación sistémica de los múltiples beneficios que brindan los ecosistemas. No obstante, este enfoque requiere de la identificación de los actores que se benefician o se ven afectados por la manera en la que se distribuyen esos SE, debido a una determinada estrategia de manejo, o por los cambios asociados al clima. Por lo tanto, vincular los SE con los actores clave, incluyendo sus intereses y problemáticas es esencial para una gestión eficaz, equitativa y sostenible (Raum, 2018).

En este sentido, la demanda o uso de SE por parte de los diferentes usuarios o beneficiarios distribuidos en las cuencas se analizó considerando dos indicadores:

- 1) Volumen de agua superficial y subterránea extraída por subcuenca (hm³) con base en la información las concesiones y asignaciones inscritas en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDa) (CONAGUA, 2021b).
- 2) Densidad poblacional por subcuenca (habitantes/km²). La delimitación de la población en cada una de las cuencas y subcuencas se llevó a cabo con base en el Marco Geoestadístico y el último censo de población y vivienda (INEGI, 2020). Este análisis incluyó las bases de datos a nivel de comunidad, áreas geoestadísticas básicas (AGEB) y manzanas urbanas para poder desagregar los asentamientos urbanos y rurales compartidos entre subcuencas (SCITEL-INEGI, 2020). Las subcuencas con densidad poblacional de más de 131 habitantes/km² tuvieron una mayor ponderación.

5.1. Volúmenes de extracción de agua superficial y subterránea

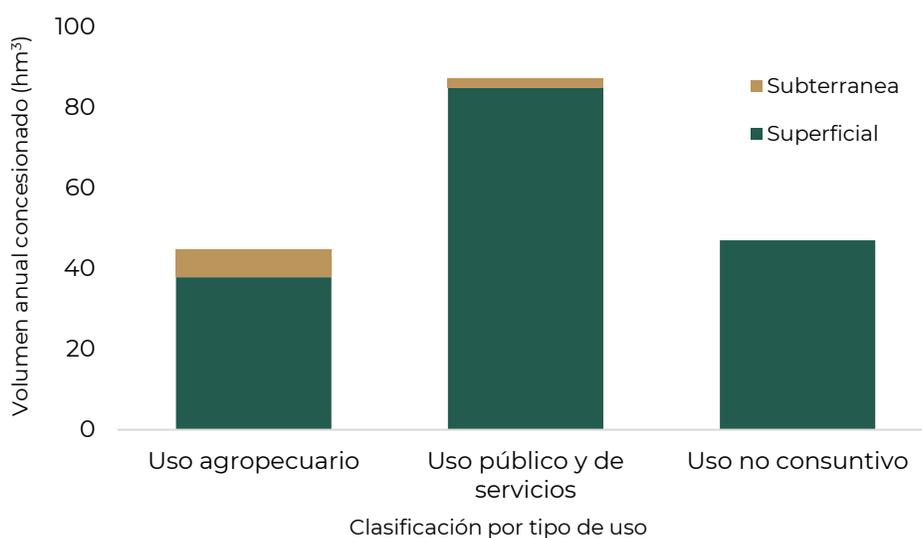
De acuerdo con el Registro Público de Derechos del Agua (CONAGUA, 2021b) se registró un total de 179.01 hm³ de agua concesionada dentro de la cuenca, de los cuales el 94.9% corresponde a agua superficial. Las asignaciones de agua destinadas a usos públicos-urbanos poseen el mayor número de registros (724 títulos), los cuales concentran un volumen de aproximadamente 70.96 hm³, mientras que, alrededor de 47.05 hm³ se destinan a la generación de energía hidroeléctrica (usos no consuntivos) (Tabla 18, Fig. 24).



Tabla 15. Clasificación en los PAMIC de los usos y volúmenes descritos en el REPDA.

| Tipo de uso | | Clasificación (REPDA) | | |
|--|--|---|--------------------------------------|-------------|
| Uso agropecuario | | Agrícola, acuícola, pecuario, múltiples, otros | | |
| Uso público y de servicios | | Doméstico, uso público-urbano, industrial, servicios, comercio. | | |
| Uso no consuntivo | | Energía hidroeléctrica | | |
| Uso que ampara la concesión o asignación | Volumen concesionado o asignado (hm ³) | | Número de concesiones o asignaciones | |
| | Superficial | Subterráneo | Superficial | Subterránea |
| Acuicultura | 4.05 | 0.00 | 10 | 0 |
| Agrícola | 32.34 | 5.78 | 119 | 37 |
| Diferentes usos | 1.38 | 0.90 | 24 | 10 |
| Doméstico | 1.16 | 0.00 | 10 | 0 |
| Industrial | 2.27 | 1.29 | 10 | 8 |
| Pecuario | 0.12 | 0.10 | 24 | 2 |
| Público urbano | 70.25 | 0.71 | 685 | 39 |
| Servicios | 11.28 | 0.32 | 16 | 8 |
| No consuntivo | 47.05 | 0.00 | 1 | 0 |
| Total | 169.90 | 9.11 | 899 | 104 |

Fig. 24. Volúmenes anuales de agua concesionada o asignada en la cuenca de RLA



5.1.1. Demanda de agua superficial

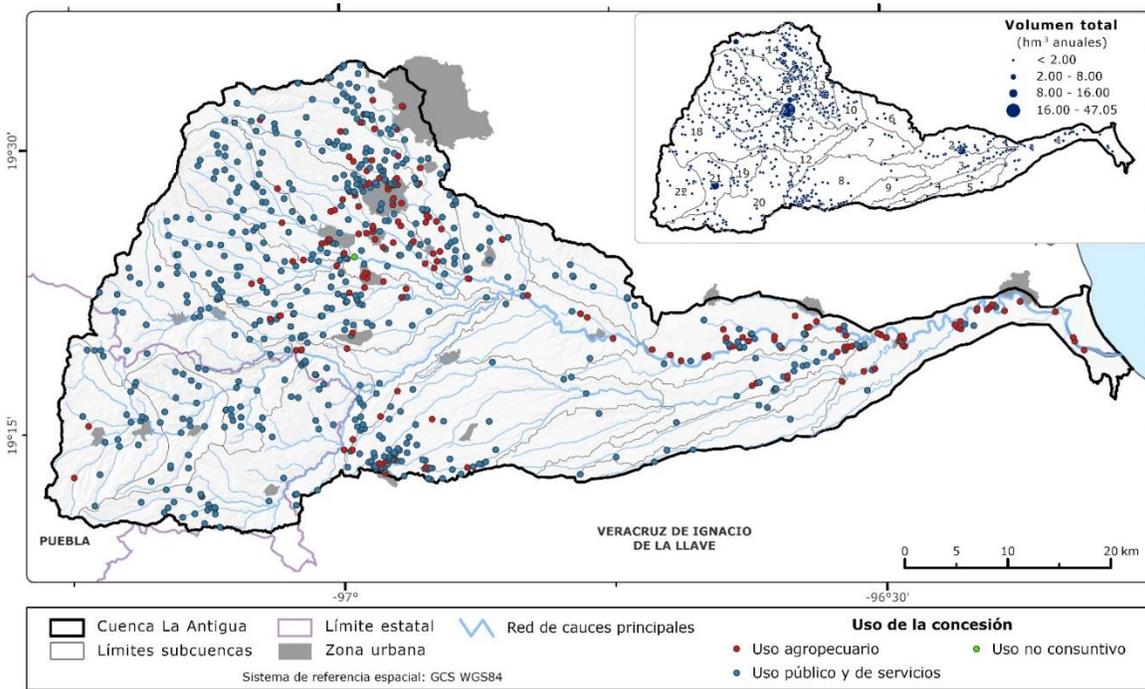
Las fuentes de abastecimiento de concesiones y asignaciones de agua superficial provienen principalmente de manantiales (592), ríos (160) y arroyos (141). Los ríos con mayor número de títulos registrados son el “Santa María”, “La Antigua”, “Los Pescados”, “Pixquiac” y “Los Pintores”. Estos últimos dos ríos se ubican en la proximidad de los asentamientos urbanos de Xalapa y Coatepec. Sin embargo, los ríos con el mayor volumen asignado son “Huitzilapan”, “Las Puentes” y “Pixquiac”, cuya principal asignación (37.84 hm³) pertenece a la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa. La mayoría de los títulos registrados se distribuyen en las partes altas de la cuenca y se destinan principalmente a uso público-urbano, aunque el recurso destinado a usos agropecuarios también es considerable. Por ejemplo, la Asociación de Usuarios de la Unidad de Riego de Mahuixtlán registra un volumen concesionado de 9.14 hm³ provenientes del río Las Puentes (Tabla 19, Fig. 25).

Tabla 16. Volúmenes de extracción y porcentaje del número concesiones y asignaciones por tipo de uso del agua superficial en la cuenca de RLA.

| Clasificación | Número de concesiones | Volumen (hm ³) | Porcentaje (%) |
|----------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------|
| Uso agropecuario | 177 | 37.88 | 22.3 |
| Uso público y de servicios | 721 | 84.96 | 50.0 |
| Uso no consuntivo | 1 | 47.05 | 27.7 |
| Total | 899 | 169.90 | 100% |



Fig. 25. Mapa de localización y volumen (hm³/año) de las concesiones y asignaciones de agua superficial en la cuenca del RLA.



5.1.2. Demanda de agua subterránea

La cuenca de RLA incluye seis acuíferos, de cuales solo los acuíferos Libres-Oriental y Jalapa-Coatepec se reportan con disponibilidad de agua. El resto de los acuíferos no reportan disponibilidad, lo que refleja el grado de presión sobre las aguas subterráneas. (Tabla 17).

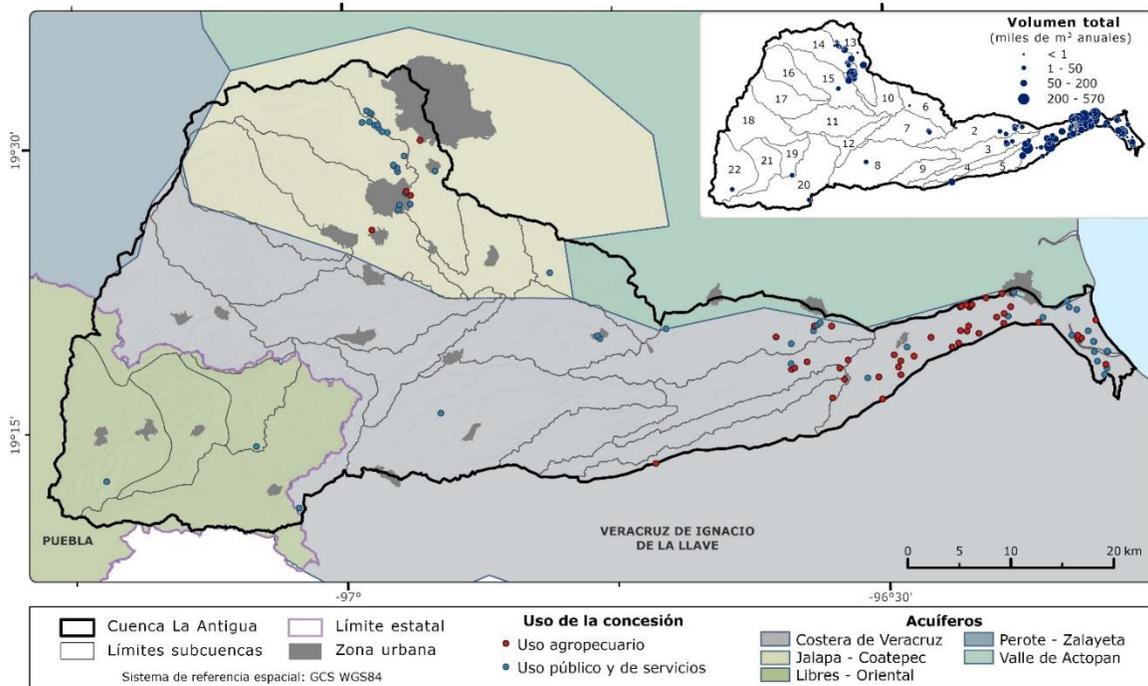
La Figura 26 muestra la distribución de las concesiones y asignaciones de agua subterránea dentro de la cuenca. En la parte baja predominan las concesiones destinadas a usos agropecuarios (49 concesiones, 6.79 hm³), mientras que las asignaciones de abastecimiento público-urbano se localizan principalmente en los límites de las ciudades de Xalapa y Coatepec (55 títulos, 2.33 hm³).



Tabla 17. Acuíferos ubicados dentro de los límites de la cuenca del RLA.

| Clave | Acuífero | Estado | Región hidrológica | Área (km ²) | Porcentaje de la cuenca (%) |
|-------|---------------------|----------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 3006 | Costera de Veracruz | Veracruz | Golfo Centro | 1,186.52 | 54.5% |
| 3018 | Jalapa - Coatepec | Veracruz | Golfo Centro | 485.58 | 22.3% |
| 2102 | Libres - Oriental | Puebla | Balsas | 425.13 | 19.5% |
| 3005 | Valle de Actopan | Veracruz | Golfo Centro | 70.08 | 3.2% |
| 3004 | Perote - Zalayeta | Veracruz | Golfo Centro | 8.51 | 0.4% |
| 3008 | Cotaxtla | Veracruz | Golfo Centro | 0.03 | 0.0% |

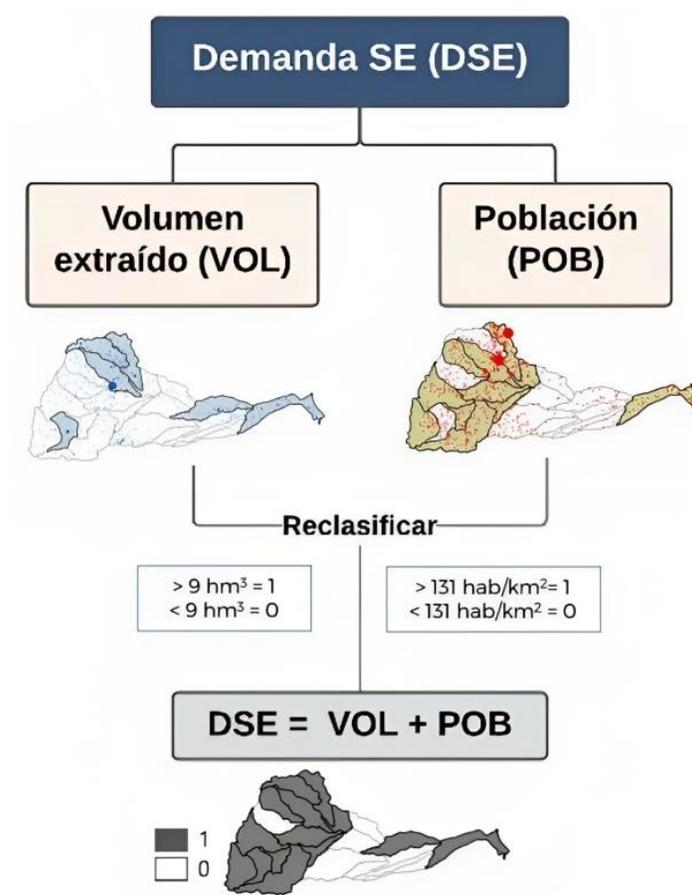
Fig. 26. Mapa de localización y volumen (hm³/año) de las concesiones y asignaciones de agua subterránea en la cuenca del RLA



La identificación de subcuencas con mayor demanda y mayores volúmenes de agua extraídos en la cuenca del RLA se llevó a cabo con base en técnicas de geoprocésamiento y reclasificación que se describen en la Figura 27.



Fig. 27. Esquema de integración y análisis para la identificación de las subcuencas (resaltadas en color oscuro) con mayores volúmenes de extracción de agua y densidad poblacional.



6. Conectividad hidrográfica

La conectividad hidrográfica se refiere a la vinculación entre las subcuencas en función de la red de drenaje superficial. Con base en el Modelo de Elevación Digital y el análisis de la escorrentía superficial derivado del módulo de rendimiento hídrico (InVEST), las subcuencas se clasificaron en tres categorías (Figs. 28 y 29):

- 1) **Emisoras:** subcuencas de captación, frecuentemente ubicadas en las partes altas, donde emergen los ríos o se forman los cauces por el deshielo de la nieve en las montañas; y cuyos flujos de agua continúan hacia la parte media y baja de la cuenca.
- 2) **Receptoras-Emisoras:** subcuencas que reciben el agua superficial a través de los cauces originados en las subcuencas emisoras, y mantienen los flujos hasta su desembocadura en la parte más baja de la cuenca.
- 3) **Receptoras:** subcuencas ubicadas en la parte más baja de la cuenca donde desembocan todos los cauces de la red de drenaje superficial.

Una vez clasificadas, se identificaron las subcuencas con mayor conectividad (grado-GR + intermediación -IN) con base en un análisis de redes que se llevó a cabo con el programa de cómputo UCINET 6 (Borgatti et al., 2002).

- 1) Grado (GR): número de vínculos directos que tiene cada uno de los nodos.
- 2) Intermediación (IN): número de veces que un nodo se interpone entre otros en su distancia geodésica.



Fig. 28. Modelo de Elevación Digital (30 m, CEM 3.0. INEGI, 2013) y mapa de escorrentía superficial de flujo rápido (InVEST, 2022) en la cuenca La Antigua.

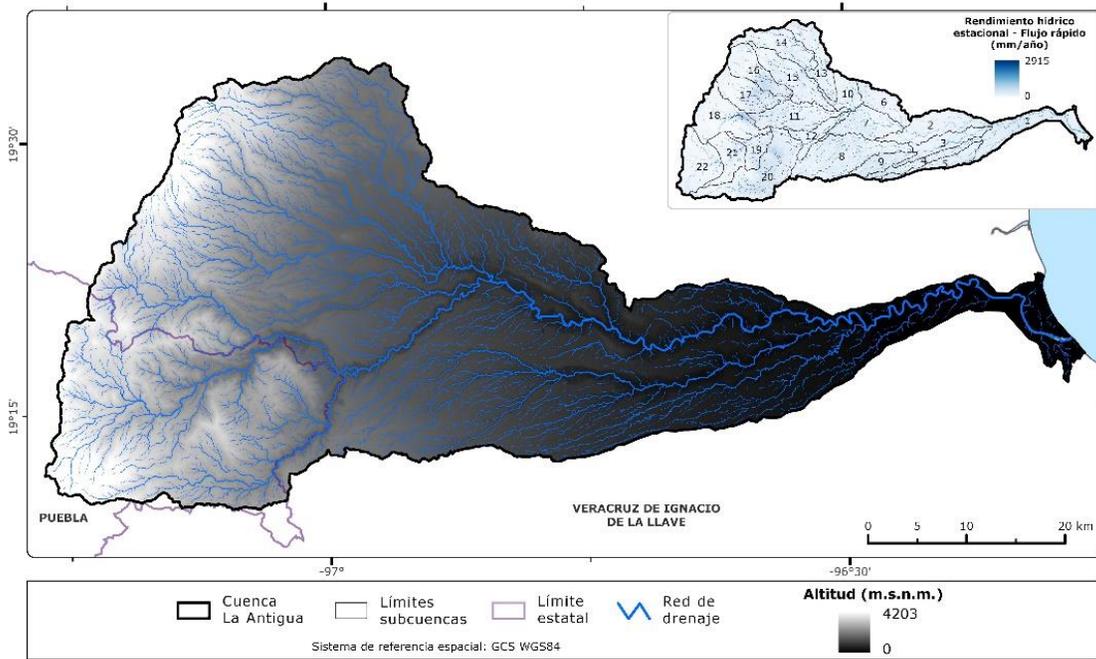
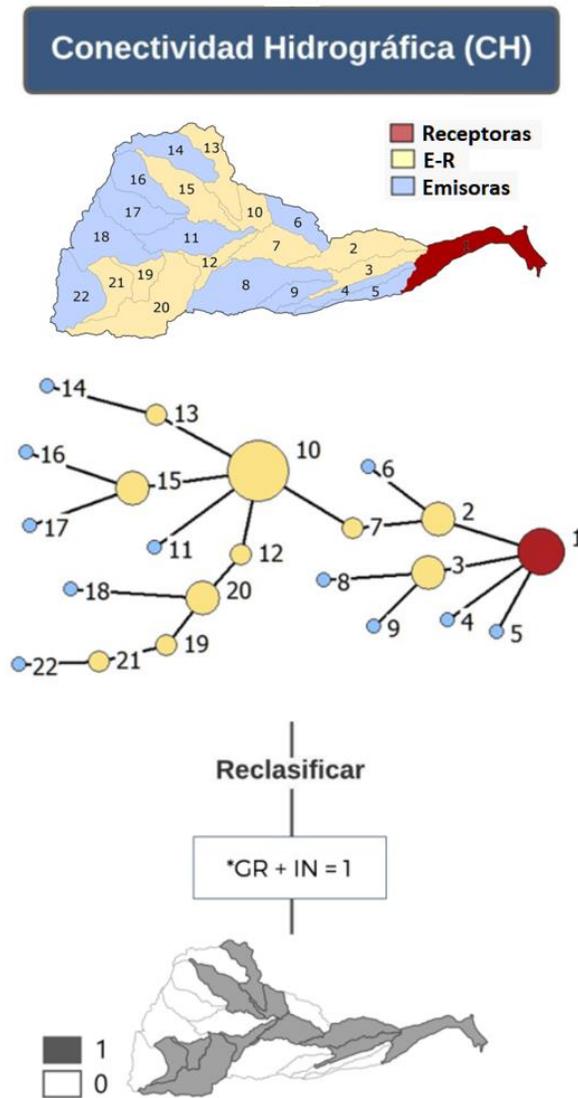


Fig. 29. Esquema de integración y análisis para la identificación de subcuencas (resaltadas en color oscuro) con mayor conectividad. Los colores del gráfico de la red de nodos corresponden a la clasificación de subcuencas, mientras que el tamaño del nodo está en función de su grado (GR) e intermediación (IN).



7. Escenarios para la evaluación de impactos futuros o alternativos

Considerando las crecientes presiones humanas relacionadas con los cambios de uso de suelo y vegetación, así como el cambio climático a nivel global, el uso de escenarios alternativos representa un proceso de evaluación relevante para analizar los impactos potenciales de las diferentes actividades humanas, incluyendo estrategias de conservación o restauración (Gao et al., 2017).

Por ejemplo, se ha demostrado que la presencia de los bosques tiene un efecto positivo en el funcionamiento hidrológico (Laino-Guanes et al., 2016), sin embargo, todas las características biofísicas de un ecosistema (p.ej. clima, suelo, pendiente, tipo de vegetación, altitud) pueden afectar la provisión de los SE (Brauman et al., 2007). Ante esta situación, la modelación de escenarios es una herramienta útil para identificar pérdidas y ganancias de SE debido a los efectos acumulativos de los cambios de uso de suelo, así como para analizar los impactos potenciales del cambio climático o las posibles intervenciones de reforestación o restauración, incluyendo sus limitaciones y beneficios a diferentes escalas (Gao et al., 2017).

El objetivo de la definición de escenarios es conceptualizar experimentos de modelación para la evaluación de resultados. Para lograrlo es necesario definir un diferencial que cuantifique el valor adicional de los beneficios o posibles consecuencias de las intervenciones simuladas a través de la comparación de escenarios futuros plausibles. La variable temporal y los supuestos del estado futuro son determinantes en esta conceptualización.

7.1. Escenarios de cambio climático

Los escenarios de cambio climático son representaciones plausibles del clima futuro ante diferentes tasas de emisiones de gases de efecto invernadero, que brindan información sobre la evolución de las condiciones climatológicas, pero que están sujetas a esquemas de probabilidad condicional ante diversas posibilidades de desarrollo y las modificaciones humanas de la naturaleza (INECC, 2022; IPCC, 2022a).

En los PAMIC, estos escenarios son un elemento clave para el desarrollo de planes y estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático. Por lo tanto, los escenarios de cambio climático incorporan las proyecciones del Proyecto de Intercomparación de Modelos de Acoplados (CMIP6-Coupled Model Intercomparison Project) derivadas del Sexto Informe de Evaluación (AR6) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2021).

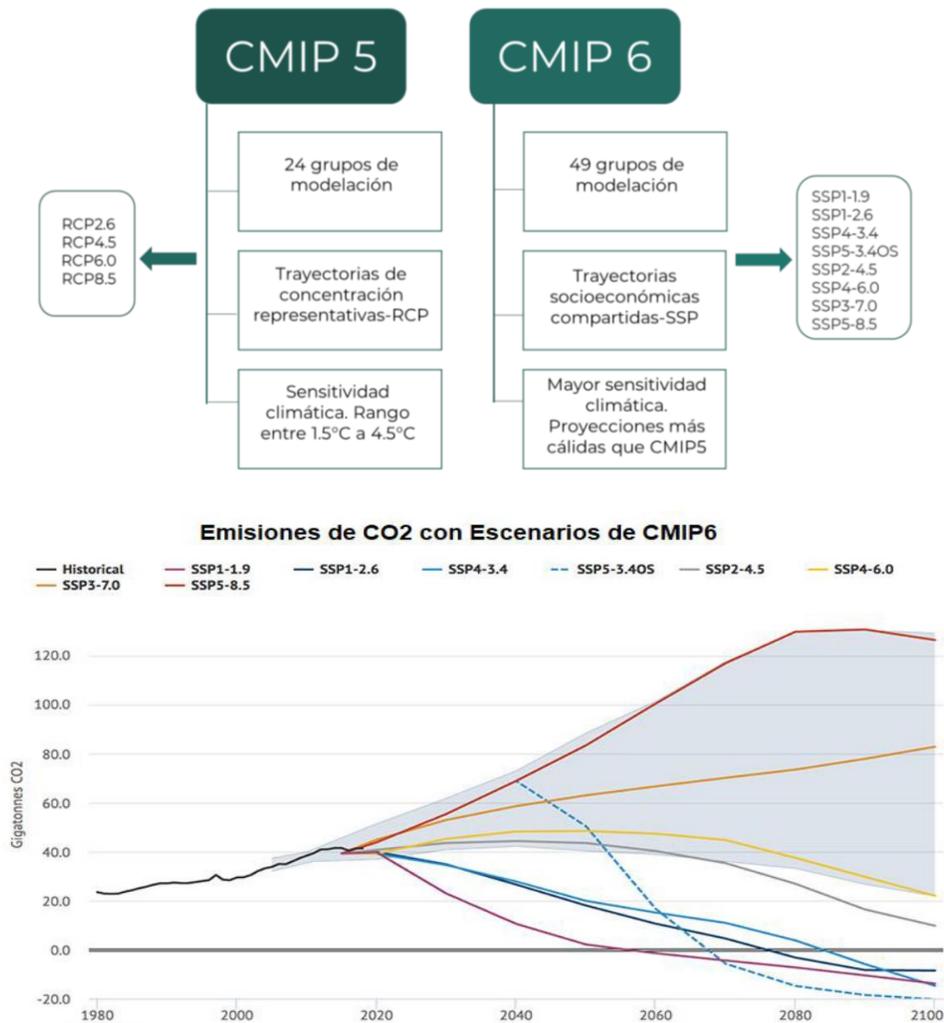
Las proyecciones desarrolladas en el CMIP6 incluyen un mayor número de grupos de modelación, de escenarios futuros, de experimentos realizados y de diferencias en la sensibilidad climática (calentamiento esperado a largo plazo



después de duplicar las concentraciones de CO₂ atmosférico) en comparación con el proyecto antecesor (CMIP5) (INECC, 2022).

Los escenarios actualizados en el CMIP6 se denominan “Trayectorias Socioeconómicas Compartidas” (Shared Socioeconomic Pathways-SSPs), las cuales representan diferentes niveles de forzamiento radiativo y ofrecen una selección más amplia de futuros socioeconómicos posibles (Fig. 30).

Fig. 30. Principales diferencias entre CMIP5 y CMIP6 (INECC, 2022). B) Escenarios futuros de emisiones de CO₂ descritos en CMIP6, incluyendo emisiones históricas de CO₂ (en color oscuro). El área sombreada representa el intervalo de escenarios de referencia sin políticas (Hausfather, 2019).



De acuerdo con lo anterior, los PAMIC incorporan las proyecciones del escenario SSP5-8.5 a un horizonte medio (2041-2060) considerando anomalías climáticas

(desviación de una variable a partir de su valor promediado en un periodo de referencia). La información geoespacial se descargó y procesó a partir del Atlas Interactivo del IPCC, (2022b) y las bases de datos de UNIATMOS-UNAM, (2022).

Tabla 18. Comparación de los valores promedio de precipitación y temperatura media anual de la línea base y las proyecciones del escenario SSP5-8.5

| Variable | Proyecciones | Mínimo | Máximo | Promedio |
|--------------------|--------------|--------|--------|----------|
| Precipitación (mm) | Línea base | 651.0 | 2915.0 | 1468.3 |
| | SSP5-8.5 | 642.5 | 2875.2 | 1427.4 |
| Temperatura (°C) | Línea base | 4.9 | 27.3 | 18.7 |
| | SSP5-8.5 | 7.2 | 29.5 | 20.9 |

7.2. Escenarios de usos de suelo y vegetación

Además de la incorporación de las proyecciones de cambio climático, la construcción de escenarios se hizo de manera participativa con base en la información expresada por los y las participantes en los talleres (consultar guía metodológica) y considerando los tres enfoques de los PAMIC:

- 1. Conservación:** comparación del escenario de línea base, considerando las zonas actuales con vegetación natural (bosques, selvas) y áreas naturales protegidas (ANP) versus un escenario de degradación.

El escenario de conservación para la cuenca del RLA simuló:

- Aumento de las zonas urbanas con base en las tendencias del periodo 2002-2018 (comparación de los mapas de USV de las series III y VII, INEGI, (2018, 2002)
- Expansión de la frontera agrícola y pecuaria con base en las tendencias de disminución de las coberturas forestales registradas en el periodo 2000-2021 (Hansen et al., 2013).

- 2. Restauración:** comparación del escenario de línea base versus un escenario en estado restaurado (p. ej. aumentos de las coberturas vegetales o ecosistemas prioritarios como los manglares o humedales).

El escenario de restauración para la cuenca del RLA simuló:

- Aumento de las zonas urbanas con base en las tendencias del periodo 2002-2018 (comparación de S. III y S. VII, INEGI, 2018). No obstante, aquí se consideró una menor tasa de crecimiento urbano asumiendo la posible aplicación de instrumentos de planeación territorial.



- b) Disminución de la frontera agrícola y pecuaria con base en las tendencias de ganancias forestales registradas en el periodo 2000-2012 (Hansen et al., 2013).
- c) Aumento de la zona de manglar (restauración de aproximadamente 50 ha con base en la información de los talleres participativos) y
- d) Establecimiento de franjas de vegetación (30 m) en las zonas identificadas por los(as) participantes durante los talleres y en el mapa 39 de la primera versión del PAMIC de la cuenca del RLA.

3. Adecuación de prácticas productivas: comparación de un escenario con implementación de proyectos que fortalecen la producción sostenible versus el escenario de línea base.

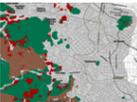
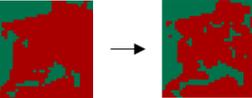
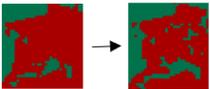
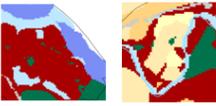
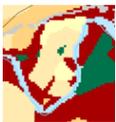
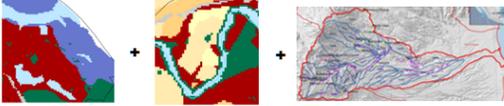
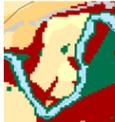
El escenario de adecuación de prácticas para la cuenca del RLA simuló:

- a) Aumento de las zonas urbanas con base en las tendencias del periodo 2002-2018 (comparación de S. III y S. VII, INEGI, 2018). No obstante, aquí se consideró una menor tasa de crecimiento urbano asumiendo la posible aplicación de instrumentos de planeación territorial.
- b) Disminución de la frontera agrícola y pecuaria con base en las tendencias de ganancias forestales registradas en el periodo 2000-2012 (Hansen et al., 2013)
- c) Modificación manual del factor P (tabla biofísica) para el módulo de pérdida potencial de suelos (InVEST). Este factor hace referencia a la aplicación de prácticas de conservación de suelos (p.ej. terrazas, cultivos de ladera, surcado) (Loredo-Osti et al., 2007).
- d) Simulación de prácticas agroecológicas a través de la disminución de las cargas de nutrientes (N y P) (tabla biofísica asociada a la información de las entrevistas con productores) para el módulo de producción y transporte de sedimentos (InVEST).
- e) Establecimiento de franjas de vegetación (30 m) en las zonas identificadas por los(as) participantes durante los talleres.

La Tabla 19 resume las simulaciones consideradas para cada uno de los enfoques de los PAMIC. La construcción de escenarios y el geoprocusamiento se llevó a cabo con el uso de la herramienta de InVEST (generador de escenarios basados en proximidad al límite de un uso de suelo determinado) y ArcGIS Pro (ESRI, 2022).



Tabla 19. Escenarios de uso de suelo y vegetación (USV) para cada uno de los enfoques de conservación, restauración y adecuación de prácticas en la cuenca del RLA.

| Línea base | Conservación | Restauración | Adecuación de prácticas | | | | | | | | |
|--|--|---|---|-------------|--------|--------|--------|----------|---|------|------|
| Zona urbana   | Aumento con base en las tendencias del periodo 2002-2018 (Serie III y VII de INEGI)  | Aumento con base en las tendencias del periodo 2002-2018 (Serie III y VII de INEGI). Se consideró un menor tasa de crecimiento urbano (aplicación de instrumentos de planeación territorial).  | Aumento con base en las tendencias del periodo 2002-2018 (Serie III y VII de INEGI). Se consideró un menor tasa de crecimiento urbano (aplicación de instrumentos de planeación territorial).  | | | | | | | | |
| Pastizales   | Aumento con base en la pérdida forestal del periodo 2000-2021 (Hansen, 2013)  | Disminución con base en las tendencias de ganancias forestales del periodo 2000-2012 (Hansen, 2013)  | Disminución con base en las tendencias de ganancias forestales del periodo 2000-2012 (Hansen, 2013) + modificación en el factor P (prácticas de conservación del suelo: terrazas, cultivos de ladera, surcado. SAGARPA, 2005)  <table border="1" data-bbox="1638 706 1879 747"> <thead> <tr> <th>description</th> <th>lucode</th> <th>usle_c</th> <th>usle_p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PASTIZAL</td> <td>1</td> <td>0.5</td> <td>0.75</td> </tr> </tbody> </table> | description | lucode | usle_c | usle_p | PASTIZAL | 1 | 0.5 | 0.75 |
| description | lucode | usle_c | usle_p | | | | | | | | |
| PASTIZAL | 1 | 0.5 | 0.75 | | | | | | | | |
| Cultivos agrícolas   | Expansión de la frontera agrícola con base en las las tendencias del periodo 2002-2018 (Serie III y VII de INEGI)  | Disminución con base en las tendencias de ganancias forestales del periodo 2000-2012 (Hansen, 2013)  | Disminución con base en las tendencias de ganancias forestales del periodo 2000-2012 (Hansen, 2013) + disminución de cargas de nutrientes aplicados (N y P)  <table border="1" data-bbox="1585 893 1848 933"> <thead> <tr> <th>description</th> <th>lucode</th> <th>load_p</th> <th>load_n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CAFE</td> <td>3</td> <td>11.5</td> <td>28.5</td> </tr> </tbody> </table> | description | lucode | load_p | load_n | CAFE | 3 | 11.5 | 28.5 |
| description | lucode | load_p | load_n | | | | | | | | |
| CAFE | 3 | 11.5 | 28.5 | | | | | | | | |
| Restauración de manglar y sistemas riparios   | Sin cambios  | Aumento de manglar + establecimiento de franjas de vegetación (30 metros) en zonas identificadas por actores locales (talleres participativos y mapa no. 39 del PAMIC VI)  | Establecimiento de franjas de vegetación (30 metros) en zonas identificadas por actores locales (talleres participativos)  | | | | | | | | |

8. Proceso de integración para la priorización territorial y focalización de intervenciones

La incertidumbre se refiere a la aleatoriedad o el error proveniente de información desconocida o de diferentes variables aproximadas. Esta incertidumbre también está asociada a los errores de aproximación o errores numéricos en el cálculo de las ecuaciones del modelo, en comparación con los valores reales o teóricos esperados (Ochoa-Tocachi et al., 2022).

Algunos análisis de incertidumbre permiten reportar el efecto de los posibles errores de aproximación inherentes a cualquier modelo, en función de la probabilidad. De esta forma, se puede estimar cuál es el resultado más probable y cuál es el intervalo de variabilidad determinado con cierto nivel de confianza (generalmente del 90 % o del 95%).

En el caso de los PAMIC, las diferencias significativas entre los resultados de línea base y cada uno de los escenarios a nivel de cuenca y subcuenca se determinaron con base en análisis estadísticos (nivel de significancia= 5%) aplicados a 50,000 puntos distribuidos en toda la cuenca de manera aleatoria, para finalmente ponderar las subcuencas con diferencias significativas. Todo el proceso estadístico y geoespacial se llevó a cabo con el uso de ArcGIS Pro (ESRI, 2022) y el software R (R Core Team, 2022) ([código](#)). La descripción detallada del análisis estadístico se puede consultar en la guía metodológica.

La integración de los resultados descritos en los pasos anteriores permite la identificación de subcuencas prioritarias para promover acciones de conservación (Fig. 31), restauración (Fig. 32) y adecuación de prácticas productivas (Fig. 33). Esta información es la base para la construcción de una agenda ambiental, la cual tiene como objetivo fortalecer los procesos de gobernanza y la toma de decisiones en la planeación territorial para cada uno de los enfoques.



Fig. 31. Esquema de integración y análisis para la priorización territorial: identificación de subcuencas prioritarias para la implementación de acciones de conservación en la cuenca del RLA.

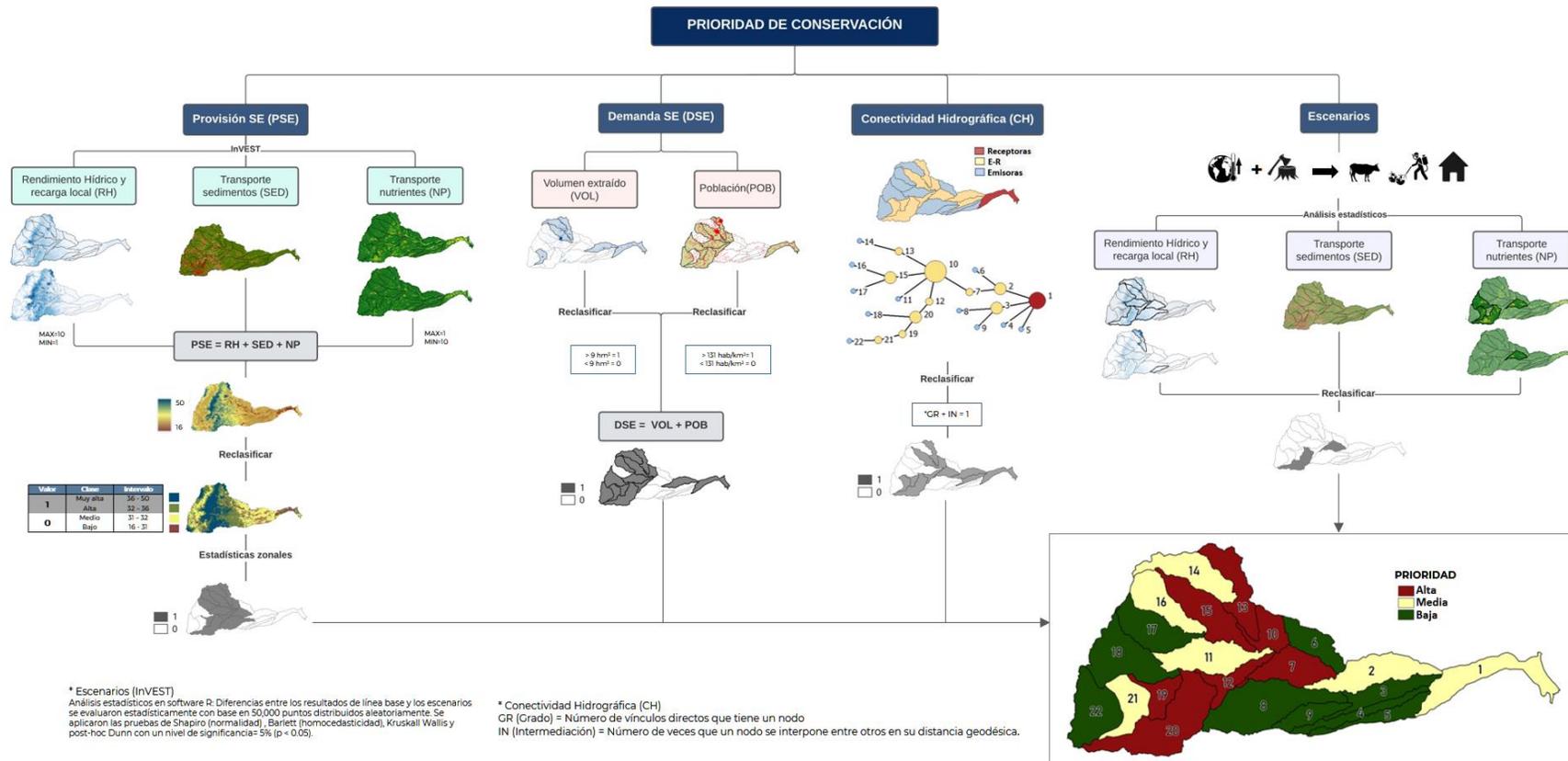


Fig. 32. Esquema de integración y análisis para la priorización territorial: identificación de subcuencas prioritarias para la implementación de acciones de restauración o rehabilitación en la cuenca del RLA.

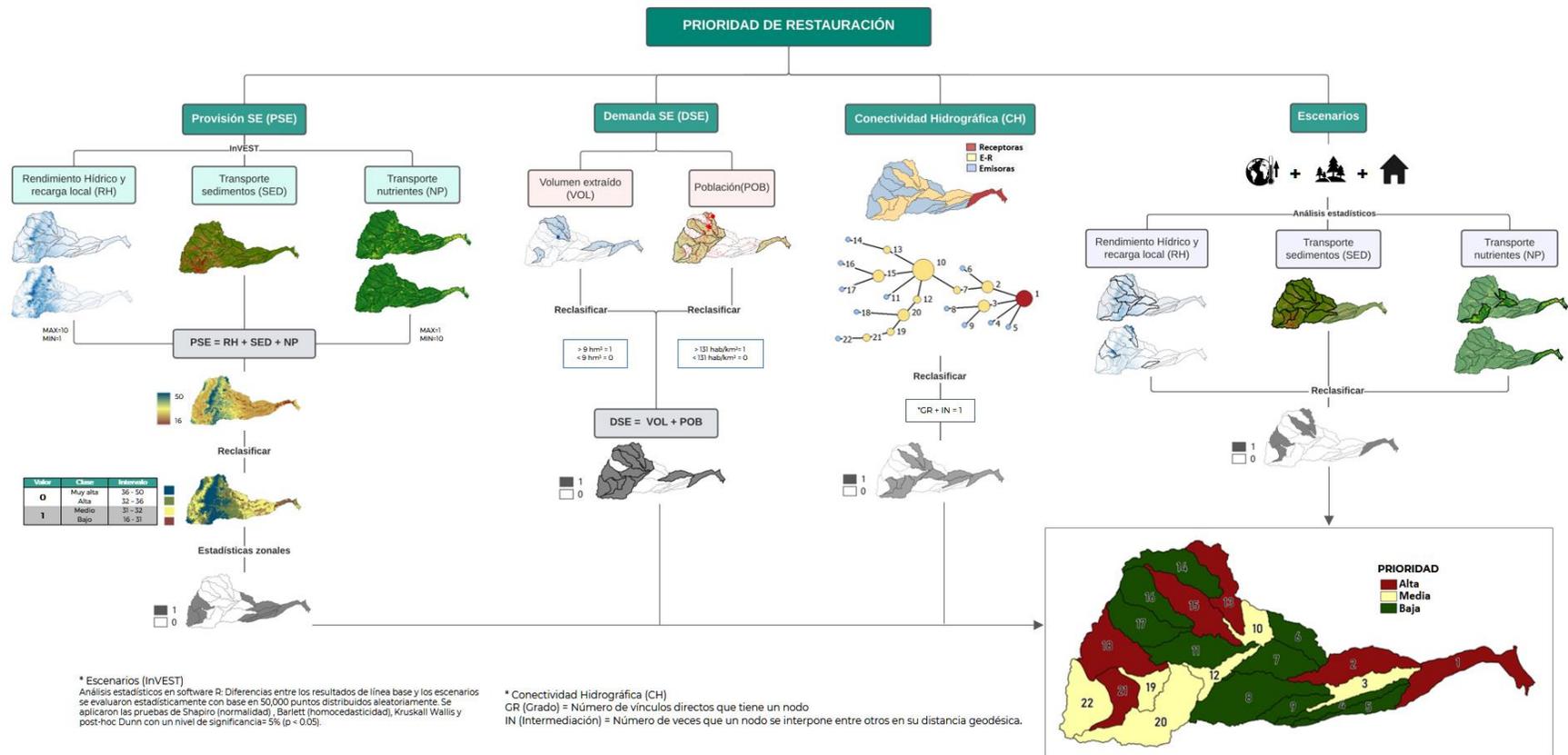
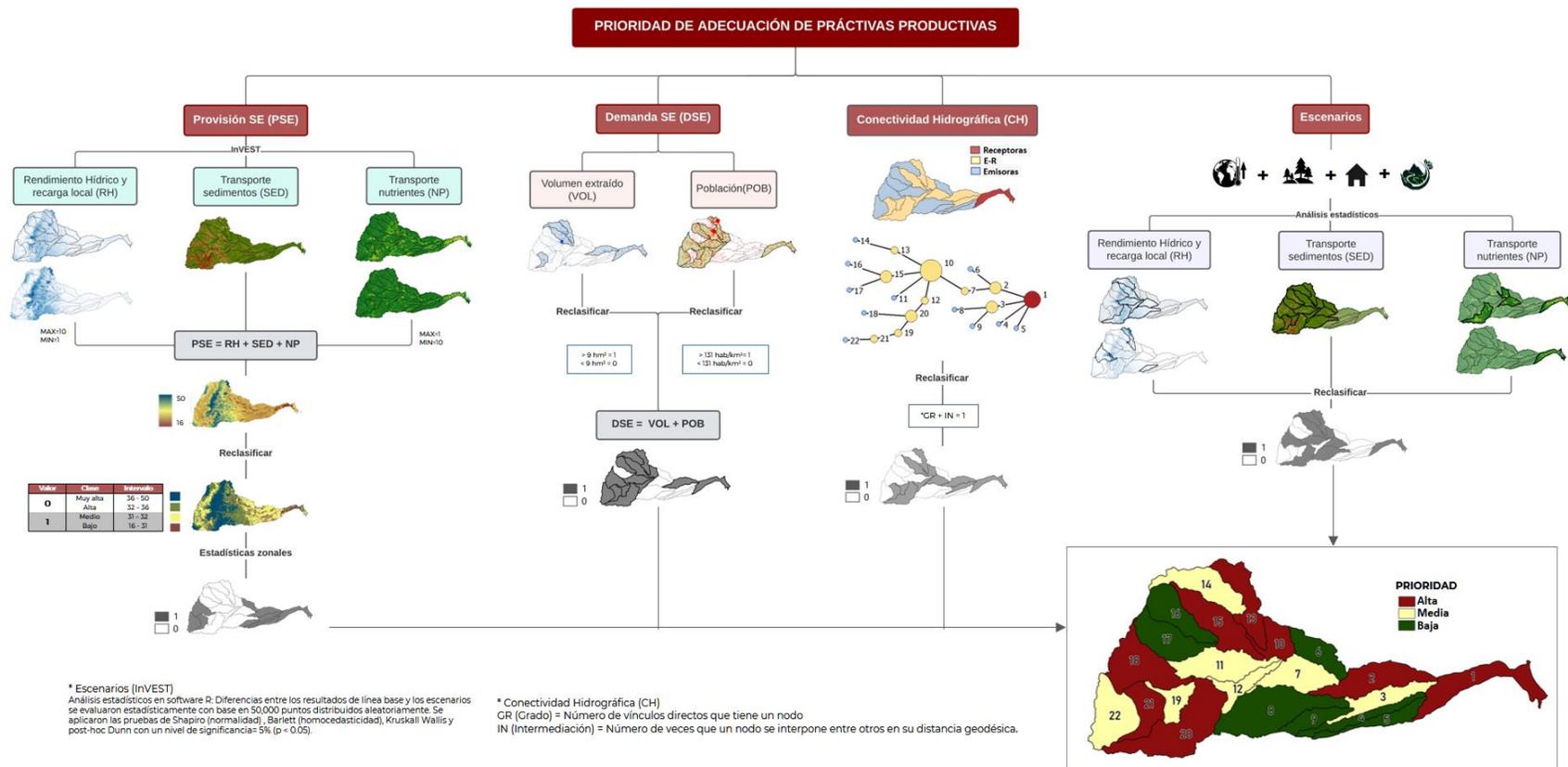


Fig. 33. Esquema de integración y análisis para la priorización territorial: identificación de subcuencas prioritarias para la implementación de acciones de restauración o rehabilitación en la cuenca del RLA.



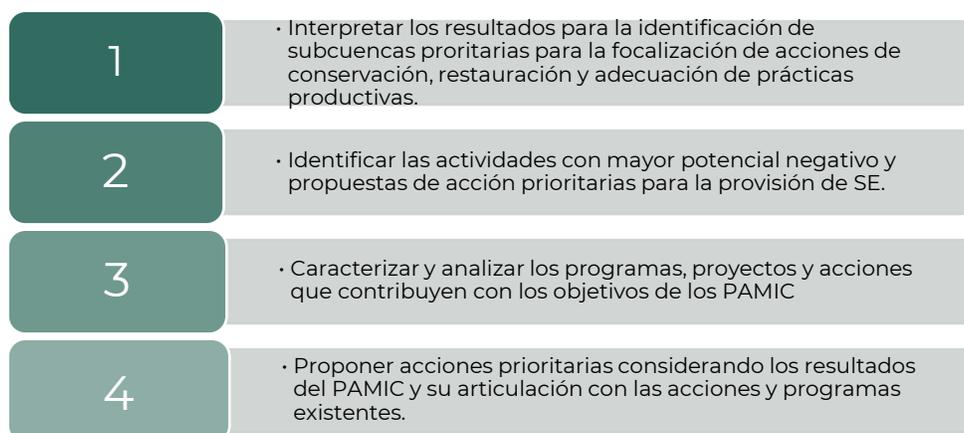
9. Agenda ambiental

Los PAMIC son instrumentos que identifican y analizan las características socio-ecológicas e interconexiones entre las subcuencas, con base en la relación de la oferta-demanda de SE que son fundamentales para el bienestar humano y el manejo integral de los recursos hídricos, como la cantidad y calidad de agua relacionada con la disponibilidad superficial y subterránea, el transporte de nutrientes, la regulación de flujos y el control de la erosión hídrica (FAO, 2016).

Un enfoque de **corresponsabilidad social y territorial** para la protección de ecosistemas y el mantenimiento de sus SE a nivel de cuenca hidrográfica es fundamental para analizar las posibles compensaciones derivadas de las externalidades tanto positivas como negativas, las cuales se asocian con los flujos de agua que transcurren desde las partes más altas de la cuenca hasta su desembocadura en las partes más bajas. Asimismo, los cambios en la provisión de SE pueden tener impactos diferenciados entre los individuos que conforman una comunidad, debido a que el acceso y la gestión de los recursos podría estar determinado por acuerdos locales, tipos de tenencia de la tierra, género, etnicidad, condición social o contexto cultural (Daw et al., 2011).

Con base en lo anterior, en este último apartado se generan las bases para la construcción de una agenda ambiental, la cual tiene como objetivo fortalecer los procesos de gobernanza y la toma de decisiones en la planeación territorial para la provisión y mantenimiento de los SE, considerando una participación corresponsable o de responsabilidad compartida a partir de los siguientes pasos (Fig. 34):

Fig. 34. Esquema metodológico para la construcción de la agenda ambiental de los PAMIC.



9.1. Priorización territorial

9.1.1 Actividades de conservación

La priorización territorial para focalizar actividades de conservación en las cuencas se refiere a la identificación y evaluación de subcuencas que requieren atención a corto plazo para garantizar la protección y mantenimiento de la estructura, procesos biofísicos y funciones de los ecosistemas.

En la cuenca del RLA, las siete subcuencas con mayor prioridad para focalizar actividades de conservación son Tlaltetela (Tlaltetela y Pinillos) (ID. 7 y 12), Tuzamapan (ID. 10), Xalapa-Enríquez (ID. 13), San Marcos de León (ID. 15), Tozihic (ID. 19) y Chichiquila (ID 20). La priorización de estas subcuencas es el resultado del análisis e integración de los siguientes elementos (Tabla 20, Fig. 35):

- Alta provisión de SE: subcuencas con mayor rendimiento hídrico y menores tasas en la cantidad estimada de sedimentos y nutrientes.
- Alta demanda: subcuencas con los volúmenes más altos de extracción de agua superficial y subterránea y, mayor densidad poblacional.
- Alta conectividad hidrográfica: subcuencas con mayor vinculación en función de la red de drenaje superficial.
- Alta probabilidad de impactos ante **escenarios de cambio climático y cambios de uso de suelo y vegetación** (simulación en el aumento de la frontera agrícola y pecuaria, incluyendo zonas urbanas): subcuencas con diferencias estadísticamente significativas en comparación con los resultados de línea base.

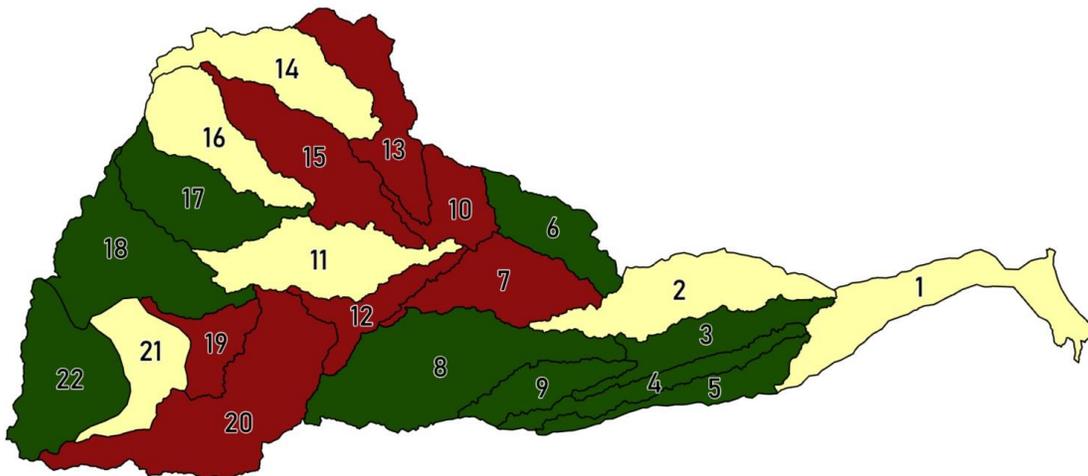
Tabla 20. Descripción de las subcuencas con alta prioridad para llevar a cabo actividades de conservación en la cuenca del RLA. Valores de interpretación del ICSE y brecha de género: 1 (condiciones menos favorables) a cero (condiciones más favorables).

| ID | Subcuenca | ICSE | Brecha de género | Municipios de incidencia | Porcentaje (%) del municipio dentro de la subcuenca | Porcentaje (%) de la subcuenca |
|----|-------------------------|------|------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
| 7 | Tlaltetela (Tlaltetela) | 0.48 | 0.54 | Tlaltetela | 23.73% | 68.16% |
| | | | | Jalcomulco | 35.89% | 26.99% |
| | | | | Coatepec | 2.31% | 4.84% |
| | | | | Apazapan | 0.003% | 0.00% |
| 10 | Tuzamapan | 0.03 | 0.03 | Coatepec | 23.77% | 85.53% |
| | | | | Teocelo | 9.17% | 9.92% |
| | | | | Tlaltetela | 0.26% | 1.29% |
| | | | | Emiliano Zapata | 0.44% | 3.27% |
| 12 | Tlaltetela (Pinillos) | 0.35 | 0.62 | Cosautlán de Carvajal | 36.92% | 55.48% |
| | | | | Tlaltetela | 6.98% | 38.04% |
| | | | | Teocelo | 5.43% | 6.48% |
| 13 | | 0.11 | 0.06 | Coatepec | 23.91% | 49.83% |



| ID | Subcuenca | ICSE | Brecha de género | Municipios de incidencia | Porcentaje (%) del municipio dentro de la subcuenca | Porcentaje (%) de la subcuenca |
|-----------|---------------------------|-------|------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
| | Xalapa-Enríquez | | | Xalapa | 22.22% | 28.53% |
| | | | | Tlalnahuayocan | 51.74% | 19.57% |
| | | | | Acajete | 1.93% | 1.94% |
| | | | | Emiliano Zapata | 0.03% | 0.13% |
| 15 | San Marcos de León | 0.28 | 0.15 | Xico | 33.80% | 49.97% |
| | | | | Coatepec | 23.67% | 39.54% |
| | | | | Teocelo | 20.88% | 10.49% |
| 19 | Tozihuic | 0.52 | 0.74 | Quimixtlán | 26.74% | 93.96% |
| | | | | Chichiquila | 2.08% | 4.77% |
| | | | | Ixhuacán de los Reyes | 0.38% | 1.19% |
| | | | | Chilchotla | 0.03% | 0.08% |
| | | | | Ayahualulco | 0.001% | 0.00% |
| 20 | Chichiquila | 0.61 | 0.55 | Chichiquila | 85.92% | 46.48% |
| | | | | Quimixtlán | 35.31% | 29.20% |
| | | | | Tlaltetela | 5.46% | 7.50% |
| | | | | Ixhuacán de los Reyes | 9.98% | 7.40% |
| | | | | Huatusco | 3.69% | 3.71% |
| | | | | Tlachichuca | 1.51% | 3.16% |
| | | | | Cosautlán de Carvajal | 5.94% | 2.25% |
| | | | | Chilchotla | 0.41% | 0.30% |
| | Calchahualco | 0.02% | 0.01% | | | |

Fig. 35. Mapa de priorización territorial a nivel de subcuenca para la focalización de acciones de conservación en la cuenca La Antigua.



9.1.2. Actividades de restauración

Las acciones de restauración o rehabilitación enfocadas a maximizar los servicios ecosistémicos requieren de una planificación a nivel regional para lograr impactos significativos en el funcionamiento de los ecosistemas (Comín et al., 2018). Dado que los recursos financieros para llevar a cabo proyectos de restauración o rehabilitación ecológica a gran escala suelen ser limitados, es fundamental priorizar las áreas críticas para mejorar el suministro de múltiples SE.

Las seis subcuencas con mayor prioridad para focalizar acciones de restauración o rehabilitación ecológica en la cuenca el RLA son: Cabezas (ID. 1), Rinconada (ID. 2), Xalapa-Enríquez (ID. 13), San Marcos de León (ID. 15), Ixhuacán de los Reyes (ID. 18) y Quimixtlán. Las regiones priorizadas representan a las subcuencas con las siguientes características (Tabla 21, Fig. 36):

- Baja provisión de SE: subcuencas con menores tasas de rendimiento hídrico y mayor susceptibilidad al transporte de sedimentos y nutrientes.
- Alta demanda de SE: subcuencas con los volúmenes más altos de extracción de agua superficial y subterránea y, mayor densidad poblacional
- Alta conectividad hidrográfica: subcuencas con mayor vinculación en función de la red de drenaje superficial.
- Alta probabilidad de impactos ante escenarios de cambio climático y cambios de uso de suelo y vegetación (simulaciones en el aumento de la frontera agrícola y pecuaria, además del establecimiento de posibles franjas de vegetación y aumento del manglar): subcuencas con diferencias estadísticamente significativas en comparación con los resultados de línea base.

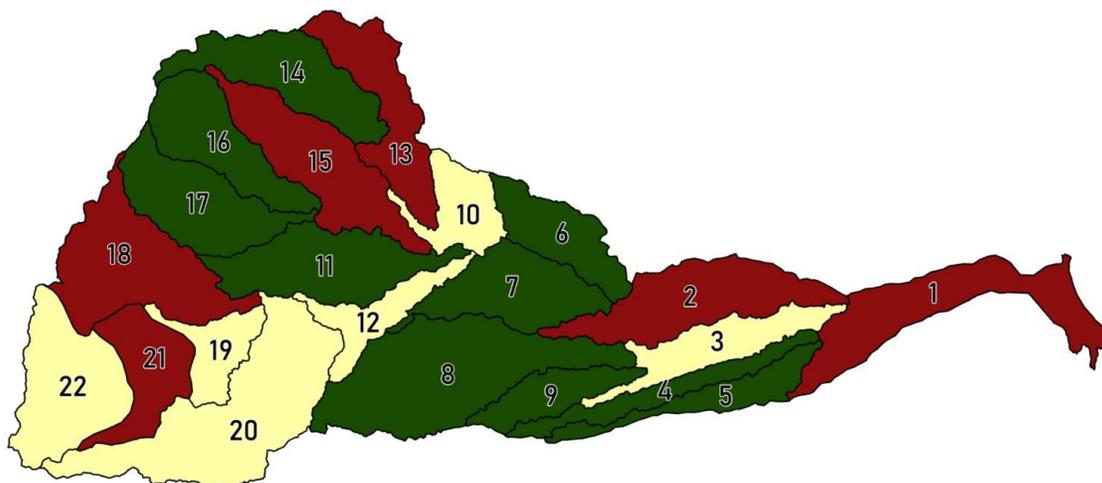
Tabla 21. Descripción de las subcuencas con alta prioridad para llevar a cabo actividades de restauración en la cuenca del RLA. Valores de interpretación del ICSE y brecha de género: 1 (condiciones menos favorables) a cero (condiciones más favorables).

| ID | Subcuenca | ICSE | Brecha de género | Municipios de incidencia | Porcentaje (%) del municipio dentro de la subcuenca | Porcentaje (%) de la subcuenca |
|----|-----------------|------|------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | Cabezas | 0.43 | 0.54 | Puente Nacional | 15.57% | 46.12% |
| | | | | La Antigua | 28.29% | 28.64% |
| | | | | Paso de Ovejas | 8.40% | 25.14% |
| 2 | Rinconada | 0.42 | 0.48 | Apazapan | 72.57% | 40.07% |
| | | | | Tlaltetela | 9.65% | 21.86% |
| | | | | Emiliano Zapata | 4.66% | 15.81% |
| | | | | Puente Nacional | 3.94% | 12.36% |
| | | | | Jalcomulco | 16.70% | 9.91% |
| 13 | Xalapa-Enríquez | 0.11 | 0.06 | Coatepec | 23.91% | 49.83% |
| | | | | Xalapa | 22.22% | 28.53% |



| ID | Subcuenca | ICSE | Brecha de género | Municipios de incidencia | Porcentaje (%) del municipio dentro de la subcuenca | Porcentaje (%) de la subcuenca |
|----|-----------------------|------|------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
| | | | | Tlalnelhuayocan | 51.74% | 19.57% |
| | | | | Acajete | 1.93% | 1.94% |
| | | | | Emiliano Zapata | 0.03% | 0.13% |
| 15 | San Marcos de León | 0.28 | 0.15 | Xico | 33.80% | 49.97% |
| | | | | Coatepec | 23.67% | 39.54% |
| | | | | Teocelo | 20.88% | 10.49% |
| 18 | Ixhuacán de los Reyes | 0.73 | 0.66 | Ayahualulco | 47.17% | 55.92% |
| | | | | Ixhuacán de los Reyes | 26.13% | 26.82% |
| | | | | Chilchotla | 8.40% | 8.40% |
| | | | | Lafragua | 5.29% | 6.53% |
| | | | | Quimixtlán | 2.03% | 2.33% |
| 21 | Quimixtlán | 0.57 | 0.75 | Quimixtlán | 31.10% | 70.73% |
| | | | | Chilchotla | 14.74% | 29.27% |

Fig. 36. Mapa de priorización territorial a nivel de subcuenca para la focalización de acciones de restauración en la cuenca La Antigua.



9.1.3. Adecuación de prácticas productivas

La identificación y evaluación de áreas prioritarias para la adecuación de prácticas productivas requiere de un enfoque integral y participativo que considere los impactos potenciales socio-ecológicos, la importancia de la actividad productiva y las posibles alternativas de manejo sostenible en la región.

En la cuenca del RLA, las áreas prioritarias para focalizar acciones de adecuación de prácticas productivas se centran principalmente en el sector agropecuario. Las subcuencas prioritarias de Cabezas (ID. 1), Rinconada (ID. 2), Tuzamapan (ID.



10), Xalapa-Enríquez (ID. 13), San Marcos de León (ID. 15), Ixhuacán de los Reyes (ID. 18), Chichiquila (ID. 20) y Quimixtlán (ID. 21) representan regiones que integran las siguientes características:

- Baja provisión de SE: subcuencas con menores tasas de rendimiento hídrico y mayor susceptibilidad al transporte de sedimentos y nutrientes.
- Alta demanda de SE: subcuencas con los volúmenes más altos de extracción de agua superficial y subterránea y, mayor densidad poblacional
- Alta conectividad hidrográfica: subcuencas con mayor vinculación en función de la red de drenaje superficial.
- Alta probabilidad de impactos ante **escenarios de cambio climático y cambios de uso de suelo y vegetación** (simulaciones en la disminución de las cargas de nutrientes, en conjunto con la implementación de prácticas de conservación de suelos): subcuencas con diferencias estadísticamente significativas en comparación con los resultados de línea base.

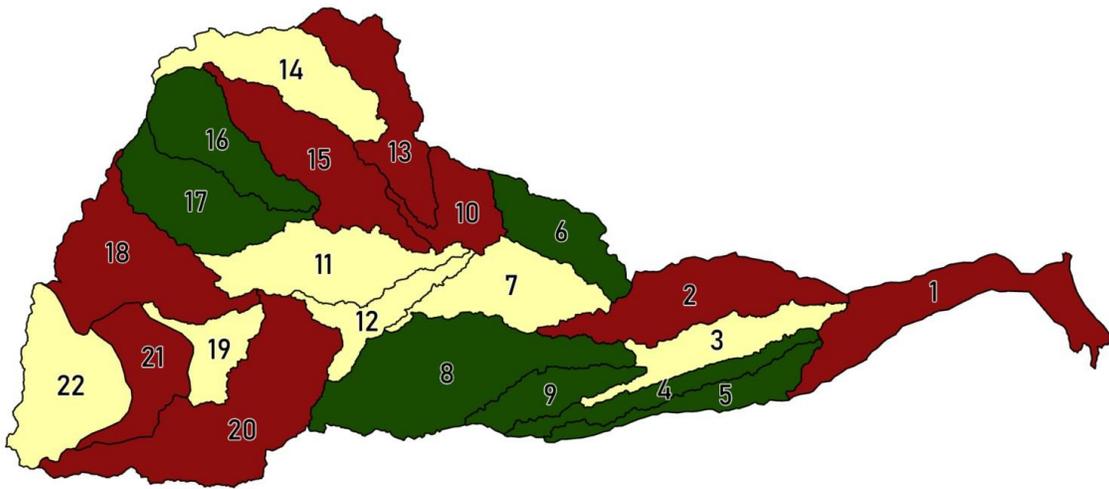
Tabla 22. Descripción de las subcuencas con alta prioridad para focalizar actividades de adecuación de prácticas productivas en la cuenca del RLA. Valores de interpretación del ICSE y brecha de género: 1 (condiciones menos favorables) a cero (condiciones más favorables). * Municipios con los niveles más altos de vulnerabilidad de la producción ganadera al cambio climático.

| ID | Subcuenca | ICSE | Brecha de género | Municipios de incidencia | Porcentaje (%) del municipio dentro de la subcuenca | Porcentaje (%) de la subcuenca |
|----|--------------------|------|------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | Cabezas | 0.43 | 0.54 | Puente Nacional | 15.57% | 46.12% |
| | | | | La Antigua* | 28.29% | 28.64% |
| | | | | Paso de Ovejas* | 8.40% | 25.14% |
| 2 | Rinconada | 0.42 | 0.48 | Apazapan* | 72.57% | 40.07% |
| | | | | Tlaltetela* | 9.65% | 21.86% |
| | | | | Emiliano Zapata | 4.66% | 15.81% |
| | | | | Puente Nacional | 3.94% | 12.36% |
| | | | | Jalcomulco | 16.70% | 9.91% |
| 10 | Tuzamapan | 0.03 | 0.03 | Coatepec | 23.77% | 85.53% |
| | | | | Teocelo | 9.17% | 9.92% |
| | | | | Emiliano Zapata | 0.44% | 3.27% |
| | | | | Tlaltetela* | 0.26% | 1.29% |
| 13 | Xalapa-Enríquez | 0.11 | 0.06 | Coatepec | 23.91% | 49.83% |
| | | | | Xalapa | 22.22% | 28.53% |
| | | | | Tlalnahuayocan | 51.74% | 19.57% |
| | | | | Acajete* | 1.93% | 1.94% |
| | | | | Emiliano Zapata | 0.03% | 0.13% |
| 15 | San Marcos de León | 0.28 | 0.15 | Xico | 33.80% | 49.97% |
| | | | | Coatepec | 23.67% | 39.54% |
| | | | | Teocelo | 20.88% | 10.49% |



| ID | Subcuenca | ICSE | Brecha de género | Municipios de incidencia | Porcentaje (%) del municipio dentro de la subcuenca | Porcentaje (%) de la subcuenca |
|----|-----------------------|------|------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
| 18 | Ixhuacán de los Reyes | 0.73 | 0.66 | Ayahualulco | 47.17% | 55.92% |
| | | | | Ixhuacán de los Reyes | 26.13% | 26.82% |
| | | | | Chilchotla* | 8.40% | 8.40% |
| | | | | Lafragua | 5.29% | 6.53% |
| | | | | Quimixtlán* | 2.03% | 2.33% |
| 20 | Chihiquila | 0.61 | 0.55 | Chihiquila | 85.92% | 46.48% |
| | | | | Quimixtlán* | 35.31% | 29.20% |
| | | | | Tlaltetela* | 5.46% | 7.50% |
| | | | | Ixhuacán de los Reyes | 9.98% | 7.40% |
| | | | | Huatusco | 3.69% | 3.71% |
| | | | | Tlachichuca | 1.51% | 3.16% |
| | | | | Cosautlán de Carvajal | 5.94% | 2.25% |
| | | | | Chilchotla* | 0.41% | 0.30% |
| 21 | Quimixtlán | 0.57 | 0.75 | Quimixtlán* | 31.10% | 70.73% |
| | | | | Chilchotla* | 14.74% | 29.27% |
| | | | | | | |

Fig. 37. Mapa de priorización territorial a nivel de subcuenca para la focalización de acciones de adecuación de prácticas productivas en la cuenca del RLA.



9.2. Actividades con mayor impacto potencial negativo y propuesta de acción prioritarias para la provisión y mantenimiento de los servicios ecosistémicos (SE)

El proceso de planeación e implementación del componente participativo en los PAMIC promueve la incorporación de la visión territorial de las personas que residen en las cuencas. Particularmente, en la cuenca del RLA se llevaron a cabo dos talleres participativos (ANEXO 5).

El primer taller se llevó a cabo en el 13 de abril de 2022 y contó con la presencia de 17 personas (nueve mujeres y ocho hombres) representantes de 11 Organizaciones Legalmente Constituidas (OLLC). Las personas participantes identificaron las siguientes actividades con mayor impacto potencial negativo en el suministro de SE:

1. Extracción de agua (superficial o subterránea).
2. Deforestación.
3. Uso de herbicidas con glifosato.
4. Uso de fertilizantes químicos.
5. Contaminación por residuos sólidos

Durante este taller, también se reflexionó en torno al poder de decisión de las mujeres sobre los recursos naturales desde el nivel doméstico al regional. De manera general, se identificó que las mujeres son las que enfrentan con mayor frecuencia los impactos en el ámbito doméstico, por ejemplo, al tener que dedicar más tiempo a las labores diarias para compensar la falta de agua u otro tipo de recursos.

El segundo taller participativo se llevó a cabo el 19 de agosto de 2022, en coordinación con los vocales representantes del Consejo de Cuenca (CCu) Tuxpan al Jamapa y de sus Órganos Auxiliares. Los CCu son órganos colegiados que representan foros de interlocución entre representantes de usuarios de aguas nacionales, algunos sectores sociales (principalmente academia y organizaciones de la sociedad civil), gobiernos estatales y municipales y, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para discutir y atender temas en torno a la gestión integral del agua, por lo que su participación en el desarrollo de los PAMIC es fundamental en el proceso de apropiación y consolidación de este instrumento a nivel institucional.

El objetivo principal del taller consistió en identificar y priorizar las actividades de conservación, restauración y adecuación de prácticas que se podrían promover en la cuenca para mejorar la provisión de SE en la cuenca La Antigua. La Tabla 26 describe las actividades prioritarias identificadas por las personas participantes (nueve hombres y seis mujeres).



Tabla 23. Listado de actividades prioritarias para la conservación, restauración y adecuación de prácticas productivas (agroforestería y ganadería) identificadas por las personas participantes durante el segundo taller PAMIC de la cuenca del RLA.

| Conservación y restauración | Agroforestería | Ganadería sustentable |
|--|---|--|
| <p>1. Establecer zonas de conservación de bosques o pastizales nativos.</p> <p>2. Conservar y restaurar el suelo, incluyendo zonas agrícolas (p. ej. establecimiento de árboles para la recuperación de suelos, cercos vivos, terrazas, cultivos en laderas siguiendo curvas a nivel, cortinas rompevientos).</p> <p>3. Prevención, combate y manejo del fuego (p.ej. capacitación y equipamiento de brigadas y establecimiento de brechas cortafuego).</p> <p>4. Establecer áreas de restauración, reforestación, aforestación y/o mejoramiento de la vegetación en sistemas riparios.</p> <p>5. Restaurar, aforestar, reforestar, y/o mejorar la vegetación con especies nativas, incluyendo parches de vegetación para mejorar conectividad.</p> <p>6. Restaurar, aforestar, reforestar, y/o mejorar la vegetación de los humedales, manantiales o manglares.</p> | <p>1. Establecer o fortalecer cultivos bajo sombra (p.ej. cacao, café).</p> <p>2. Establecer y fortalecer manejo forestal comunitario maderable y no maderable.</p> <p>3. Implementar mejores prácticas agrícolas: diversificación y rotación de cultivos; selección y cultivo de variedades y razas adaptadas localmente y con menores requerimientos y mayor productividad; cultivos multianuales y de cobertura.</p> <p>4. Reducir el uso de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas inorgánicos/químicos para promover la capacitación y establecimiento de sistemas para la producción local de insumos orgánicos (p.ej. biofertilizantes, bioplaguicidas, composta bocashi).</p> | <p>1. Establecer y manejar de manera integral los corredores biológicos articulados (reforestación, fragmentos forestales, franjas riparias, áreas continuas de pastizales nativos) al interior y entre los predios ganaderos.</p> <p>2. Establecer y distribuir de manera estratégica obras de captación de agua (p.ej. cosecha de lluvia, bebederos, líneas de conducción, jagüeyes, tanques de almacenamiento) y saladeros para el aprovechamiento del forraje y agua, incluyendo el mejoramiento del hábitat de la fauna silvestre.</p> <p>3. Reforestar, restaurar y/o establecer cercado de exclusión para el ganado en áreas riparias, manantiales, áreas de conservación, de restauración de degradadas.</p> <p>4. Establecer árboles dispersos en pastizales o cercas vivas multipropósito (barreras naturales contra el viento, árboles frutales o forrajeros, corredores biológicos) en potreros.</p> |



9.3. Programas de conservación, restauración y adecuación de prácticas productivas identificados en la cuenca del RLA

El objetivo de este apartado es identificar y fortalecer la articulación de acciones prioritarias con base en un análisis de redes de los programas y proyectos relacionados con la promoción o implementación de actividades de conservación, restauración y adecuación de prácticas productivas que se llevan a cabo en los municipios de incidencia de la cuenca del RLA. En la Tabla 24 se presenta un resumen de los programas y proyectos reportados en 2022 a partir de información obtenida en los talles y a través de diferentes fuentes de información pública. La descripción general de cada uno de estos programas se puede consultar en el ANEXO 3.

El sociograma derivado del análisis de redes, que incluyó un total 37 programas o proyectos, indica que el municipio con mayor número de proyectos registrados hasta el 2022 es Xalapa (13 proyectos), seguido de Xico (9), Coatepec (9) y Perote (6). Por el contrario, los municipios que reportan solo un proyecto son Puente Nacional y Totutla, mientras que los municipios de Apazapan, Chichiquila y Tenampa no registran ningún proyecto vigente en la cuenca del RLA. Los resultados del análisis, también permiten identificar que los programas o proyectos con mayor presencia en los municipios de la cuenca del RLA son SCALL, PADFS, CONECTA, BORDOS y OE-XAL (Tabla 24, Fig. 38).

Algunos programas de la Secretaría del Bienestar, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca, (SEDARPA) y Secretaría del Medio Ambiente del estado de Veracruz (SEDEMA) se identificaron a nivel federal o estatal pero no se incluyen en el análisis de redes al no especificar el municipal o localidad de incidencia (ANEXO 3).

Tabla 24. Listado de programas y proyectos que contribuyen con los objetivos y alcances del PAMIC en los municipios de incidencia de la cuenca del RLA.

| Institución o fuente | Programas o proyectos ¹ | Municipios ² |
|--|---|---|
| CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) | 1. PROCODES. Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible. | Perote Xico |
| CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) | 2. PADFS. Programa apoyos para el desarrollo forestal sustentable con cinco componentes. | Acajete Ayahualulco Coatepec Cosautlán de Carvajal Ixhuacán de los Reyes Jalcomulco Paso de Ovejas Perote Teocelo Tlaltetela Xico |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial | 3. CONECTA. Conectando la Salud de las Cuencas con la Producción Ganadera y Agroforestal Sostenible (cinco subproyectos y tres Proveedores Locales de Asistencia Técnica-PLAT) | Acajete Coatepec Cosautlán de Carvajal Ixhuacán de los Reyes Jalcomulco Teocelo |



Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o fuente | Programas o proyectos ¹ | Municipios ² |
|--|---|--|
| | | Tlalnehuayocan Tlaltetela Xico |
| Programa Hídrico Regional (PHR 2021-2024). Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ³ | 4. AGUA-XAL. Construcción de nueva fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Xalapa y el área conurbada (AGUA-XAL) | Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 5. ESTU-XAL. Elaboración de estudios de preinversión para la nueva fuente abastecimiento Xalapa, Ver. | Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 6. FISE-COSA Fondo de infraestructura social estatal 2021. 7. FISE-ANT | Cosautlán de Carvajal La Antigua |
| PHR 2021-2024 | 8. RE-XAL. Recursos estatales 2021. | Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 9. OE-XAL. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Capital Xalapa | Acajete Coatepec Teocelo Tlalnelhuayocan Xico Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 10. OE-PE. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la cuenca Río Bobos y Solteros | Perote |
| PHR 2021-2024 | 11. RECICLÓN. Campañas de acopio múltiple de residuos (Reciclón) | Xalapa Tlalnelhuayocan Coatepec |
| PHR 2021-2024 | 12. CORR-XAL. Corredor Metropolitano Norte de Xalapa sobre cauce saneado del río Sedeño | Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 13. BORDOS. Elaborar un manual para la construcción de bordos en drenes naturales | Tlaltetela Totutla Puente Nacional Paso de Ovejas Perote. |
| PHR 2021-2024 | 14. PSAH-HUIT. Impulsar el reconocimiento de los servicios ambientales hidrológicos de las cuencas altas, y compensación económica de parte de quienes se benefician de ellos. Subcuenca del río Huitzilapan, edo de Puebla (Subunidad de planeación Tuxpan- Puebla) | Chilchotla |
| PHR 2021-2024 | 15. REF-CHIL. Reforestación en zonas prioritarias por Servicios Ambientales Hidrológicos en la subcuenca del río Huitzilapan, Puebla. | Chilchotla |
| PHR 2021-2024 | 16. SCALL. Programa piloto de cosecha de agua de lluvia en 15 cabeceras municipales de la cuenca alta del Río La Antigua en Veracruz y la cuenca alta del Río La Antigua en Puebla | Xalapa Perote Acajete Tlalnelhuayocan Coatepec Xico Teocelo Cosautlán Ixhuatlán de los Reyes Ayahualulco Chilchotla, Quimixtlán |
| PHR 2021-2024 | 17. RED-XICO. Fortalecimiento de Comités locales de agua y Red de promotores comunitarios de Xico. | Xico |
| PHR 2021-2024 | 18. REHA-JAL. Saneamiento del Río Pescados (Río Antigua) en el municipio de Jalcomulco | Jalcomulco |
| PHR 2021-2024 | 19. REHA-HUIT. Saneamiento del Río Huitzilapan y sus afluentes y demarcación física de la zona federal | Chilchotla Quimixtlán |



Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o fuente | Programas o proyectos ¹ | Municipios ² |
|----------------------|---|-----------------------------|
| PHR 2021-2024 | 20. RSU-COA. Centro de compostaje en la cabecera municipal de Coatepec y campañas de educación ambiental y de sensibilización y comunicación. | Coatepec |
| PHR 2021-2024 | 21. AGRO-XICO. Estrategias de transición agroecológica en subcuencas de Xico. | Xico |
| PHR 2021-2024 | 22. ECOTE. Fondo de ahorro cooperativo para proyectos de restauración ecológica, saneamiento y tratamiento para el cuidado del agua con ecotecnias en Xico, Jalcomulco y subcuenca Texizapan. | Xico Jalcomulco |
| PHR 2021-2024 | 23. PTAR-XAL. Construcción del Corredor Metropolitano Norte de Xalapa-Banderilla Red de atarjeas y colectores de aguas servidas y Construcción de la PTAR Norte (Chiltoyac). Concertado con CMAS. | Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 24. ANP-XAL. Conservación y mantenimiento del ANP estatal Parque lineal Sedeño Quetzalapan | Xalapa (área de influencia) |
| PHR 2021-2024 | 25. CMAS-XAL. Reducción de la ineficiencia comercial y física del organismo operador de agua de Xalapa CMAS | Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 26. REHA-ANT. Rescate de la salud del sistema de lagunas interdunarias entre la ciudad de Veracruz y Boca del Río hasta la Antigua. | La Antigua |
| PHR 2021-2024 | 27. RESI-ANT. Incrementar resiliencia de zonas conurbadas de la Cd. de Veracruz y Boca del Río y evitar inundaciones en zonas urbanas y rurales. | La Antigua |
| PHR 2021-2024 | 28. REHA-XAL. Programa continuo de educación ambiental, Vida Saludable y Comunitaria. (Desarrollo sustentable del río Sedeño "Lucas Martín") en Xalapa y Banderilla. | Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 29. CAP-XICO. Fortalecimiento de capacidades e instrumentos para el ordenamiento ecológico municipal y un ordenamiento de los asentamientos urbanos en Xico. | Xico |
| PHR 2021-2024 | 30. CSC-COA. Conformación del Comité de Cuenca de Coatepec. | Coatepec |
| PHR 2021-2024 | 31. EDU-COA. Programa de Educación Ambiental y proyecto piloto de un centro de compostaje contaminación del agua y su relación con el manejo de RSU y residuos de manejo especial y peligroso | Coatepec |
| PHR 2021-2024 | 32. COMU-COA. Campaña de comunicación sobre la contaminación del agua. Difusión y señalética con señalética para promover la defensa de los cuerpos de agua de Xalapa. | Coatepec Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 33. REG-XAL. Actualización de reglamentación de distintas instancias de los tres niveles de gobierno para la defensa de los cuerpos de agua y sus márgenes en el Municipio de Xalapa | Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 34. EGIRH-XAL. Potestad y adecuación de la reglamentación relativa a los cuerpos de agua en la demarcación de las zonas federales, estatales y municipales de Xalapa para establecer las condiciones de su defensa de parte de las instituciones relacionadas con la gestión del agua. | Xalapa |
| PHR 2021-2024 | 35. GIRH-JAL. Plan Maestro de Gestión Integral y Sustentable del agua para cuenca media y alta del Río La Antigua. (Jalcomulco) | Jalcomulco |
| PHR 2021-2024 | 36. PDM-PE. Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024 | Perote |
| PHR 2021-2024 | 37. REST-HUIT. Demarcación física de zonas federales para el monitoreo y saneamiento del Río Huitzilapan y sus afluentes. | Chilchotla Quimixtlán |

¹ Acrónimos (resaltados en negritas) de los proyectos y programas incluidos en el análisis de redes (Fig. 38)

² El listado está acotado a los municipios con incidencia en la cuenca del RLA. Los programas o proyectos podrían estar presente en otros municipios fuera el límite de

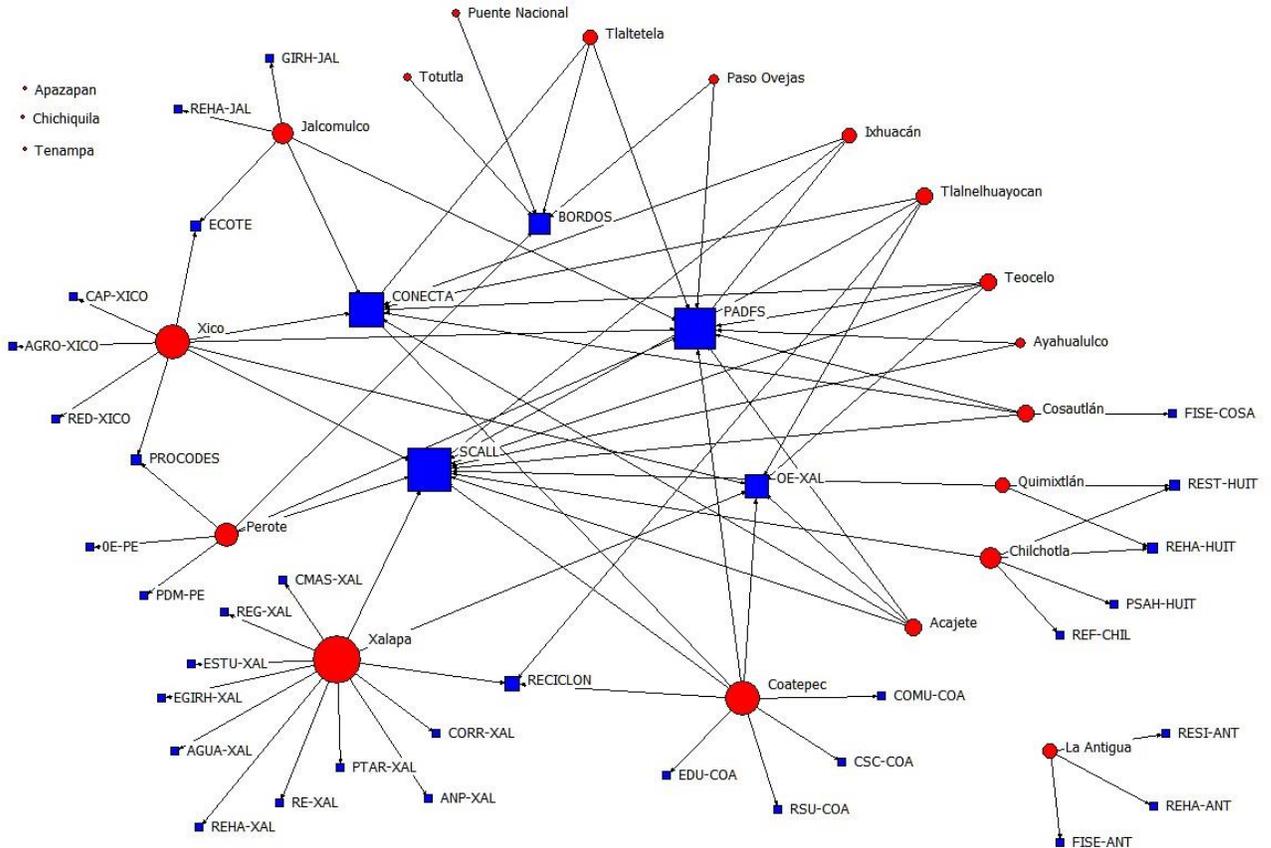
la cuenca. La información detallada se deberá consultar directamente de las fuentes de información.

³ Proyectos y programas que contribuyen de manera clara y directa al logro de los objetivos y metas nacionales del PHR (de la Región Hidrológica Administrativa X

Golfo Centro (2021-2024) (SEMARNAT-CONAGUA, 2021).



Fig. 38. Sociograma de instituciones con programas vigentes en 2022 (cuadrados en color azul) para los municipios de la cuenca RLA (círculos en color rojo). El tamaño de los nodos corresponde al índice de centralidad (número de vínculos directos).



9.4. Recomendaciones y focalización de acciones prioritarias en la cuenca del RLA

La agenda ambiental para la cuenca del RLA se elaboró a partir de la integración de los resultados del componente participativo y el componente técnico-científico (analítico-relacional). Este proceso permite la identificación de subcuencas prioritarias para focalizar acciones de conservación, restauración y/o adecuación de prácticas productivas de acuerdo con la oferta-demanda de SE, la conectividad hidrográfica y la probabilidad de impactos ante escenarios de cambio climático y de uso de suelo y vegetación.

En el PAMIC de la cuenca del RLA se analizaron y modelaron los siguientes SE asociados con actividades agropecuarias y agroforestales: 1) provisión de agua (superficial y subterránea); 2) control de tasas de erosión o transporte de sedimentos y 3) retención de nutrientes. De manera general, los resultados indican que el mayor rendimiento hídrico, asociado con el SE de provisión de agua, coincide principalmente con las subcuencas que presentan mayor cobertura de bosque mesófilo de montaña y bosques de coníferas. Por su parte,



las principales cargas de sedimentos, asociadas con los procesos de erosión hídrica del suelo, predominan en las subcuencas ubicadas al suroeste, en donde se presentan pendientes pronunciadas y un uso de suelo principalmente agrícola, con cultivos de maíz y diversos tipos de hortalizas. Los resultados también indican que las mayores cargas de nutrientes con potenciales impactos negativos en la calidad de los cuerpos de agua, coinciden con la distribución de los cultivos de caña y maíz, así como con zonas asociadas con altas concentraciones de fertilizantes aplicados a los cultivos de papa, café, limón y mango.

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 25 y Figura 39, se describen las subcuencas con mayor o menor prioridad de intervención con base en la integración de enfoques para focalizar actividades de conservación, restauración o adecuación de prácticas productivas. La tabla descriptiva incluye el listado y tipo de subcuenca, así como el cálculo de superficies (km²) de ANP, ADVC (SIGEIA-SEMARNAT, 2022) y áreas con esquemas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) registradas durante el periodo de 2018-2022 (SEMARNAT-CONAFOR, 2023). La subcuenca de San Marcos de León (ID. 15) resultó con la mayor prioridad para los tres enfoques, seguida de Xalapa-Enriquez (ID. 13) y Tuzamapan (ID. 10). En estas tres subcuencas, ubicadas al noroeste, también se identificaron áreas con PSA, ANP, ADVC o subproyectos CONECTA. Evaluar el estado actual de estas áreas para fortalecer esfuerzos, establecer sinergias y mantener un seguimiento a largo plazo, podría contribuir a conservar o mejorar la provisión de SE. Esto resultaría relevante considerando que estas tres subcuencas también presentan los valores más elevados de demanda, en términos de volúmenes de extracción de agua y densidad poblacional, y se destacan por su alta conectividad.

Las subcuencas de Rinconada (ID. 2) y Cabezas (ID. 1) ubicadas en la parte baja de la cuenca, se destacan como áreas de alta prioridad para focalizar actividades de restauración y adecuación de prácticas productivas. De acuerdo con los resultados, estas subcuencas presentan cargas significativas de nutrientes (N y P) relacionados principalmente con la influencia de actividades agrícolas y pecuarias. Además, en estas dos subcuencas la presencia de PSA y ANP es limitada.

Por otro lado, las subcuencas de Chichiquila (ID. 20) y Quimixtlan (ID. 21) resultaron con alta prioridad en dos de los tres enfoques del PAMIC. El mayor porcentaje de la superficie de estas subcuencas se ubica en el estado de Puebla. De acuerdo con los resultados de la modelación, estas subcuencas son esenciales en el mantenimiento del rendimiento hídrico, pero al mismo tiempo, exhiben cargas significativas en el transporte de sedimentos. Además, los resultados del ICSE y las brechas de género señalan la existencia de condiciones más desfavorables y diferencias más acentuadas en la población que reside en estas dos subcuencas, en las cuales, tampoco se identificaron estrategias orientadas a la conservación, restauración o adecuación de prácticas productivas.

En este contexto, es altamente recomendable llevar a cabo un análisis detallado de los procesos productivos, las dinámicas socioeconómicas, los intereses y los



retos específicos relacionados con la implementación o adaptación de estrategias específicas para la conservación, restauración y el manejo sustentable. Esto debe llevarse a cabo teniendo en cuenta el contexto socio ecológico, los recursos disponibles, la disposición de las partes interesadas y la viabilidad de las acciones.

Por último, es esencial fomentar la colaboración multisectorial y mejorar las sinergias entre diferentes actores para abordar de manera integral los desafíos y alcanzar los objetivos del PAMIC. En este contexto, el compendio y análisis de programas destinados a la conservación, restauración y adecuación de prácticas productivas en la cuenca del RLA deben mantenerse actualizados e incluir información sobre otros esfuerzos o estrategias locales en curso que contribuyan con los objetivos del PAMIC.

Además, sería recomendable promover o fortalecer mecanismos participativos con mayor representatividad, como los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares, con el propósito de revisar el progreso y los resultados de los proyectos, clasificarlos en función de sus enfoques y objetivos, y priorizarlos conforme a planes estratégicos locales con una visión a largo plazo.

Tabla 25. Descripción de las subcuencas ordenadas de acuerdo con su prioridad de intervención para focalizar actividades de conservación (**CON**), restauración (**RES**) o adecuación de prácticas productivas (APP). Tipo de subcuenca: Emisora (**E**), Receptora (**R**).

| ID | Subcuenca | Tipo de subcuenca | CON | RES | APP | PSA (km ²) | ANP (km ²) | ADVC (km ²) | Subproyectos CONECTA |
|----|-------------------------|-------------------|-------|-------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| 15 | San Marcos de León | E-R* | Alta | Alta | Alta | 4.58 | 0.08 | 0.06 | 3 |
| 13 | Xalapa-Enríquez | E-R* | Alta | Media | Alta | 0.46 | 19.65 | 0 | 2 |
| 10 | Tuzamapan | E-R* | Alta | Media | Alta | 0 | 0.08 | 0 | 1 |
| 2 | Rinconada | E-R* | Media | Alta | Alta | 7.52 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | Cabezas | R* | Media | Alta | Alta | 0 | 2.27 | 0 | 0 |
| 20 | Chichiquila | E-R* | Alta | Media | Alta | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | Quimixtlan | E-R* | Media | Alta | Alta | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Tlaltetela (Tlaltetela) | E-R* | Media | Media | Alta | 20.43 | 0 | 0 | 2 |
| 12 | Tlaltetela (Pinillos) | E-R* | Alta | Media | Media | 0.83 | 0 | 0 | 1 |
| 19 | Tozihuic | E-R* | Alta | Media | Media | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | Rancho Viejo | E | Media | Baja | Media | 13.58 | 24.57 | 0 | 2 |
| 18 | Ixhuacán de los Reyes | E | Baja | Media | Media | 0.01 | 1.74 | 0 | 2 |
| 11 | Teocelo | E | Media | Baja | Media | 0.5 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | Tlaltetela (Xotla) | E-R* | Baja | Media | Media | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | Rafael J. García | E | Baja | Media | Media | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | Xico | E | Media | Baja | Baja | 1.95 | 21.94 | 0 | 1 |
| 17 | Tonalaco | E | Baja | Baja | Baja | 0.11 | 11.32 | 0 | 0 |
| 6 | Estación Chavarrillo | E | Baja | Baja | Baja | 1.15 | 0 | 0 | 0 |



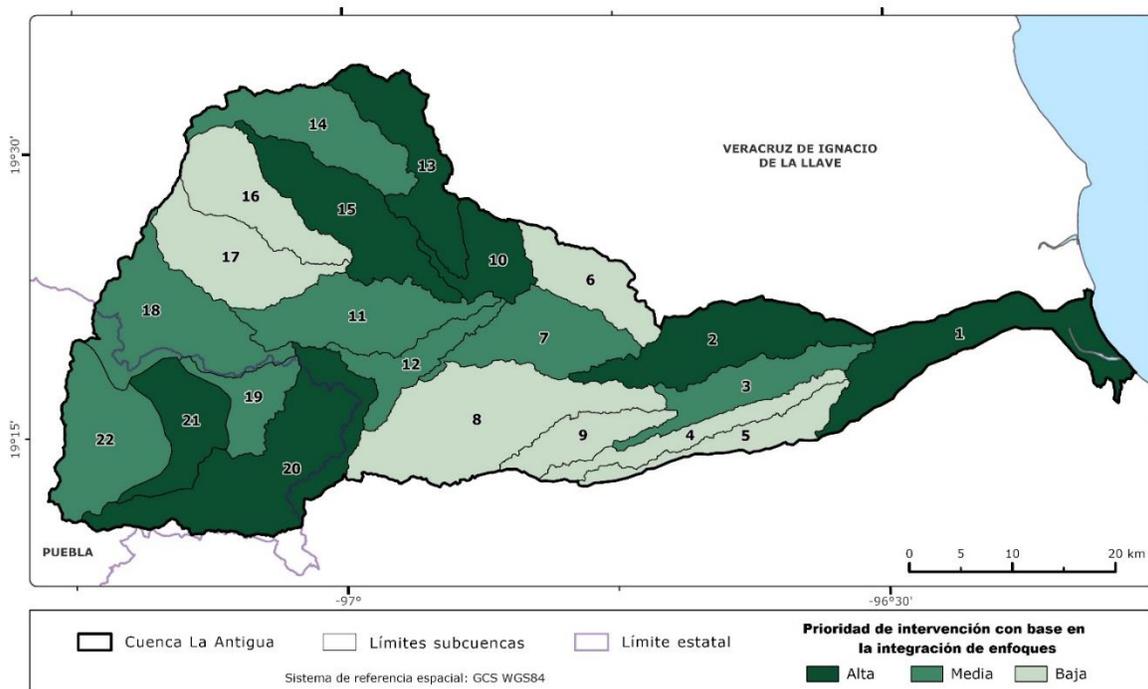
| | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---|------|------|------|---|------|---|---|
| 8 | Tlaltetela (Poxtla) | E | Baja | Baja | Baja | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Mata de Jobo | E | Baja | Baja | Baja | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Hato de la Higuera | E | Baja | Baja | Baja | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Tlacuatzintla | E | Baja | Baja | Baja | 0 | 0.08 | 0 | 0 |

* Subcuencas con mayor conectividad (grado e intermediación) de acuerdo con el análisis de redes.

PSA- Superficie de la cuenca del RLA con esquemas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) registrados del 2018-2022 (SEMARNAT-CONAFOR, 2023)

ANP y ADVC- Áreas Naturales Protegidas y Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (SIGEIA-SEMARNAT, 2022) Iniciativas del proyecto CONECTA impulsadas por el INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022-2025) (Anexo 3).

Fig. 39. Mapa de priorización de subcuencas con base en la integración de enfoques para focalizar actividades de conservación, restauración o adecuación de prácticas productivas en la cuenca del RLA.



10. Conclusiones y perspectivas a futuro

- La metodología actualizada de los PAMIC identifica y analiza las características socio-ecológicas e interconexiones entre las unidades territoriales (subcuencas) con base en la relación de oferta (provisión) y demanda (personas usuarias o beneficiaras) de servicios ecosistémicos (SE) relevantes, incorporando a su vez, escenarios de cambio climático y cambios potenciales de uso de suelo y vegetación. El proceso metodológico se describe con mayor detalle en la guía de los PAMIC con la finalidad de que se pueda replicar, adaptar o complementar con otros enfoques o herramientas de análisis (p.ej. valoración económica de SE o estudios de agua subterránea en cuencas áridas o semiáridas).
- El esquema de integración y análisis para la priorización territorial del PAMIC permite fortalecer la gestión integral de la cuenca del RLA a través de la focalización de acciones para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los elementos y bienes comunes que intervienen en la provisión y mantenimiento de SE relevantes para la funcionalidad del territorio. Estos resultados a nivel de subcuenca se complementaron con una caracterización socioeconómica que permitieron identificar la presencia de ciertos contextos marcados por desigualdades socioeconómicas y de género (p.ej. brechas de género en la distribución del trabajo no remunerado y en el acceso o control de recursos naturales, materiales, financieros e institucionales).
- Actualmente, la legislación federal relevante en materia ambiental y de desarrollo rural sustentable (DOF, 2018a, 2018b, 2012, 1988) reconoce la importancia de la perspectiva de género (PdG), la participación de las mujeres y la igualdad sustantiva para la preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. La PdG es una metodología para reconocer las diferentes necesidades y capacidades las personas con la finalidad de catalizar condiciones de igualdad entre hombres y mujeres; lo cual permite fortalecer los procesos de gobernanza para alcanzar mejores resultados ambientales y sociales a largo plazo. Considerando lo anterior y de manera complementaria a los resultados del PAMIC, en el ANEXO 4 se pueden consultar algunas recomendaciones específicas para la transversalización de la perspectiva de género en iniciativas de restauración, conservación y adecuación de prácticas productivas.
- La construcción de la agenda ambiental para la cuenca del RLA también incorpora la identificación de programas y proyectos que contribuyen con los objetivos y alcances del PAMIC para promover la articulación de acciones en las subcuencas prioritarias. Esto permitirá orientar y planificar siguientes etapas dentro del marco de acción de los programas y proyectos locales para vincular a los actores e instituciones con inversiones que tomen en cuenta la necesidad de generar un balance entre las necesidades de la sociedad y el mantenimiento de los SE en el presente y



futuro. En etapas subsecuentes, también será fundamental mantener actualizada la información y complementarla con la integración de nuevos programas y acciones que consideren la visión sistémica de los PAMIC y diferentes SE (p.ej. polinización, recreación, almacenamiento y captura de carbono), incluyendo otras fuentes de contaminación, actividades o eventos (p. ej. minería, turismo, tratamiento de aguas residuales, residuos sólidos) con impactos potenciales sobre los SE.

- Particularmente, la promoción e implementación de prácticas sustentables en el sector agrícola y ganadero, dependerá en gran medida de que, como sociedad, reconozcamos, valoremos y promovamos la conservación de los SE. Esto también requerirá de esfuerzos institucionales que incentiven prácticas productivas climáticamente inteligentes para el manejo integrado del paisaje.
- Los resultados generados a partir de la metodología, el conocimiento científico y la participación las personas en los talleres realizados en la elaboración del PAMIC, requieren ser compartidos y apropiados por las personas, instituciones y organizaciones locales en un proceso de participación activa. Este proceso de comunicación y difusión de los resultados permitirá determinar sus acciones, visiones y capacidades dentro de las subcuencas prioritarias, identificando su coincidencia con aquellas que se definan desde lo territorial y donde existan las capacidades para la promoción de acciones, partiendo de la comprensión con una mayor corresponsabilidad territorial.
- El proceso de apropiación, comunicación y difusión de los resultados del PAMIC también permitirá fortalecer procesos de democratización, inclusión, vinculación, empoderamiento y transparencia en la toma de decisiones y la implementación de las acciones que actualmente se impulsan territorialmente dentro de sus consejos de cuenca y órganos auxiliares, involucrando principalmente a grupos en situación de mayor vulnerabilidad (pueblos originarios, afroamericanos, mujeres, jóvenes y organizaciones en zonas de muy alta marginación), además de usuarios, vocales estatales y académicos.
- La interrelación existente entre los ecosistemas, sus SE y los sistemas sociales, productivos y económicos, debe reflejarse en instrumentos de planeación, en la selección de áreas prioritarias para la implementación de acciones y en la toma de decisiones para la distribución de los recursos con una clara estrategia de seguimiento, monitoreo y evaluación. Por lo que, a futuro, resulta fundamental establecer de manera conjunta con otras instituciones públicas o privadas, el diseño de una estrategia de seguimiento y monitoreo que evalúe la respuesta de las acciones propuestas para el mantenimiento o mejoramiento de los SE relacionados con las actividades agropecuarias y agroforestales a nivel de cuenca hidrográfica, con agendas ambientales que favorezcan el manejo



sustentable de los recursos hídricos inherentes a los sistemas socio-ecológicos.

- Los PAMIC representan una herramienta de diagnóstico, planeación y gestión del territorio que promueve un modelo dinámico e integral que analiza un sistema territorial complejo con base en sus dimensiones geográficas, biológicas, económicas y sociales; lo que permite identificar las posibles externalidades (tanto positivas como negativas) en el bienestar humano y de nuestros ecosistemas. No obstante, las personas encargadas de tomar decisiones deben definir de manera clara los objetivos y alcances, evaluar las características específicas de cada modelo en el contexto dado, y realizar una autoevaluación de sus recursos y habilidades técnicas para comprender y priorizar las necesidades particulares que se deben atender en cada una de las cuencas.



GLOSARIO

Adaptación al cambio climático. Medidas y ajustes para enfrentar los efectos potenciales del cambio climático y disminuir los daños que ocasiona. El IPCC también lo define como las iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático.

Anomalía climática. Desviación de una variable climática a partir de su valor promediado durante un período de referencia.

Asignación. Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para realizar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, a los municipios, a los estados o al Distrito Federal, destinadas a los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico.

Brechas de género. Son una medida estadística que muestra la diferencia respecto al valor de un mismo indicador para hombres y mujeres. Las brechas de género permiten describir la magnitud de la desigualdad entre hombres y mujeres respecto a acceso y control de recursos económicos, sociales, económicos, políticos, entre otros. Un ejemplo de brecha de género es la diferencia entre el porcentaje de población económicamente inactiva de mujeres y hombres.

Cambio climático. El cambio climático hace referencia a una variación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante períodos prolongados, generalmente décadas o períodos más largos. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) lo define como "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables".

Concesión de agua. Título que otorga el Ejecutivo Federal para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado.

Conectividad ecológica. Se refiere a la conexión física y funcional entre diferentes hábitats y paisajes que permite el movimiento de especies y la transferencia de energía y nutrientes. La conectividad ecológica es esencial para el mantenimiento de la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas frente a las perturbaciones naturales y antropogénicas.



Consejos de Cuenca. La Ley de Aguas nacionales (LAN) establece que los Consejos de Cuenca son órganos colegiados de integración mixta para la planeación, realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca o región hidrológica. Representan instancias de apoyo, concertación, consulta y asesoría entre la CONAGUA y los diferentes usuarios del agua en el país. En ellos convergen los tres órdenes de gobierno, los usuarios particulares y las organizaciones de la sociedad.

Cuenca hidrográfica. Es la unidad del territorio delimitada por un parteaguas o divisoria del agua superficial — línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad—, en donde transcurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna y otros recursos naturales.

Enfoque sistémico. Es un modelo conceptual que opera sobre los criterios de selección de elementos relevantes, ampliando el campo de significación, a fin de delimitar el objeto de estudio en función del conjunto de interrelaciones que mantiene con la totalidad de lo real y abordando intencionalmente, toda su complejidad.

Externalidades. Una externalidad ambiental se refiere a los efectos indirectos o impactos positivos o negativos que una actividad o proceso económico genera en los ecosistemas.

Gestión integral del agua. Proceso que promueve el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.

Ley de Aguas Nacionales (LAN). Ley reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación, de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Manejo Adaptativo. Proceso de experimentación, aprendizaje y mejora continua que incorpora la incertidumbre como componente fundamental. Se basa en la comprensión de los sistemas socio-ecológicos como complejos y dinámicos: en su administración y gestión siempre contamos con certezas e incertidumbre de diversa naturaleza.

Manejo Integrado del paisaje (MIP). Estrategia de gestión que busca optimizar la utilización de los recursos bioculturales de un territorio. El MIP se basa en la colaboración entre los diferentes actores que intervienen en el territorio (p. ej. los propietarios de tierras, las comunidades locales, las autoridades gubernamentales, las organizaciones de la sociedad civil) y en la gestión sostenible del paisaje, considerando principios de integración, participación, adaptabilidad y sostenibilidad.

Mitigación del cambio climático. Acciones para reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero a la atmósfera y aumentar su captura y almacenamiento.

Modelo hidrológico. Representación simplificada de un sistema real complejo, bajo principios físicos o matemáticos, el cual simula la evolución del almacenamiento y los flujos de agua, así como las propiedades químicas y físicas potencialmente asociadas en la superficie y el subsuelo.

Ordenamiento ecológico territorial (OET). Instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas con el fin de lograr la protección del ambiente, así como la preservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de estos.

Ordenamiento territorial. Política pública que tiene como objeto la ocupación y utilización racional del territorio como base espacial de las estrategias de desarrollo socioeconómico y la preservación ambiental.

Organismo de Cuenca. Unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente al titular de la CONAGUA, cuyas atribuciones se establecen en la LAN y sus reglamentos, y cuyos recursos y presupuesto específicos son determinados por la CONAGUA.

Órganos auxiliares de Consejos de Cuenca. Comisiones y comités subordinados de los consejos de cuenca que se constituyen con carácter temporal o permanente, a nivel de subcuenca y unidades hidrológicas de menor orden. Se forman para la atención de problemas que por su gravedad o complejidad requieren de acciones específicas o especializadas. Estas son: comisiones de cuenca, que trabajan a nivel de subcuenca; comités de cuenca, cuyo ámbito es la microcuenca; comités técnicos de aguas subterráneas (COTAS), que desarrollan sus actividades en el ámbito de los acuíferos, y comités de playas limpias, que promueven la gestión del agua en las zonas costeras. Asimismo, se conforman al interior de los consejos, los Grupos Especializados de Trabajo (GET) para la atención prioritaria de temas específicos.

Prácticas productivas climáticamente inteligentes. Soluciones propuestas para reorientar los sistemas productivos que soportan la seguridad alimentaria considerando los impactos del cambio climático. Estas actividades deben

considerar tres aspectos: 1) incrementar la sustentabilidad de estas actividades promoviendo equitativamente los ingresos, la seguridad alimentaria, el desarrollo económico y el desarrollo social de la población más vulnerable, 2) promover e incrementar la resiliencia ante el cambio climático desde lo local a lo nacional, y 3) reducir y/o evitar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Principio precautorio. Criterio enunciado en diversos tratados y declaraciones internacionales con el objetivo de exigir la adopción de medidas para evitar o reducir un riesgo sobre el cual prevalece incertidumbre científica.

Región hidrológica. Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos.

Sensitividad climática. Se refiere al calentamiento esperado a largo plazo después de duplicar las concentraciones de CO₂ atmosférico. Es uno de los indicadores más importantes de qué tan severos serán los impactos del calentamiento futuro. Este indicador es algo que surge de las simulaciones físicas y biogeoquímicas dentro de los modelos climáticos; no es algo que se establezca explícitamente por los grupos de modelación.

Servicios ecosistémicos. Son todas aquellas contribuciones, tanto positivas como negativas, derivadas de los sistemas naturales (p.ej. la diversidad de organismos, ecosistemas y sus procesos evolutivos y ecológicos asociados) que tienen efectos en la calidad de vida de las personas. En los marcos normativos de México, la LGEEPA define a los servicios ambientales como “los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para que proporcionen beneficios al ser humano”.

Unidades ambientales biofísicas. Unidad espacial que ofrece oportunidades para la identificación, la aplicación de opciones de manejo de los recursos naturales y son una herramienta base para la toma de decisiones durante el proceso de planeación. Estas unidades se derivan de la información biofísica y socioeconómica disponible y su dinámica está dada por las intervenciones humanas en el paisaje.

Unidades económicas. Establecimientos (desde una pequeña tienda hasta una gran fábrica) asentados en un lugar de manera permanente y delimitado por construcciones e instalaciones fijas, además se realiza la producción o comercialización de bienes y servicios.

Uso consuntivo. Es aquel en el que el agua, una vez usada, no se devuelve al medio donde se ha captado, ni de la misma manera que se ha extraído.

Uso no consuntivo. Corresponden a los usos que ocurren directamente de las fuentes de agua sin extracción o consumo del recurso (p.ej. el agua utilizada para generar energía eléctrica).

NOTA: El glosario es una compilación de diversas fuentes con el fin de ilustrar los conceptos empleados en este documento, no constituye por tanto definiciones con fuerza legal.



Referencias

- Bagstad, K.J., Semmens, D.J., Waage, S., Winthrop, R., 2013. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. *Ecosyst. Serv.* 5, 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.07.004>
- Balvanera, P., Cotler, H., 2007. Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: retos y perspectivas. *Gac. ecológica número Espec.* 84–85, 117–123.
- Benavidez, R., Jackson, B., Maxwell, D., Norton, K., 2018. A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R)USLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 6059–6086.
- Benez-Secanho, F.J., Dwivedi, P., 2019. Does quantification of ecosystem services depend upon scale (Resolution and extent)? A case study using the invest nutrient delivery ratio model in Georgia, United States. *Environ. - MDPI* 6. <https://doi.org/10.3390/environments6050052>
- Birch, J.C., Thapa, I., Balmford, A., Bradbury, R.B., Brown, C., Butchart, S.H.M., Gurung, H., Hughes, F.M.R., Mulligan, M., Pandeya, B., Peh, K.S.H., Stattersfield, A.J., Walpole, M., Thomas, D.H.L., 2014. What benefits do community forests provide, and to whom? A rapid assessment of ecosystem services from a Himalayan forest, Nepal. *Ecosyst. Serv.* 8, 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.03.005>
- Borgatti, S., Everett, M., Freeman, L., 2002. Ucinet 6 for Windows Software for Social Network Analysis. [WWW Document]. Harvard, MA Anal. Technol. - Sci. Res. Publ. URL <http://www.analytictech.com/archive/ucinet.htm> (accessed 10.20.22).
- Borselli, L., Cassi, P., Torri, D., 2008. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *Catena* 75, 268–277. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2008.07.006>
- Brauman, K.A., Daily, G.C., Ka’eo Duarte, T., Mooney, H.A., 2007. The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.031306.102758>
- Budyko, M.I., 1974. *Climate and Life*, Volume 18 - 1st Edition 507 pp.
- Chakraborty, T., Hsu, A., Manya, D., Sheriff, G., 2019. Disproportionately higher exposure to urban heat in lower-income neighborhoods: a multi-city perspective. *Environ. Res. Lett.* 14, 105003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3b99>
- Comín, F.A., Miranda, B., Sorando, R., Felipe-Lucia, M.R., Jiménez, J.J., Navarro, E., 2018. Prioritizing sites for ecological restoration based on ecosystem services. *J. Appl. Ecol.* 55, 1155–1163. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13061>
- CONAGUA, 2021a. Programa Nacional Hídrico 2020-2024. Comisión Nacional del Agua [WWW Document]. URL <https://www.gob.mx/conagua/articulos/consulta-para-el-del-programa-nacional-hidrico-2019-2024-190499> (accessed 10.12.22).

- CONAGUA, 2021b. Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) [WWW Document]. URL <https://app.conagua.gob.mx/Repda.aspx> (accessed 12.1.21).
- CONEVAL, 2020. Estadísticas de pobreza en Veracruz [WWW Document]. Mapas y cifras Pobr. por Entid. Fed. URL <https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Veracruz/Paginas/principal.aspx> (accessed 11.30.22).
- Daw, T., Brown, K., Rosendo, S., Pomeroy, R., 2011. Applying the ecosystem services concept to poverty alleviation: the need to disaggregate human well-being. *Environ. Conserv.* 38, 370–379. <https://doi.org/10.1017/S0376892911000506>
- De Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecol. Econ.* 41, 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K.M.A., Baste, I.A., Brauman, K.A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P.W., Van Oudenhoven, A.P.E., Van Der Plaats, F., Schröter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failler, P., Guerra, C.A., Hewitt, C.L., Keune, H., Lindley, S., Shirayama, Y., 2018. Assessing nature's contributions to people: Recognizing culture, and diverse sources of knowledge, can improve assessments. *Science* (80-.). 359, 270–272. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAP8826/SUPPL_FILE/AAP8826-DIAZ-SM.PDF
- DOF, 2018a. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), Diario Oficial De La Federación.
- DOF, 2018b. Ley Agraria, Diario Oficial de la Federación (DOF). H. Congreso de la Unión, México.
- DOF, 2012. Ley General de Cambio Climático (LGCC), Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión.
- DOF, 2006. Ley General para La Igualdad entre Mujeres y Hombres (LGIMH). Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión, México.
- DOF, 1988. Ley General de Equilibrio Ecológico (LGEEPA). Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión, México.
- Droogers, P., Allen, R.G., 2002. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. *Irrig. Drain. Syst.* 16, 33–45.
- ESDIG-SEMARNAT, 2023. Espacio Digital Geográfico (ESDIG) [WWW Document]. URL <https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador2Beta/index.html>
- Espinoza-Guzmán, M.A., Sánchez Velásquez, L.R., Pineda López, M. del R., Sahagún Sánchez, F.J., Aragones Borrego, D., Reyes García, Z.F., Espinoza-Guzmán, M.A., Sánchez Velásquez, L.R., Pineda López, M. del R., Sahagún Sánchez, F.J., Aragones Borrego, D., Reyes García, Z.F., 2020. Dinámica de cambios en el agroecosistema de cafetal bajo sombra en la cuenca alta de La Antigua, Veracruz. *Madera y bosques* 26. <https://doi.org/10.21829/MYB.2020.2621974>
- ESRI, 2022. ArcGIS Pro 3.0.2.

- Estrada, F., Velasco, J.A., Martínez-Arroyo, A., Calderón-Bustamante, O., 2020. An Analysis of Current Sustainability of Mexican Cities and Their Exposure to Climate Change. *Front. Environ. Sci.* 8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00025>
- FAO, 2016. Policy Analysis Paper: Mainstreaming of biodiversity and ecosystems services with a focus on pollination.
- FAO, 2009. Guía para la descripción de suelos. Organ. las Nac. Unidas para la Agric. y la Aliment. 111.
- FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo, Estudio FAO Riego y Drenaje. - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.
- FIRCO-UAQ, 2005. Programa Nacional de Microcuencas. Fideicomiso de Riesgo Compartido. [WWW Document].
- Fu, B., 1981. On the Calculation of the Evaporation from Land Surface. [WWW Document]. *Chinese J. Atmos. Sci.* 5, 23-31. (In Chinese) .
- Gao, J., Li, F., Gao, H., Zhou, C., Zhang, X., 2017. The impact of land-use change on water-related ecosystem services: a study of the Guishui River Basin, Beijing, China. *J. Clean. Prod.* 163, S148–S155. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.049>
- García, E., 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen [WWW Document]. *Inst. Geogr. UNAM.* URL http://www.igg.unam.mx/geoigg/biblioteca/archivos/memoria/2019091710_0949.pdf (accessed 11.21.22).
- Grêt-Regamey, A., Sirén, E., Brunner, S.H., Weibel, B., 2017. Review of decision support tools to operationalize the ecosystem services concept. *Ecosyst. Serv.* 26, 306–315. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.012>
- Grizzetti, B., Lanzaova, D., Liqueste, C., Reynaud, A., Cardoso, A.C., 2016. Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environ. Sci. Policy* 61, 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008>
- Hamel, P., Chaplin-Kramer, R., Sim, S., Mueller, C., 2015. A new approach to modeling the sediment retention service (InVEST 3.0): Case study of the Cape Fear catchment, North Carolina, USA. *Sci. Total Environ.* 524–525, 166–177. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.027>
- Hamel, P., Guswa, A.J., 2015. Uncertainty analysis of a spatially explicit annual water-balance model: Case study of the Cape Fear basin, North Carolina. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 19, 839–853. <https://doi.org/10.5194/HESS-19-839-2015>
- Hamel, P., Riveros-Iregui, D., Ballari, D., Browning, T., Célleri, R., Chandler, D., Chun, K.P., Destouni, G., Jacobs, S., Jasechko, S., Johnson, M., Krishnaswamy, J., Poca, M., Pompeu, P.V., Rocha, H., 2018. Watershed services in the humid tropics: Opportunities from recent advances in ecohydrology. *Ecohydrology* 11, 1–16. <https://doi.org/10.1002/eco.1921>
- Hamel, P., Valencia, J., Schmitt, R., Shrestha, M., Piman, T., Sharp, R.P., Francesconi, W., Guswa, A.J., 2020. Modeling seasonal water yield for landscape management: Applications in Peru and Myanmar. *J. Environ. Manage.* 270, 110792. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110792>

- Han, B., Reidy, A., Li, A., 2021. Modeling nutrient release with compiled data in a typical Midwest watershed. *Ecol. Indic.* 121, 107213. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107213>
- Hansen, M.C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend, J.R.G., 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change, *Science*. American Association for the Advancement of Science. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Haro, A., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, Ó., Velasco, J.A., Estrada, F., 2021. Evaluating Risk and Possible Adaptations to Climate Change Under a Socio-Ecological System Approach. *Front. Clim.* 3. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.674693>
- Hausfather, Z., 2019. CMIP6: the next generation of climate models explained - Carbon Brief [WWW Document]. *Clim. Model.* URL <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/> (accessed 10.23.22).
- Hou, Y., Ding, S., Chen, W., Li, B., Burkhard, B., Bicking, S., Müller, F., 2020. Ecosystem service potential, flow, demand and their spatial associations: a comparison of the nutrient retention service between a human- and a nature-dominated watershed. *Sci. Total Environ.* 748. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141341>
- INECC-IMTA-INMUJERES, 2019. Incorporación de brechas de género en el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático [WWW Document]. ANVCC. URL https://mapas.inecc.gob.mx/apps/VulnerabilidadBG/fichatecnicagenero_ANVCC.pdf (accessed 11.29.22).
- INECC, 2022. López-Díaz F., Nava Assad Y.S., Rojas Barajas M, González Terrazas D.I. Guía de Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones.
- INECC, 2019. Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México, 1º. ed. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México.
- INECC, 2015. Brechas de género por municipio [WWW Document]. Atlas Nac. Vulnerabilidad al Cambio Climático. URL https://mapas.inecc.gob.mx/apps/VulnerabilidadBG/index.html?no_mun=30087 (accessed 11.30.22).
- INEGI-CONAFOR-CONABIO-SEMARNAT, 2018. Mapa Nacional de referencia, cobertura de suelo. Landsat, 30 m. [WWW Document]. Sist. MAD-Mex. URL https://monitoreo.conabio.gob.mx/snmb_charts/descarga_datos_madmex.html (accessed 10.17.22).
- INEGI-INE-CONAGUA, 2007. Cuencas Hidrográficas de México (1:250,000) [WWW Document]. URL https://idegeo.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3Acue250k_07gw_rt/layer_info_metadata (accessed 10.17.22).
- INEGI, 2022. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas [WWW Document]. DENU. URL

<https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx> (accessed 11.29.22).

- INEGI, 2020. Censo de Población y Vivienda 2020, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI.
- INEGI, 2018. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000. Serie VI. [WWW Document]. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>.
- INEGI, 2016. Actualización del Marco Censal Agropecuario [WWW Document]. Programas Inf. Agropecu. y Ejidales. URL <https://www.inegi.org.mx/programas/amca/2016/> (accessed 11.30.22).
- INEGI, 2015. Encuesta Intercensal [WWW Document]. Encuesta intercensal. URL <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/> (accessed 7.17.23).
- INEGI, 2013. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional [WWW Document]. URL <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825266707> (accessed 1.14.22).
- INEGI, 2010. Cuencas hidrográficas. Edición 2.0. [WWW Document]. SIATL v4 | Simulador Flujos Agua Cuencas Hidrográficas. URL https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/ (accessed 10.17.22).
- INEGI, 2007. Censo Ejidal [WWW Document]. URL <https://www.inegi.org.mx/programas/cae/2007/#Documentacion> (accessed 11.30.22).
- INEGI, 2002. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000. Serie III [WWW Document]. URL <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/> (accessed 1.14.22).
- INIFAP, 2018. Agendas Tecnológicas | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias | Gobierno | gob.mx [WWW Document]. URL <https://www.gob.mx/inifap/acciones-y-programas/agendas-tecnologicas> (accessed 10.19.22).
- IPBES, 2016. Summary for policymakers of the methodological assessment of scenarios and models of biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany.
- IPCC, 2022a. AR6 Synthesis Report: Climate Change [WWW Document]. Intergov. Panel Clim. Chang. URL <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (accessed 10.21.22).
- IPCC, 2022b. IPCC WGI Interactive Atlas [WWW Document]. IPCC Work. Gr. I AR6. URL <https://interactive-atlas.ipcc.ch/> (accessed 10.23.22).
- IPCC, 2021. AR6 Synthesis Report: Climate Change [WWW Document]. Phys. Sci. Basis. URL <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (accessed 10.23.22).
- IPCC, 2018. Anexo 1: Glosario [WWW Document]. Lent. Glob. 1,5 °C, Inf. Espec. del IPCC sobre los impactos del calentamiento Glob. 1,5 oC con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias Corresp. que deberían seguir las emisiones mundiales GEI. URL

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf (accessed 10.21.22).

- IPCC, 2007. PF 1.1 - CIE WGI Preguntas Frecuentes [WWW Document]. IPCC Fourth Assess. Rep. Clim. Chang. URL https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-1-1.html (accessed 12.9.22).
- IPCC, 2001. Cambio climático 2001: Informe de síntesis Resúmenes de los Grupos de trabajo Resúmenes de los Grupos de trabajo para responsables de políticas y resúmenes técnicos.
- Jujnovsky, J., Ramos, A., Caro-Borrero, Á., Mazari-Hiriart, M., Maass, M., Almeida-Leñero, L., 2017. Water assessment in a peri-urban watershed in Mexico City: A focus on an ecosystem services approach. *Ecosyst. Serv.* 24, 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.02.005>
- Keeler, B.L., Polasky, S., Brauman, K.A., Johnson, K.A., Finlay, J.C., O'Neill, A., Kovacs, K., Dalzell, B., 2012. Linking water quality and well-being for improved assessment and valuation of ecosystem services. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 18619–18624. <https://doi.org/10.1073/pnas.1215991109>
- Koetse, M.J., Renes, G., Ruijs, A., de Zeeuw, A.J., 2018. Relative price oncrease for nature and ecosystem services in cost-benefit analysis. PBL Netherlands Environ. Assess. Agency. PBL Publ.
- Laino-Guanes, R., González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Bello-Mendoza, R., Jiménez, F., Casanoves, F., Musálem-Castillejos, K., 2016. Human pressure on water quality and water yield in the upper Grijalva river basin in the Mexico-Guatemala border. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 16, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2015.12.002>
- Loredó-Ostí, C., Beltrán, S., Moreno, S., Casiano, M., 2007. Predicción de riesgo a la erosión hídrica a nivel de microcuenca. . *Foll. Técnico. INIFAP-CIRNE.* 29, 66.
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liqueste, C., Braat, L., Berry, P., Egoh, B., Puydarrieux, P., Fiorina, C., Santos, F., Paracchini, M., Keune, H., Wittmer, H., Hauck, J., Fiala, I., Verburg, P., Condé, S., Schägner, J., Miguel San, J., Estreguil, C., Ostermann, O., Barredo, J., Pereira, H., Stott, A., Laporte, V., Meiner, A., Olah, B., Royo Gelabert, E., Spyropoulou, R., Petersen, J., Maguire, C., Zal, N., Achilleos, E., Rubin, A., Ledoux, L., Brown, C., Raes, C., Jacobs, S., Vandewalle, M., Connor, D., Bidoglio, G., 2013. Mapping and assessment of ecosystems and ecosystem assessments under Action 5 of the Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services An analytical framework for. Publications office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2779/12398>
- Martín-Ortega, J., Ojea, E., Roux, C., 2013. Payments for water ecosystem services in Latin America: A literature review and conceptual model. *Ecosyst. Serv.* 6, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.09.008>
- Mass, J., 2012. El manejo sustentable de socioecosistemas, in: Juan Pablos Editor (Ed.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable.* México, pp. 267–290.
- MEA, 2005. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Washington, DC.

- Montes-León, M.A.L., Uribe-Alcántara, E.M., García-Celis, E., 2011. Mapa nacional de erosión potencial. *Tecnol. y Ciencias del Agua* 2, 5–17.
- NALCMS, 2015. Land Cover 30m, 2015 (Landsat and RapidEye). Edition 2. [WWW Document]. North Am. L. Chang. Monit. Syst. . URL <http://www.cec.org/north-american-environmental-atlas/land-cover-30m-2015-landsat-and-rapideye/> (accessed 10.17.22).
- Ochoa-Tocachi, B.F., Cuadros-Adriazola, J., Arapa Guzman, E., Aste Cannock, N., Ochoa-Tocachi, E., Bonnesoeur, V., 2022. Guía de modelación hidrológica para la infraestructura natural. Lima Perú.
- Pandeya, B., Buytaert, W., Zulkafli, Z., Karpouzoglou, T., Mao, F., Hannah, D.M., 2016. A comparative analysis of ecosystem services valuation approaches for application at the local scale and in data scarce regions. *Ecosyst. Serv.* 22, 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.015>
- Peh, K., Balmford, A., Bradbury, R.B., Brown, C., Butchart, S.H.M., Hughes, F.M.R., Stattersfield, A.J., H.L.Thomas, D., Walpole, M., Bayliss, J., Gowing, D., Bayliss, J., Jones, J.P.G., Lewis, S., Mulligan, M., Pandeya, B., Stratford, C., Thompson, J.R., Turner, R.K., Vira, B., Willcock, S., Merrimen, J.C., 2013. TESSA: A toolkit for rapid assessment of ecosystem services. *Ecosyst. Serv.* 5, 51–55. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.06.003>
- R Core Team, 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Found. Stat. Comput. Vienna, Austria.
- RAN, 2022. Registro Agrario Nacional [WWW Document]. Gob. México. URL <https://phina.ran.gob.mx/index.php> (accessed 8.24.22).
- Raum, S., 2018. A framework for integrating systematic stakeholder analysis in ecosystem services research: Stakeholder mapping for forest ecosystem services in the UK. *Ecosyst. Serv.* 29, 170–184. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.001>
- Redhead, J.W., Stratford, C., Sharps, K., Jones, L., Ziv, G., Clarke, D., Oliver, T.H., Bullock, J.M., 2016. Empirical validation of the InVEST water yield ecosystem service model at a national scale. *Sci. Total Environ.* 569–570, 1418–1426. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.227>
- Reed, M.S., Vella, S., Challies, E., de Vente, J., Frewer, L., Hohenwallner-Ries, D., Huber, T., Neumann, R.K., Oughton, E.A., Sidoli del Ceno, J., van Delden, H., 2018. A theory of participation: what makes stakeholder and public engagement in environmental management work? *Restor. Ecol.* 26, S7–S17. <https://doi.org/10.1111/REC.12541>
- Renard, K.G., Agricultural Research Service, W., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). <https://doi.org/10.3/JQUERY-UI.JS>
- Reyes-Retana, G., Pons, G., Siegmann, K., Afif, Z., Gomez-Garcia, M., Soto-Mota, P., Farill, C.E.C., 2023. Using Behavioral Science to Increase Women’s Participation in Natural Resource Management in Mexico. Policy Research Working Papers. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-10419>
- Ross, C., Prihodko, L., Anchang, J.Y., Kumar, S., Ji, W., Hanan, N.P., 2018. Global Hydrologic Soil Groups (HYSOGs250m) for Curve Number-Based Runoff Modeling. ORNL DAAC. <https://doi.org/10.3334/ORN LDAAC/1566>

- SCITEL-INEGI, 2020. Sistema de Consulta de Integración Territorial, Entorno Urbano y Localidad. [WWW Document]. URL <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/default?ev=7> (accessed 10.20.22).
- Seifert-Dähnn, I., Barkved, L.J., Interwies, E., 2015. Implementation of the ecosystem service concept in water management - Challenges and ways forward. *Sustain. Water Qual. Ecol.* <https://doi.org/10.1016/j.swaqe.2015.01.007>
- SEMARNAT-CONAFOR, 2023. Infraestructura de Datos Espaciales Forestales- IDEFOR [WWW Document]. Com. Nac. For. URL <https://idefor.cnf.gob.mx/>
- SEMARNAT-CONAGUA, 2021. Programa Hídrico Regional 2021-2024. Región Hidrológico -Administrativa X Golfo Centro (1). Ciudad de México.
- SEMARNAT-CONAGUA, 2018. Atlas del Agua en México.
- Sharp, R., Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Chaplin-Kramer, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., 2018. InVEST 3.6.0 User's Guide.
- SIGEIA-SEMARNAT, 2022. Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gob.mx [WWW Document]. URL <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental-sigeia> (accessed 10.12.22).
- SMN, 2022. Normales Climatológicas por Estado [WWW Document]. Serv. Meteorológico Nac. URL <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado> (accessed 10.17.22).
- TEEB, 2010. TEEB Foundations. *Econ. Ecosyst. Biodivers. Ecol. Econ. Found.* 1–422. <https://doi.org/10.1017/s1355770x11000088>
- Terrado, M., Acuña, V., Ennaanay, D., Tallis, H., Sabater, S., 2014. Impact of climate extremes on hydrological ecosystem services in a heavily humanized Mediterranean basin. *Ecol. Indic.* 37, 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.01.016>
- UNIATMOS-UNAM, 2022. Cambios de temperatura y precipitación, horizonte medio 2041-2060 [WWW Document]. Repositorio. URL <https://ri.atmosfera.unam.mx/AR6/srv/eng/catalog.search#/metadata/0fdc6463-abdc-4608-8cd5-767bca0d1fed> (accessed 10.23.22).
- UNIATMOS-UNAM, 2020. Climatologías mensuales promedio de precipitación y temperatura con datos del Servicio Meteorológico Nacional [WWW Document]. Repos. Inst. Ciencias la Atmósfera y Cambio Climático. UNAM. URL <https://ri.atmosfera.unam.mx/AR6/srv/eng/catalog.search#/home> (accessed 10.17.22).
- Vigiak, O., Borselli, L., Newham, L.T.H., McInnes, J., Roberts, A.M., 2012. Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio. *Geomorphology* 138, 74–88. <https://doi.org/10.1016/J.GEOMORPH.2011.08.026>

- WMO, 2022. World Meteorological Organization [WWW Document]. Climate. URL <https://public.wmo.int/es/preguntas-frecuentes-clima> (accessed 12.9.22).
- Wu, Y., Zhang, X., Li, C., Xu, Y., Hao, F., Yin, G., 2021. Ecosystem service trade-offs and synergies under influence of climate and land cover change in an afforested semiarid basin, China. *Ecol. Eng.* 159, 106083. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106083>
- Zhang, L., Hickel, K., Dawes, W.R., Chiew, F.H.S., Western, A.W., Briggs, P.R., 2004. A rational function approach for estimating mean annual evapotranspiration. *Water Resour. Res.* 40, 2502. <https://doi.org/10.1029/2003WR002710>

ANEXO 1

Valores de los indicadores utilizados para la construcción y análisis del ICSE y brecha de género para la cuenca del RLA

Tabla A1. Valores de indicadores de etnicidad, educación, características económicas, servicios de salud, vivienda y tenencia de la tierra para el análisis del ICSE y brecha de género (INECC, 2015; INEGI, 2022, 2020, 2015, 2007).

| Municipio | P5_HLI_NHE | POB_AFRO | PISYM_SE | PE_INAC | PTNR | EST_PER_OCU | PSINDER | PRO_OCUP_C | VPH_PISOTI | VPH_S_ELEC | VPH_AGUAFV | VPH_LETR | VPH_NODREN | VPH_SNBIEN | PTT | Pobreza |
|-----------------------|------------|----------|----------|---------|------|-------------|---------|------------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|-------|---------|
| Acajete | 0 | 0.54 | 10.92 | 39.45 | 0.47 | 0 | 20.72 | 1.09 | 4.29 | 1.74 | 2.71 | 21.69 | 8.25 | 3.61 | 0.492 | 72.8 |
| Apazapan | 0 | 2.21 | 5.43 | 49.68 | 0.21 | 0 | 22.57 | 0.81 | 2.45 | 0.44 | 0.63 | 1.64 | 2.89 | 2.14 | 0.842 | 45.1 |
| Ayahualulco | 0 | 1.7 | 27.97 | 46.87 | 0.75 | 0 | 11.72 | 1.28 | 7.38 | 1.49 | 0.91 | 23.45 | 4.96 | 4.95 | NA | 95.9 |
| Calchahuaco | 0 | 0.77 | 20.93 | 53.53 | 0.52 | 0 | 17.49 | 1.29 | 11.33 | 1.12 | 3.34 | 42.57 | 30.6 | 4.74 | 0.871 | 88.8 |
| Chichiquila | 0.2 | 5.7 | 16.9 | 36.74 | 0.85 | 0 | 19.21 | 1.48 | 19.47 | 1.01 | 11.64 | 35.73 | 30.07 | 6.39 | NA | 92.2 |
| Chilchotla | 0.08 | 4.57 | 20.27 | 46.88 | 0.97 | 0 | 13.23 | 1.4 | 5.39 | 0.99 | 1.34 | 18.7 | 11.77 | 4.19 | 0.223 | 53 |
| Coatepec | 0 | 2.47 | 6.45 | 36.96 | 0.39 | 7 | 26.2 | 0.87 | 2.54 | 0.62 | 1.61 | 1.41 | 0.93 | 0.86 | 0.405 | 80.8 |
| Cosautlán de Carvajal | 0 | 0.15 | 10.85 | 35.83 | 0.92 | 0 | 14.17 | 1.03 | 6.14 | 1.74 | 1.56 | 7.58 | 5.09 | 3.4 | NA | 89.3 |
| Emiliano Zapata | 0 | 3.38 | 3.51 | 36.27 | 0.29 | 2 | 27.87 | 0.8 | 1.36 | 0.69 | 1.23 | 0.76 | 1.26 | 0.61 | 0.756 | 72 |
| Huatusco | 0 | 1.13 | 8.75 | 34.02 | 0.42 | 1 | 44.04 | 1.04 | 5.16 | 1.06 | 3.06 | 5.19 | 3.47 | 1.97 | 0.637 | 43.9 |
| Ixhuacán de los Reyes | 0 | 4.39 | 14.17 | 39.02 | 0.25 | 0 | 13.31 | 1.07 | 9.22 | 1.06 | 0.79 | 21.66 | 4.78 | 4.6 | 0.787 | 52.1 |
| Jalcomulco | 0 | 3.58 | 11.02 | 43.33 | 0.66 | 0 | 15.91 | 0.88 | 3.17 | 0.86 | 0.86 | 1.22 | 1.36 | 2.36 | 0.868 | 73.5 |
| La Antigua | 0 | 4.23 | 5.32 | 39.24 | 0.5 | 2 | 27.16 | 0.92 | 1 | 0.38 | 0.41 | 0.55 | 0.47 | 0.74 | 0.468 | 54.2 |
| Lafragua | 0.01 | 0.98 | 10.87 | 51.3 | 1 | 0 | 21.33 | 1.11 | 3.49 | 0.37 | 0.3 | 7.01 | 3.12 | 1.61 | 0.888 | 85.8 |
| Las Vigas de Ramírez | 0 | 1.49 | 9.19 | 45.12 | 0.58 | 1 | 31.59 | 1.18 | 2.19 | 0.91 | 7.73 | 20.16 | 13.21 | 1.59 | 0.685 | 81.5 |
| Paso de Ovejas | 0 | 1.61 | 6.58 | 44.68 | 0.63 | 0 | 25.9 | 0.93 | 2.28 | 2.21 | 1.1 | 0.93 | 3.02 | 2.09 | 0.669 | 71.2 |
| Perote | 0 | 1.18 | 7.16 | 41.8 | 0.37 | 5 | 36.18 | 1.1 | 1.81 | 0.53 | 0.74 | 5.37 | 2.69 | 0.75 | 0.576 | 69.6 |
| Puente Nacional | 0.01 | 1.35 | 6.23 | 43.1 | 0.67 | 0 | 25.91 | 0.88 | 2.64 | 0.76 | 1.84 | 1.3 | 3.49 | 1.42 | 0.822 | 80.2 |
| Quimixtlán | 0.02 | 1.93 | 15.39 | 36.45 | 0.78 | 0 | 14.42 | 1.31 | 8.88 | 0.66 | 5.99 | 32.51 | 18.52 | 3.79 | NA | 83.8 |
| Tenampa | 0.02 | 1.52 | 13.82 | 41.87 | 0.49 | 0 | 27.62 | 1.02 | 5.91 | 3.12 | 7.69 | 3.17 | 10.43 | 5.19 | 0.789 | 38.3 |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|-------|-------|------|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Teocelo | 0 | 0.7 | 7.43 | 35.28 | 0.4 | 0 | 14.86 | 0.92 | 6.52 | 0.73 | 0.43 | 1.16 | 1.38 | 1.63 | 0.877 | 76.8 |
| Tlachichuca | 0 | 0.43 | 9.5 | 40.43 | 0.79 | 0 | 17.54 | 1.26 | 4.21 | 0.78 | 1.04 | 9.4 | 7.18 | 1.87 | 0.669 | 72.8 |
| Tlalnahuayocan | 0 | 3.17 | 6.65 | 35.95 | 0.07 | 0 | 33.57 | 1.18 | 3.41 | 0.48 | 0.56 | 2.09 | 1.14 | 1.9 | 0.582 | 45.1 |
| Tlaltetela | 0.01 | 0.42 | 13.42 | 40.89 | 0.49 | 0 | 23.12 | 1.02 | 5.16 | 1.57 | 1.1 | 5.48 | 8.42 | 3.19 | 0.817 | 95.9 |
| Totutla | 0 | 3.1 | 12.68 | 38.78 | 0.34 | 0 | 30.66 | 0.97 | 5.89 | 1.62 | 1.91 | 3.34 | 4.04 | 2.7 | 0.52 | 88.8 |
| Xalapa | 0 | 3.37 | 3.34 | 37.8 | 0.13 | 55 | 27.76 | 0.8 | 1.37 | 0.33 | 0.85 | 0.49 | 0.42 | 0.36 | 0.635 | 92.2 |
| Xico | 0 | 3.48 | 9.7 | 38.47 | 0.32 | 0 | 30.69 | 1.09 | 4.71 | 0.65 | 0.41 | 6.73 | 3.65 | 2.92 | 0.663 | 53 |

Tabla A2. Valores de ponderación municipal para la interpretación del ICSE y brecha de género a nivel de subcuenca.

| ID | Subcuenca | Área (ha) | Municipio | Área municipal dentro de la cuenca (ha) | Proporción Municipio | ICSE Municipio | Proporción-ICSE | ICSE (RLA) | Brecha Municipio | Proporción-Brecha | Brecha (RLA) |
|----|----------------------|-----------|-----------------|---|----------------------|----------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------|--------------|
| 1 | Cabezas | 12965 | La Antigua | 3717 | 0.29 | 0.25 | 0.07 | 0.43 | 0.25 | 0.0725 | 0.54 |
| | | | Paso de Ovejas | 3263 | 0.25 | 0.5 | 0.13 | | 0.5 | 0.125 | |
| | | | Puente Nacional | 5986 | 0.46 | 0.5 | 0.23 | | 0.75 | 0.345 | |
| 2 | Rinconada | 12259 | Apazapan | 4916 | 0.4 | 0.5 | 0.20 | 0.42 | 0.5 | 0.2 | 0.48 |
| | | | Tlaltetela | 2682 | 0.22 | 0.5 | 0.11 | | 0.5 | 0.11 | |
| | | | Jalcomulco | 1215 | 0.1 | 0.5 | 0.05 | | 0.75 | 0.075 | |
| | | | Emiliano Zapata | 1939 | 0.16 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| | | | Puente Nacional | 1516 | 0.12 | 0.5 | 0.06 | | 0.75 | 0.09 | |
| 3 | Tlaltetela (Xotla) | 7174 | Tlaltetela | 3127 | 0.44 | 0.5 | 0.22 | 0.51 | 0.5 | 0.22 | 0.65 |
| | | | Jalcomulco | 140 | 0.02 | 0.5 | 0.01 | | 0.75 | 0.015 | |
| | | | Puente Nacional | 3912 | 0.55 | 0.5 | 0.28 | | 0.75 | 0.4125 | |
| 4 | Mata De Jobo | 5167 | Tlaltetela | 70 | 0.01 | 0.5 | 0.01 | 0.50 | 0.5 | 0.005 | 0.74 |
| | | | Puente Nacional | 4949 | 0.96 | 0.5 | 0.48 | | 0.75 | 0.72 | |
| | | | Totutla | 151 | 0.03 | 0.5 | 0.02 | | 0.5 | 0.015 | |
| 5 | Hato De La Higuera | 5158 | Puente Nacional | 5161 | 1 | 0.5 | 0.50 | 0.50 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 6 | Estacion Chavarrillo | 6946 | Apazapan | 863 | 0.12 | 0.5 | 0.06 | 0.26 | 0.5 | 0.06 | 0.36 |
| | | | Coatepec | 1106 | 0.16 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| | | | Jalcomulco | 2811 | 0.4 | 0.5 | 0.20 | | 0.75 | 0.3 | |



Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| ID | Subcuenca | Área (ha) | Municipio | Área municipal dentro de la cuenca (ha) | Proporción Municipio | ICSE Municipio | Proporción-ICSE | ICSE (RLA) | Brecha Municipio | Proporción-Brecha | Brecha (RLA) |
|----|-------------------------|-----------|-----------------------|---|----------------------|----------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------|--------------|
| | | | Emiliano Zapata | 2171 | 0.31 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| 7 | Tlaltetela (Tlaltetela) | 9670 | Apazapan | 0 | 0 | 0.5 | 0.00 | 0.48 | 0.5 | 0 | 0.54 |
| | | | Tlaltetela | 6595 | 0.68 | 0.5 | 0.34 | | 0.5 | 0.34 | |
| | | | Coatepec | 468 | 0.05 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| | | | Jalcomulco | 2612 | 0.27 | 0.5 | 0.14 | | 0.75 | 0.2025 | |
| 8 | Tlaltetela (Poxtla) | 19686 | Tlaltetela | 7518 | 0.38 | 0.5 | 0.19 | 0.58 | 0.5 | 0.19 | 0.58 |
| | | | Jalcomulco | 478 | 0.02 | 0.5 | 0.01 | | 0.75 | 0.015 | |
| | | | Tenampa | 6366 | 0.32 | 0.75 | 0.24 | | 0.75 | 0.24 | |
| | | | Totutla | 5332 | 0.27 | 0.5 | 0.14 | | 0.5 | 0.135 | |
| 9 | Tlacuatzintla | 5004 | Tlaltetela | 3849 | 0.77 | 0.5 | 0.39 | 0.50 | 0.5 | 0.385 | 0.50 |
| | | | Jalcomulco | 21 | 0 | 0.5 | 0.00 | | 0.75 | 0 | |
| | | | Puente Nacional | 58 | 0.01 | 0.5 | 0.01 | | 0.75 | 0.0075 | |
| | | | Tenampa | 157 | 0.03 | 0.75 | 0.02 | | 0.75 | 0.0225 | |
| | | | Totutla | 921 | 0.18 | 0.5 | 0.09 | | 0.5 | 0.09 | |
| 10 | Tuzamapan | 5623 | Tlaltetela | 72 | 0.01 | 0.5 | 0.01 | 0.03 | 0.5 | 0.005 | 0.03 |
| | | | Coatepec | 4812 | 0.86 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| | | | Emiliano Zapata | 184 | 0.03 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| | | | Teocelo | 558 | 0.1 | 0.25 | 0.03 | | 0.25 | 0.025 | |
| 11 | Teocelo | 11684 | Tlaltetela | 1 | 0 | 0.5 | 0.00 | 0.40 | 0.5 | 0 | 0.53 |
| | | | Ayahualulco | 1094 | 0.09 | 0.75 | 0.07 | | 0.75 | 0.0675 | |
| | | | Cosautlán de Carvajal | 4378 | 0.37 | 0.25 | 0.09 | | 0.75 | 0.2775 | |
| | | | Ixhuacán de los Reyes | 2445 | 0.21 | 0.75 | 0.16 | | 0.5 | 0.105 | |
| | | | Teocelo | 3768 | 0.32 | 0.25 | 0.08 | | 0.25 | 0.08 | |
| 12 | Tlaltetela (Pinillos) | 5097 | Tlaltetela | 1940 | 0.38 | 0.5 | 0.19 | 0.35 | 0.5 | 0.19 | 0.62 |
| | | | Cosautlán de Carvajal | 2829 | 0.56 | 0.25 | 0.14 | | 0.75 | 0.42 | |
| | | | Teocelo | 330 | 0.06 | 0.25 | 0.02 | | 0.25 | 0.015 | |
| 13 | Xalapa-Enriquez | 9705 | Acajete | 188 | 0.02 | 0.5 | 0.01 | 0.11 | 0.5 | 0.01 | 0.06 |
| | | | Coatepec | 4838 | 0.5 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| | | | Xalapa | 2770 | 0.29 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| ID | Subcuenca | Área (ha) | Municipio | Área municipal dentro de la cuenca (ha) | Proporción Municipio | ICSE Municipio | Proporción-ICSE | ICSE (RLA) | Brecha Municipio | Proporción-Brecha | Brecha (RLA) |
|----|---------------------------------|-----------|-----------------------|---|----------------------|----------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------|--------------|
| | | | Emiliano Zapata | 12 | 0 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| | | | Tlalnahuayocan | 1899 | 0.2 | 0.5 | 0.10 | | 0.25 | 0.05 | |
| 14 | Rancho Viejo | 10431 | Acajete | 3807 | 0.36 | 0.5 | 0.18 | 0.28 | 0.5 | 0.18 | 0.25 |
| | | | Coatepec | 4105 | 0.39 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| | | | Xico | 0 | 0 | 0.5 | 0.00 | | 0.25 | 0 | |
| | | | Perote | 914 | 0.09 | 0.25 | 0.02 | | 0.25 | 0.0225 | |
| | | | Las Vigas de Ramírez | 90 | 0.01 | 0.5 | 0.01 | | 0.75 | 0.0075 | |
| | | | Tlalnahuayocan | 1518 | 0.15 | 0.5 | 0.08 | | 0.25 | 0.0375 | |
| 15 | San Marcos De Leon (San Marcos) | 12109 | Coatepec | 4790 | 0.4 | 0 | 0.00 | 0.28 | 0 | 0 | 0.15 |
| | | | Xico | 6053 | 0.5 | 0.5 | 0.25 | | 0.25 | 0.125 | |
| | | | Teocelo | 1270 | 0.1 | 0.25 | 0.03 | | 0.25 | 0.025 | |
| 16 | Xico | 9405 | Ayahualulco | 4 | 0 | 0.75 | 0.00 | 0.50 | 0.75 | 0 | 0.25 |
| | | | Coatepec | 30 | 0 | 0 | 0.00 | | 0 | 0 | |
| | | | Xico | 9173 | 0.98 | 0.5 | 0.49 | | 0.25 | 0.245 | |
| | | | Perote | 201 | 0.02 | 0.25 | 0.01 | | 0.25 | 0.005 | |
| 17 | Tonalaco | 10513 | Ayahualulco | 604 | 0.06 | 0.75 | 0.05 | 0.68 | 0.75 | 0.045 | 0.45 |
| | | | Ixhuacán de los Reyes | 7073 | 0.67 | 0.75 | 0.50 | | 0.5 | 0.335 | |
| | | | Xico | 2682 | 0.26 | 0.5 | 0.13 | | 0.25 | 0.065 | |
| | | | Teocelo | 156 | 0.01 | 0.25 | 0.00 | | 0.25 | 0.0025 | |
| 18 | Ixhuacan De Los Reyes | 14596 | Chilchotla | 1226 | 0.08 | 0.75 | 0.06 | 0.73 | 0.75 | 0.06 | 0.66 |
| | | | Quimixtlán | 339 | 0.02 | 0.5 | 0.01 | | 0.75 | 0.015 | |
| | | | Lafragua | 954 | 0.07 | 0.5 | 0.04 | | 0.5 | 0.035 | |
| | | | Ayahualulco | 8163 | 0.56 | 0.75 | 0.42 | | 0.75 | 0.42 | |
| | | | Ixhuacán de los Reyes | 3916 | 0.27 | 0.75 | 0.20 | | 0.5 | 0.135 | |
| 19 | Tozihuic | 4755 | Chilchotla | 4 | 0 | 0.75 | 0.00 | 0.52 | 0.75 | 0 | 0.74 |
| | | | Chichiquila | 227 | 0.05 | 0.75 | 0.04 | | 0.5 | 0.025 | |
| | | | Quimixtlán | 4469 | 0.94 | 0.5 | 0.47 | | 0.75 | 0.705 | |
| | | | Ayahualulco | 0 | 0 | 0.75 | 0.00 | | 0.75 | 0 | |
| | | | Ixhuacán de los Reyes | 56 | 0.01 | 0.75 | 0.01 | | 0.5 | 0.005 | |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| ID | Subcuenca | Área (ha) | Municipio | Área municipal dentro de la cuenca (ha) | Proporción Municipio | ICSE Municipio | Proporción-ICSE | ICSE (RLA) | Brecha Municipio | Proporción-Brecha | Brecha (RLA) |
|----|------------------|-----------|-----------------------|---|----------------------|----------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------|--------------|
| 20 | Chichiquila | 20212 | Chilchotla | 60 | 0 | 0.75 | 0.00 | 0.61 | 0.75 | 0 | 0.55 |
| | | | Chichiquila | 9397 | 0.46 | 0.75 | 0.35 | | 0.5 | 0.23 | |
| | | | Quimixtlán | 5903 | 0.29 | 0.5 | 0.15 | | 0.75 | 0.2175 | |
| | | | Tlachichuca | 638 | 0.03 | 0.5 | 0.02 | | 0.5 | 0.015 | |
| | | | Tlaltetela | 1517 | 0.08 | 0.5 | 0.04 | | 0.5 | 0.04 | |
| | | | Calchualco | 3 | 0 | 0.75 | 0.00 | | 0.25 | 0 | |
| | | | Cosautlán de Carvajal | 455 | 0.02 | 0.25 | 0.01 | | 0.75 | 0.015 | |
| | | | Ixhuacán de los Reyes | 1495 | 0.07 | 0.75 | 0.05 | | 0.5 | 0.035 | |
| | | | Huatusco | 749 | 0.04 | 0.25 | 0.01 | | 0 | 0 | |
| | | | Quimixtlán | 5198 | 0.71 | 0.5 | 0.36 | | 0.75 | 0.5325 | |
| 21 | Quimixtlán | 7349 | Chilchotla | 2151 | 0.29 | 0.75 | 0.22 | 0.57 | 0.75 | 0.2175 | 0.75 |
| | | | Quimixtlán | 5198 | 0.71 | 0.5 | 0.36 | | 0.75 | 0.5325 | |
| 22 | Rafael J. Garcia | 12123 | Chilchotla | 10952 | 0.9 | 0.75 | 0.68 | 0.72 | 0.75 | 0.675 | 0.73 |
| | | | Quimixtlán | 399 | 0.03 | 0.5 | 0.02 | | 0.75 | 0.0225 | |
| | | | Lafragua | 765 | 0.06 | 0.5 | 0.03 | | 0.5 | 0.03 | |
| | | | Tlachichuca | 7 | 0 | 0.5 | 0.00 | | 0.5 | 0 | |



ANEXO 2

Resumen de parámetros para cada uno de los modelos InVEST Cuenca del RLA

Los parámetros biofísicos y las diferentes fuentes de información requeridas por cada uno de los módulos se resumen en la Tabla A1. Descripciones más detalladas de cada uno de los modelos se pueden consultar en el manual de usuario de la herramienta InVEST (Sharp et al., 2018) y publicaciones complementarias (Hamel et al., 2020; Hamel and Guswa, 2015; Redhead et al., 2016; Terrado et al., 2014; Wu et al., 2021)

Tabla A2. Parámetros biofísicos requeridos para cada uno de los modelos InVEST utilizados en los PAMIC.

| Datos | Rendimiento hídrico anual | Rendimiento hídrico estacional | Pérdida potencial del suelo | Transporte potencial de nutrientes (N y P) | Fuente |
|--|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|--|
| Delimitación de cuencas y subcuencas | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | INEGI-INE-CONAGUA, (2007); INEGI, (2010). Delimitación de subcuencas con base en FIRCO-UAQ, (2005) y análisis de la red de flujo superficial (<i>Quick flow, Seasonal water yield</i>). |
| Uso de suelo y vegetación | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | Clasificación con base en la comparación de INEGI, (2017), NALCMS, (2015); INEGI-CONAFOR-CONABIO-SEMARNAT, (2018); Imágenes satelitales (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI), revisiones bibliográficas (Espinoza-Guzmán et al., 2020) y resultados de los talleres de mapeo participativo. |
| Modelo de Elevación Digital (DEM) | | ◆ | ◆ | ◆ | Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM 3.0. INEGI, 2013) (30 m) |
| Promedio de precipitación anual/mensual (1981-2010) | ◆ | ◆ | | | Climatologías mensuales promedio con datos del SMN (UNIATMOS-UNAM, 2020) (926 m) |
| Promedio de evapotranspiración anual/mensual (1981-2010) | ◆ | ◆ | | | Ecuación modificada de Hargreaves (Droogers and Allen, 2002). (UNIATMOS-UNAM, 2020), FAO, (2006). |
| Fracción de agua disponible para las plantas | ◆ | | | | SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. Soil water capacity (volumetric fraction). (ISRIC, 2017). |
| Profundidad de restricción para el crecimiento de las raíces | ◆ | | | | SoilGrids250m: Absolute depth to bedrock. Global gridded soil information based on machine learning (ISRIC, 2017). |
| Grupo hidrológico de suelo | | ◆ | | | Global Hydrologic Soil Groups (HYSOGs250m) for Curve Number-Based Runoff Modeling (Ross et al., 2018) |
| Tabla de eventos de lluvia (Zonificación climática) | | ◆ | | | Normales climatológicas de estaciones ubicadas en las cuencas (SMN, 2022) |
| Erodabilidad del suelo (Factor K) | | | ◆ | | Conjunto de datos vectoriales edafológicos, Escala 1:250000 Serie II. (Continuo Nacional, INEGI, 2013). |
| Erosividad pluvial (Factor R) | | | ◆ | | Precipitación Media Mensual (1980-2010)-PMA y ecuación regional de erosividad (Montes-León et al., 2011). |
| Flujo superficial | | | | ◆ | InVEST- Flujo rápido (<i>Quick flow, Seasonal water yield</i>) |

ANEXO 3

Catálogo de proyectos

Tabla A3. Descripción general de proyectos que contribuyen con los objetivos y alcances del PAMIC. CON = Conservación, RES = Restauración, APP = Adecuación de prácticas productivas¹.

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|--|--|--|--------------------------|---|-------------------|-----|-----|-----|
| Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA, 2022) | Programa de Fomento a la Ganadería Sustentable con Integración de Cadenas de Valor | Capacitación Técnica, Fomento, Equipamiento e Insumos para el Desarrollo de Sistemas Silvopastoriles, Traspatio y Actividad Apícola. | No especificado | Promover el desarrollo de las productoras y productores pecuarios a través de la implementación de sistemas silvopastoriles, la asistencia técnica, así como el apoyo con la entrega de equipo, herramientas e insumos pecuarios para mejorar y hacer más eficientes las unidades de producción pecuaria. El programa está dirigido a personas físicas, morales o grupos de trabajo que se dediquen exclusivamente a la ganadería y que habiten o tengan registradas sus Unidades de Producción Pecuaria (UPP) en los municipios elegibles. | Estatal | | | ◆ |
| | | "Fomento a la producción Pecuaria del Ejercicio 2022" | | | | | | |
| Secretaría del Medio Ambiente del estado de Veracruz (SEDEMA, 2022) | Programa para el Fomento Ambiental | Proyectos medio ambientales enfocados a la conservación de la biodiversidad, restauración de los ecosistemas y ejecución de prácticas sustentables | No especificado | Incentivar la participación de los ayuntamientos que conforman el Estado de Veracruz, Instituciones educativas, personas físicas a través de financiamientos, con la finalidad de promover la preservación, conservación y restauración del medio ambiente, mediante actividades que favorezcan el desarrollo rural y la ejecución de prácticas sustentables. En cada municipio se debe conformar un Consejo Consultivo Municipal de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. | Estatal | ◆ | ◆ | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|---|---|--|--------------------------|--|-------------------|-----|-----|-----|
| Secretaría de Bienestar (2022) | Programa Sembrando Vida, para el ejercicio fiscal 2022. | Proyectos medio ambientales enfocados a la conservación de la biodiversidad, restauración de los ecosistemas y ejecución de prácticas sustentables | No especificado | Incentivar la participación de los ayuntamientos que conforman el Estado de Veracruz, Instituciones educativas, personas físicas a través de financiamientos, con la finalidad de promover la preservación, conservación y restauración del medio ambiente, mediante actividades que favorezcan el desarrollo rural y la ejecución de prácticas sustentables. El programa está dirigido a sujetos agrarios mayores de edad que habitan en localidades rurales, cuyos municipios se encuentran con niveles de rezago social y que son propietarios o poseedores de 2.5 hectáreas disponibles para ser trabajadas en un proyecto agroforestal. | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (SADER, 2022) | Programa Producción para el Bienestar de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio fiscal 2022. | Apoyos directos a productores para la producción de café, cacao, miel de pequeña o de mediana escala. El programa está dirigido a productores de pequeña o de mediana escala, con predios o unidades de producción, preferentemente de granos (maíz, frijol, trigo panificable y arroz, entre otros), amaranto, chía, caña de azúcar, café, cacao, miel o leche. | No especificado | La Secretaría podrá brindar capacitación y/o acompañamiento técnico-organizativo, para facilitar la adopción de prácticas agroecológicas y sustentables e incrementar los rendimientos en predios y unidades de producción de productores, principalmente de maíz, frijol, café, caña de azúcar, cacao, miel o leche, así como para fortalecer la instrumentación de servicios de vinculación productiva. Con la implementación de este programa se espera que los productores pecuarios incrementen la productividad de sus Unidades Económicas Pecuarías de manera sostenible. | Federal | | | ◆ |
| SADER, 2022 | Programa de Fomento a la Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura 2022. | Operación del Componente Fomento a la Agricultura. Subcomponente Suelo, Agua y Biodiversidad. Reducción de la huella hídrica. | No especificado | Este subcomponente está orientado a impulsar las bases para la transformación de una agricultura sostenible, su adaptación al cambio climático a través de la recuperación y protección de suelos y agua de uso agrícola, así como, la conservación y uso de la biodiversidad. Población objetivo: productores agrícolas, pecuarios, pesqueros y acuícolas en todo el territorio nacional, que requieran incrementar la productividad de sus unidades de producción para su autoconsumo y venta de excedentes, dando preferencia a aquellos productores de pequeña escala. | Federal | | ◆ | ◆ |
| | | Componente de fomento a la Ganadería. Población objetivo: personas físicas y morales dedicadas a la actividad pecuaria, dando atención prioritaria a los pequeños productores que de manera individual posean entre 5 y 35 Unidades Animal (UA) en sus Unidades Económicas Pecuarías (UEP). | No especificado | Apoyo directo para mejorar sus condiciones de bienestar y coadyuvar con la autosuficiencia alimentaria. Apoyos directos para la adquisición de material genético, infraestructura, equipo, paquetes tecnológicos y recursos zootecnológicos. | Federal | | | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|---|---|---|--|--|-------------------|-----|-----|-----|
| | | Componente Desarrollo Territorial: Proyectos y servicios de investigación, desarrollo tecnológico, desarrollo de capacidades y/o transferencia de tecnología orientados a productores | No especificado | Subcomponente orientado a impulsar el cambio tecnológico para incrementar la productividad de forma sostenible a través de la generación, transferencia de tecnología y el desarrollo de sus capacidades. El programa se dirige a productores de las diferentes cadenas productivas interesados en el desarrollo territorial ubicados en las Zonas de Atención Prioritaria (ZAP), en las zonas de influencia de proyectos regionales u otros territorios prioritarios definidos por la Secretaría. | Federal | | | ◆ |
| SADER, 2022 | Programa de Precios de Garantía a Productos Alimentarios Básicos. | Apoyo para adquirir leche a partir de un Precio de garantía definido por la unidad responsable. Población objetivo: Pequeños (de 1 a 35 vacas) y medianos (de 36 a 100 vacas) productores de leche registrados en el Padrón de LICONSA. | No especificado | El objetivo general del programa es complementar el ingreso de los pequeños y medianos productores agropecuarios de granos básicos (arroz, frijol, maíz y trigo) y leche, a través de la implementación de precios de garantía. | Federal | | | ◆ |
| Secretaría de Medio Ambiente Y Recursos Naturales y Comisión Nacional Forestal (SEMARNAT-CONAFOR, 2022) | PADFS Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2022. | Manejo Forestal Comunitario y Cadenas de Valor para el Bienestar (MFCCV). Apoyos para incentivar el manejo y proyectos forestales sostenibles. Apoyos a proyectos productivos integrales para mujeres. Población objetivo: Personas dueñas o poseedoras de terrenos forestales con superficie susceptible de aprovechamiento de mínimo 10 ha., pertenecientes a productores Tipo I. | Ayahualulco Xico Tlaltetela Teocelo Cosautlán de Carvajal Perote | Apoyar a las personas propietarias, legítimas poseedoras y habitantes de las zonas forestales para que implementen acciones que les permita fortalecer la gobernanza, el desarrollo de capacidades, sociales, técnicas, culturales, la transferencia de tecnología; la ordenación, cultivo, aprovechamiento y certificación de los recursos forestales maderables y no maderables; el fortalecimiento de los procesos de abasto, transformación y mercados de las materias primas y productos forestales. | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| SEMARNAT-CONAFOR, 2022 | PADFS | Plantaciones Forestales Comerciales y Sistemas Agroforestales para el Bienestar (PFC). Mantenimiento de Plantaciones. Apoyos para incentivar el manejo forestal sostenible y la cadena de valor Forestales Comerciales | Coatepec Acajete Perote Paso De Ovejas Xico Ixhuacán de los Reyes | Apoyar a las personas propietarias y poseedoras legítimas de terrenos de aptitud preferentemente forestal y temporalmente forestal al establecimiento y desarrollo de PFC competitivas y sustentables, así como de Sistemas Agroforestales, para promover la diversificación productiva del uso del suelo y contribuir a incrementar la producción forestal del país. Población objetivo: Personas físicas y morales cuyos terrenos se ubiquen dentro de las áreas elegibles para la convocatoria definidas por la CONAFOR (personas plantadoras iniciales o en desarrollo y permanentes). | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| SEMARNAT-CONAFOR, 2022 | PADFS | Restauración Forestal de Microcuencas y Regiones Estratégicas para el Bienestar (RFM). Restauración forestal de microcuencas estratégicas. | No especificado | Apoyar a las personas propietarias y poseedoras legítimas de terrenos forestales y de aptitud preferentemente forestal, a ejecutar proyectos de restauración forestal integral en microcuencas y regiones estratégicas del país con enfoque en el Manejo Integrado del Territorio (MIT), mediante prácticas que contribuyan a recuperar la productividad de los ecosistemas forestales | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|--|--|--|--------------------------|--|-------------------|-----|-----|-----|
| | | | | degradados, así como generar empleo y mejorar el bienestar de los ejidos, comunidades, pueblos indígenas y pequeños propietarios. Población elegible: Personas propietarias o legítimas poseedoras de terrenos forestales y preferentemente forestales, cuyos terrenos presenten procesos de degradación de suelos, pérdida de vegetación forestal o cuenten con áreas perturbadas por incendios o plagas forestales y desastres naturales, en las áreas elegibles para tal fin. | | | | |
| SEMARNAT-CONAFOR, 2022 | PADFS | Componente IV. Servicios Ambientales para el Bienestar (SA). Pago por Servicios Ambientales. | Jalcomulco | Apoyar a las personas propietarias o legítimas poseedoras de terrenos forestales, que de manera voluntaria deciden incorporar áreas al pago por servicios ambientales para la conservación activa de los ecosistemas forestales mediante incentivos económicos, así como promover la concurrencia de recursos económicos y operativos con usuarios(as) de los servicios ambientales y partes interesadas. Lo anterior con el objeto de incorporar prácticas de buen manejo para promover la conservación, protección y uso sustentable de los ecosistemas, para fomentar la provisión de los servicios ambientales en el largo plazo, y conservar la biodiversidad. La población elegible es la misma que en el componente anterior (RFM). | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| SEMARNAT-CONAFOR, 2022 | PADFS | Componente V. Protección Forestal para el Bienestar (PF) | No especificado | Prevenir, combatir y controlar plagas e incendios forestales para reducir el deterioro de los diferentes ecosistemas forestales a nivel nacional mediante el otorgamiento de apoyos para tratamientos fitosanitarios, atención de contingencias fitosanitarias, brigadas de saneamiento forestal y brigadas rurales de manejo del fuego. Población elegibles: Personas propietarias o legítimas poseedoras de terrenos forestales y preferentemente forestales, cuyos terrenos presenten procesos de degradación de suelos, pérdida de vegetación forestal o cuenten con áreas perturbadas por incendios o plagas forestales y desastres naturales, en las áreas elegibles para tal fin. | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas (CONANP, 2022) | PROCODES Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible | Proyectos medio ambientales enfocados a la conservación de la biodiversidad, restauración de los ecosistemas y ejecución de prácticas sustentables | Xico Perote | Promover que las mujeres y los hombres que habitan las ANP y sus zonas de influencia aprovechen los recursos naturales y la biodiversidad de forma sustentable. Población objetivo: Mujeres y hombres de 18 o más, que conformen grupos organizados, así como, ejidos y comunidades, que sean propietarios, poseedores, usufructuarios o usuarios de los recursos naturales comprendidos en las localidades de los municipios | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|---|---|--|---|---|-------------------|-----|-----|-----|
| | | | | o demarcaciones territoriales de las ANP y sus Zonas de Influencia. | | | | |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONECTA ² (SUB1) ENDESU AC. | Transición a la ganadería regenerativa en Ixhuacán de los Reyes, Veracruz | Ixhuacán de los Reyes (Ejido Ixhuacán de los Reyes). | Desarrollar una ganadería regenerativa en los predios ganaderos del municipio de Ixhuacán de los Reyes para apoyar la restauración de servicios ecosistémicos en la cuenca de La Antigua. | Privada | | ◆ | ◆ |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONECTA ² (SUB2) Agrosol-Educación activa, servicios y producción S.C. de R.L. de C.V. | Fortaleciendo alianzas entre las familias productoras y el rancho escuela "Cooperativa Agrosol" hacia la ganadería regenerativa en la cuenca alta del río la Antigua | Coatepec (Cinco Palos, Zoncuantla y Cuahtémoc) Ixhuacán de los Reyes (El Manzano, Loma Garnde, Calzontepec). | Fortalecer las relaciones entre las familias productoras y el rancho escuela "Cooperativa Agrosol" para la aplicación progresiva de prácticas de ganadería regenerativa que mejoren el manejo integrado de la cuenca del río la Antigua | Privada | | | ◆ |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONECTA ² (SUB3) Conecta Tierra AC | Fomento a la conservación del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) y la cafecultura agroecológica, para el fortalecimiento de la justicia social, económica y ambiental del territorio | Coatepec (Tapachapan, La Bella Esperanza y Mundo Nuevo) Xico (El Haya, Úrsulo Galvan, San Marcos de León, La Laguna-Filo) | Mejorar la situación ambiental, social y económica de comunidades de alta marginación vinculadas al BMM mediante el fortalecimiento de la resiliencia del sistema cafetalero agroecológico. | Privada | | ◆ | ◆ |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONECTA ² (SUB4) ERA AC. | Sistemas agroforestales sostenibles para el buen vivir. | Cosautlán de Carvajal (San Miguel Tlapexcatl y Limones) Xico (Úrsulo Galvan y Tlayahualapan) | Promover el desarrollo comunitario fortaleciendo los espacios de colectividad mediante la implementación de propuestas de adaptación al cambio climático en sistemas agroforestal de cafetal de sombra (SACS) que deriven en el buen vivir, asegurando que sean sostenibles en el largo plazo, social, ecológica y económicamente viables, adecuadas a los contextos locales y a los intereses de la actual generación de cafecultores y a las necesidades y expectativas de los y las jóvenes y mujeres de comunidades cafetaleras del centro de Veracruz. | Privada | | | ◆ |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONECTA ² (SUB5) Bosques Sabores, SC de RL de CV | Difusión y fortalecimiento de Bosques Comestibles de alto valor como freno al cambio de uso de suelo en la cuenca media de la Antigua | Coatepec (Mahuixtlán) Jalcomulco (Jalcomulco). | Desarrollar el modelo de bosques comestibles diversos y rentables para frenar el cambio de uso de suelo en la región de Jalcomulco, Veracruz y generar una alternativa productiva y sostenible con la siembra de productos de alto valor en pequeños espacios, la capacitación, organización, certificación, transformación y comercialización directa de los productos. | Privada | | ◆ | ◆ |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONECTA ² (SUB6) Alere & Abuntia SC de RL | Agroecología cafetalera, implementando prácticas para la conservación ecosistémica, del suelo, el manejo del carbono y la viabilidad socioeconómica del cultivo. | Tlaltetela (Rincón Toningo, Ohuapan). | Implementar protocolos de manejo agroecológico, técnico y científicamente asistido, en sinergia con la experiencia campesina y productiva en sistemas forestales cafetaleros, que se transformen en experiencias regionales exitosas y sostenidas en el | Privada | ◆ | | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|---|--|--|---|---|-------------------|-----|-----|-----|
| | | | Xico (Colonia El Haya, Chapulapan, Texolo, La Cascada). Ihuacán de los Reyes (Tetlaxca, La Perla). Coatepec (La Pitahaya, Zoncuantra, La Orduña) Teocelo (Santa Rosa). | largo plazo, en materia productiva, de conservación ecosistémica y con estrategias complementarias de certificación, mercado y financiamiento para dar viabilidad socioeconómica y cultural al proyecto. | | | | |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONNECTA ² (PLAT1) SENDAS AC | Fortalecimiento de grupos de productores de ganadería regenerativa (GP) y el organismo del sector social de la economía (OSSE)- Pixquiando SAPI de CV en la Cuenca Alta del Río La Antigua con el fin de desarrollar las estrategias de negocio para la producción sustentable (ENPS). | Xico Coatepec Tlalnehuayocan Acajete | Desarrollar la estrategia de negocio para la producción sustentable (ENPS) de la OSSE. | Privada | | | ◆ |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONNECTA ² (PLAT2) CAFECOL AC | Café Cooperativo: cooperativa cafetalera de calidad, trazabilidad y transparencia. | Teocelo Xico Coatepec Ihuacán de los Reyes Tlaltetela | Mejorar las capacidades de manejo y organizativas de GP (OSSE) agroforestales cafetaleros para desarrollar e implementar una Estrategia de Negocio para la Producción Sostenible (ENPS) bajo un enfoque de economía social y contribuir en la implementación de la Estrategia de Participación del Sector Privado (EPSP) de CONECTA. | Privada | | | ◆ |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONNECTA ² (PLAT3) ERA AC | Fortalecimiento de la Empresa Agroforestal de Economía Social LimSam Asociados S.C. de R.L., de C.V. para el escalamiento de la cadena productiva del café agroecológico, desde un enfoque de género y asegurando la sostenibilidad social, ecológica y económica. | Cosautlán de Carvajal | Mejorar las capacidades de manejo y organizativas de GP (OSSE) agroforestales cafetaleros | Privada | | | ◆ |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONNECTA ² (PLAT4) CEDECO | Crece Xico: escalamiento a una cafecultura sustentable y agroecológica replicable en la cuenca del RLA. | Xico | Fortalecer las capacidades de los y las integrantes de la Empresa Agroforestal de Economía Social LimSam Asociados S.C. de R.L., de C.V. en los ámbitos eco-productivos, de transformación y gestión empresarial, con visión de género y gestión territorial sustentable de la cuenca para el escalamiento en la cadena productiva del café agroecológico | Privada | | | ◆ |
| INECC-FMCN-FGM con apoyo de GEF-Banco Mundial (2022 a 2025) | CONNECTA ² (PLAT5) VIDA AC | Estrategias de negocio para la producción agroecológica con enfoque en economías inclusivas para productoras y productores de café de pequeña escala en las Grandes Montañas de Veracruz, México. | Cosautlán de Carvajal | Mejorar las capacidades de manejo y organizativas de GPS (OSSE) ganaderos y agroforestales para desarrollar e implementar una Estrategia de Negocio para la Producción Sostenible (ENPS) bajo un enfoque de economía social y contribuir en la implementación de la Estrategia de Participación del Sector Privado (EPSP) de CONECTA. | Privada | | | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|--|--|--|---|--|-------------------|-----|-----|-----|
| Programa Hídrico Regional (PHR 2021-2024) (Región Hidrológica Administrativa X Golfo Centro). Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). PHR 2021-2024 | AGUA-XAL Construcción de nueva fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Xalapa y el área conurbada | Construcción de nueva fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Xalapa y el área conurbada, Ver. | Xalapa | Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable | Federal | ◆ | | ◆ |
| | ESTU-XAL Elaboración de estudios de preinversión para la Nueva fuente abastecimiento Xalapa, Ver. | Estudios básicos en coordinación con las áreas técnicas de CONAGUA (geofísicos, geotécnicos, topográficos, hidráulicos, de calidad del agua, factibilidad técnica, socioeconómicos, ambientales) para la perforación de pozos profundos, bombeo, interconexión, tanque de cambio de régimen, conducción, potabilización y distribución a tanques existentes. | Xalapa | | Federal | ◆ | | ◆ |
| | FISE-COSA Fondo de infraestructura social estatal (FISE) 2021 | Construcción de sistema múltiple de agua potable etapa 3 | Cosautlán de Carvajal | | Estatal | ◆ | | ◆ |
| | FISE-ANT Fondo de infraestructura social estatal (FISE) 2021 | Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales | La Antigua | | Estatal | ◆ | | ◆ |
| | RE-XAL Recursos estatales 2021 | Construcción de colector pluvial división del norte (segunda etapa) | Xalapa | | Estatal | ◆ | | ◆ |
| | | Construcción de colector pluvial Hernández castillo (primera etapa) | | | | ◆ | | ◆ |
| | | Construcción de colector pluvial Cuauhtémoc | | | | ◆ | | ◆ |
| | | Construcción de colector pluvial Hernández castillo (segunda etapa) | | | | ◆ | | ◆ |
| Construcción de línea de conducción de agua potable para reforzamiento de tanques (planta potabilizadora - tanques ferrocarrilero, homex y encanto) | | | | | | ◆ | | |
| OE-XAL Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Capital Xalapa | Acompañamiento y seguimiento a la actualización y adhesión | Acajete, Coatepec, Teocelo, Tlalnelhuayocan, Xico y Xalapa | Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos. En Xalapa se contempla la construcción de red atarjeas, colectores y emisores para varias colonias de la parte noroeste de la Ciudad de Xalapa, Ver. Y una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Norte". | Estatal | ◆ | ◆ | ◆ | |
| OE-PE Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de | Acompañamiento y seguimiento a la actualización y modificación | Perote | | Estatal | ◆ | ◆ | ◆ | |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|----------------------|--|---|--|--|-------------------|-----|-----|-----|
| | la cuenca Río Bobos y Solteros | | | | | | | |
| PHR 2021-2024 | RECICLON Campañas de acopio múltiple de residuos (Reciclón) | Acopio de residuos mediante Reciclón (llantas, medicamentos en caducidad, aceite, electrónicos, pilas, papel, vidrio) | Xalapa, Tlalnelhuayocan Coatepec | | Estatal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | CORR-XAL Corredor Metropolitano Norte de Xalapa sobre cauce saneado del río Sedeño | A partir de la experiencia ciudadana en la gestión de la ANP Parque Lineal Quetzalapan Sedeño, replicarla mediante la construcción de la PTAR Norte Chiltoyac, en el marco del Convenio intermunicipal Xalapa-Banderilla suscrito por ambos Alcaldes, CMAS Xalapa, CMAPS Banderilla y Comité de Cuenca río Sedeño el 20/10/20 | Xalapa | | Federal y Estatal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | BORDOS Elaborar un manual para la construcción de bordos en drenes naturales | Se realizará un estudio para identificar áreas donde existen drenes naturales y bordos y a la vez comunidades con escasez de agua y en donde se puedan crear reservorios para almacenar el agua necesaria para el consumo en estas comunidades. | Tlaltetela Totutla Puente Nacional Paso de Ovejas Perote. | Aprovechar eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos. El estudio comprenderá un mapeo de los sitios donde existe factibilidad y a la vez un fuerte déficit de disponibilidad del agua y un manual de mantenimiento. Teniendo estos insumos se procedería a la consolidación de los bordos. | Estatal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | PSAH-HUIT Impulsar el reconocimiento de los servicios ambientales hidrológicos de las cuencas altas, y compensación económica de parte de quienes se benefician de ellos. Subcuenca del río Huitzilapan, edo de Puebla (Sub unidad de planeación Tuxpan- Puebla) | Ampliar las zonas de conservación de bosques hacia zonas prioritarias con programa de pago por servicios ambientales hidrológicos en la subcuenca del río Huitzilapan (afluente del Antigua) (ejidos Acocomotla y Chilchotla, Pixquiactlan y Actopan. Con aportación concurrente de la CONAFOR y CMAS Xalapa y replicando el modelo en operación en la cuenca del Pixquiactlan desde 2007. (Programa ANA Acuerdos por Nuestra Agua) | Chilchotla | Mejorar las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | REF-CHIL Reforestación en zonas prioritarias por Servicios Ambientales Hidrológicos en la subcuenca del río Huitzilapan, Puebla. | Se requiere reforestar 514 Ha en el ejido Acocomotla y 5,318. Has en el ejido Chilchotla, en zonas prioritarias por Servicios Ambientales Hidrológicos. La reforestación incluye obras de conservación de suelo y cercado y estará orientada al aprovechamiento forestal permanente bajo planes de aprovechamiento sustentable aprobados. | Chilchotla | Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos Estrategia prioritaria | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|----------------------|--|---|--|--|-------------------|-----|-----|-----|
| PHR 2021-2024 | SCALL Programa piloto de cosecha de agua de lluvia en 15 cabeceras municipales de la cuenca alta del RLA en Veracruz y Puebla. | Construcción de sistemas de cosecha de agua de lluvia (SCALL) en edificios públicos. | Xalapa Perote Acajete, Tlalnahuayocan Coatepec Xico Teocelo Cosautlán Ixhuatlán de Los Reyes Ayahualulco Chilchotla, Quimixtlán | Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable | Federal | ◆ | | ◆ |
| PHR 2021-2024 | RED-XICO Fortalecimiento de Comités locales de agua y Red de promotores comunitarios de Xico. | Capacitación de 30 promotores comunitarios de 10 localidades de Xico, para diseño, implementación y sistematización de tres Ordenamientos Territoriales Comunitarios (Texolo, Huehueyapan y Matlacobat), con incidencia y avalados por cinco Comités locales | Xico | | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | REHA-JAL Saneamiento del Río Pescados (Río Antigua) en el municipio de Jalcomulco | Con una red de promotores locales, se fortalecerán los Comités locales de Agua para la gestión integral y participativa. En una primera fase piloto se establecerán tres biodigestores (de tanque) en comunidades del mpio. de Jalcomulco. Se realizará un estudio para definir la conveniencia de rehabilitar la planta de tratamiento o establecer una planta nueva anaeróbica y en este caso realizar el proyecto ejecutivo. | Jalcomulco | | Federal | ◆ | | ◆ |
| PHR 2021-2024 | REHA-HUIT Saneamiento del Río Huitzilapan y sus afluentes y demarcación física de la zona federal | El Río Huitzilapan (abastece 60% del agua de Xalapa, la capital del estado) y sus principales afluentes desde la presa de Los Colibríes. 0.6 millones. Preparar y certificar 3 monitores comunitarios con protocolos de GWW México; y realizar monitoreos mensuales en 10 puntos para establecer una línea base y vigilar variaciones en la calidad del agua que reflejen alteraciones. Construcción de plantas de tratamiento para poblados aledaños al Río Huitzilapan y sus afluentes. Se requiere construcción de colectores para conectar la red de drenaje residual, adquisición de predio, el diseño, construcción de plantas, y humedales construidos para efluentes (tres comunidades) | Chilchotla, Quimixtlán | Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos Estrategia prioritaria | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|----------------------|--|---|-----------------------------|--|-------------------|-----|-----|-----|
| PHR 2021-2024 | RSU-COA Centro de compostaje en la cabecera municipal de Coatepec y campañas de educación ambiental y de sensibilización y comunicación. | Desarrollo de talleres para el manejo de RSU y residuos de manejo especial y peligroso. En colaboración con el Ayuntamiento, realizar difusión, vinculación y capacitación de jefes de manzana, instituciones educativas, comercios o negocios (incluido el mercado) e industria. | Coatepec | | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | AGRO-XICO Estrategias de transición agroecológica en subcuencas de Xico. | Transición agroecológica para optimizar la cantidad y calidad del agua retenida en los suelos. Tres biofábricas comunitarias para bioinsumos, en cada una de las subcuencas; campaña masiva para la reducción del uso de los plaguicidas. Establecimiento de tres módulos demostrativos con prácticas agroecológicas con bioinsumos. | Xico | Aprovechar eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos Estrategia prioritaria | Federal | | | ◆ |
| PHR 2021-2024 | ECOTE Fondo de ahorro cooperativo para proyectos de restauración ecológica, saneamiento y tratamiento para el cuidado del agua con ecotecnias en Xico, Jalcomulco y subcuenca Texizapan. | El fondo de ahorro cooperativo a nivel municipal generará inversiones para proyectos de restauración ecológica, saneamiento y tratamiento para el cuidado del agua con ecotecnias. Estará basado en criterios de mayor prioridad socio ambiental (biodiversidad, vulnerabilidad, marginación y capacidad de resiliencia), aplicando en 10 viviendas con sistemas de ecotecnias y la implementación de un proyecto productivo cooperativo. | Xico Jalcomulco | Mejorar las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | PTAR-XAL Construcción del Corredor Metropolitano Norte de Xalapa-Banderilla Red de atarjeas y colectores de aguas servidas y Construcción de la PTAR Norte (Chiltoyac). Concertado con CMAS. | A partir de la experiencia ciudadana en la gestión de la ANP estatal Parque Lineal Quetzalapan-Sedeño, se propone seguir con la descontaminación del río Sedeño, afluente del río Actopan , mediante la construcción de dos obras de infraestructura contempladas por CMAS-Xalapa: la Red de atarjeas y colectores de aguas servidas y la construcción de la PTAR Norte (Chiltoyac) Existe un estudio y proyecto operativo para la PTAR que requiere ser ajustado de acuerdo a los nuevos parámetros de la NOM 001. | Xalapa | Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | ANP-XAL Conservación y mantenimiento del ANP estatal Parque | Acciones puntuales y obras: reconstrucción de escalinata de acceso al andador, mejoramiento de andadores, rampas, vados, cunetas y/o pasos elevados, y muros secos donde hay deslizamientos menores, muros de contención en | Xalapa (área de influencia) | Reducir la vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías, con énfasis en pueblos indígenas y afroamericanos | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|----------------------|---|---|--------------------------|---|-------------------|-----|-----|-----|
| | lineal Sedeño Quetzalapan | deslizamientos mayores, gavión de contención en desbordamiento al río por fraccionamiento. Rescate de 5 manantiales. | | | | | | |
| PHR 2021-2024 | CMAS-XAL Reducción de la ineficiencia física y comercial del organismo operador de agua de Xalapa CMAS | Contratar e implementar un sistema comercial moderno que permita el control y seguimiento a contratos de usuarios, órdenes de trabajo, control de inventarios, lecturas de consumo, nóminas de personal, compras de material y contrataciones de servicios. Una mayor eficiencia comercial permitirá detectar fallas administrativas o actos de corrupción y hacer ahorros para invertir en el sistema. | Xalapa | Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable. Para reducir la pérdida del 60% del agua que entra en la red y se pierde en la misma se requiere: 1) adquirir equipo para detección de fugas en redes, 2) actualizar y digitalizar la información sobre las redes existentes en el municipio y 3) reparar las fugas en el sistema, considerando reemplazar redes completas donde sea necesario. | Federal | | | ◆ |
| PHR 2021-2024 | REHA-ANT Rescate de la salud del sistema de lagunas interdunarias entre la ciudad de Veracruz y Boca del Río hasta la Antigua. | Recuperar las condiciones de salud de los humedales, evitar la degradación, incrementar la resiliencia a las inundaciones de la zona conurbada, alimentar los manos freáticos, para el control de inundaciones y filtración/ depuración del agua, se requieren establecer estrategias de manejo, conservación y restauración, que permitan mantener los servicios ambientales que ofrecen los humedales. El trabajo se desarrollará en: Humedales Río Medio, Humedales Río Grande, Laguna Interdunaria Lagartos, Laguna Interdunaria Tarimoya, Humedales de agua dulce y salobre colindantes con el manglar de arroyo Moreno, ANP Arroyo Moreno, Canal de la Zamorana y Canal Jiménez Sur, Humedales y Potreros inundables de Manlio Fabio Altamirano | La Antigua | Reducir la vulnerabilidad de la población ante el cambio climático (inundaciones y sequías), con énfasis en pueblos indígenas y afroamericanos. Entre las acciones puntuales que se llevarán a cabo incluye: 1) Dragados para recuperar tirante de agua, 2) Sacar basura, 3) Corregir Taludes, 4) Establecer trampas de arena, 5) Desazolver canales, 6) Mantenimiento de compuertas, 7) Establecer guarniciones y banquetas, 8) Establecer taludes, 9) Delimitar las zonas federales, 10) Limpieza de vegetación, 11) Eliminación selectiva de vegetación flotante, 12) Delimitar y delinear humedales mediante metodologías CONAGUA-INEGI, 13) Acuerdos y Ordenamientos para evitar la expansión urbana sobre los humedales, 14) Evaluación de descargas residuales, 15) Corrección de canales. | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | RESI-ANT Incrementar resiliencia de zonas conurbadas de la cd. de Veracruz y Boca del Río y evitar inundaciones en zonas urbanas y rurales. | Incrementar la resiliencia de las zonas conurbadas y evitar las inundaciones de estas ciudades, a través de coadyuvar a la alimentación y depuración del agua de filtración al manto freático y recuperar salud del Sistema de humedales y laguna San Julián, de los humedales de Río Grande, de Río Medio, así como de Humedales y potreros inundables a través de acciones y gastos de infraestructura como la delimitación de las áreas federales. | La Antigua | El proyecto contempla inversiones en la construcción de taludes y banquetas, el establecimiento de trampas para retener arena, dragado, corrección de canales naturales que conectan a los humedales de la zona, y la evaluación de las descargas de aguas residuales. | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | REHA-XAL Programa continuo de educación ambiental, Vida Saludable y Comunitaria. (Desarrollo sustentable del río Sedeño "Lucas | Saneamiento y Acciones de Reforestación, Limpieza, Agroecología, Red de Mercados Locales, educación ambiental, cuidado del agua en 13 localidades de la subcuenca. Cuidado del agua y rescate de 5 manantiales | Xalapa | Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos Estrategia prioritaria. | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|----------------------|---|---|--------------------------|--|-------------------|-----|-----|-----|
| | Martin") en Xalapa y Banderilla. | | | | | | | |
| PHR 2021-2024 | CAP-XICO Fortalecimiento de capacidades e instrumentos para el ordenamiento ecológico municipal y un ordenamiento de los asentamientos urbanos en Xico. | Tres talleres con autoridades municipales sobre el Ordenamiento Ecológico Territorial del área Metropolitana de Xalapa, para contar con el Reglamento actualizado para la regulación del uso de sustancias nocivas como agrotóxicos en las áreas rurales. Posteriormente talleres trimestrales sobre temas relacionados con el recurso hídrico y con el derecho humano al agua y saneamiento. | Xico | | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | CSC-COA Conformación del Comité de Cuenca de Coatepec. | Realizar mesas de trabajo para la conformación formal de un Comité de Cuenca como organismo auxiliar del Consejo de Cuenca Tuxpan Jamapa. Integración y alianzas con el Ayuntamiento, instituciones y asociaciones, para cabildear la generación de un Centro de Compostaje de residuos urbanos sólidos (RSU) en alianza con Sedema Veracruz. | Coatepec | | No especificado | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | EDU-COA Programa de Educación Ambiental y proyecto piloto de un centro de compostaje contaminación del agua y su relación con el manejo de RSU y residuos de manejo especial y peligroso. | Identificar cuerpos de agua contaminados y relación con disposición de los residuos sólidos urbanos (RSU), así como identificar tipos de generadores de RSU y volúmenes generados, posteriormente realizar análisis de información para el diseño de materiales de trabajo. | Coatepec | | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | COMU-COA Campaña de difusión y comunicación para apuntalar la defensa de los cuerpos de agua. | Diagnóstico de los cuerpos de agua (río San Andrés, Tecajetes - Pintores y Pixquiác, así como el manantial El Pocito) para definir las necesidades de señalética y de difusión para prevención de su contaminación. Diseño gráfico, impresión y colocación de señalizaciones y mantas informativas, así como campañas de difusión por radio, televisión pública y reuniones informativas. | Coatepec Xalapa | Mejorar las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|----------------------|---|--|--------------------------|--|-------------------|-----|-----|-----|
| PHR 2021-2024 | REG-XAL Actualización de reglamentación de distintas instancias de los tres niveles de gobierno para la defensa de los cuerpos de agua y sus márgenes en el Municipio de Xalapa | Una vez delimitadas, demarcadas y reglamentadas los márgenes de los ríos se requiere de campañas informativas: diseño gráfico, impresión y colocación de señalizaciones y mantas informativas, así como campañas de difusión por radio y televisión pública y universitaria a la sociedad en general. | Xalapa | Se establecerán reuniones informativas con los responsables de las áreas gubernamentales involucradas, las asociaciones gremiales de notarios públicos, ingenieros, arquitectos, urbanistas, los fraccionadores, los grupos ecologistas de la sociedad organizada y estudiantes universitarios de carreras afines a la temática de los cuerpos de agua. | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | EGIRH-XAL Potestad sobre los cuerpos de agua de Xalapa para establecer las condiciones de su defensa de parte de las instituciones relacionadas con la gestión del agua | Reforzar la coordinación intersectorial para la defensa de los cuerpos de agua y sus márgenes, actualizar el status jurídico de potestad y regulaciones correspondientes. Mesas de trabajo para la definición de la potestad o competencia sobre los cuerpos de agua del Municipio de Xalapa y área metropolitana para establecer las condiciones de su defensa (Conagua, CAEV y CMAS Xalapa, Banderilla, E.Zapata y Coatepec) . | Xalapa | Adecuación de la reglamentación y criterios para la defensa de los cuerpos de agua y sus márgenes (Reglamentos de Desarrollo urbano, de protección civil, SEDEMA, acuerdos de cabildos y publicación en Gaceta del Estado). Aclaradas las potestades de las distintas instituciones sobre los cuerpos de agua la Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio puede enriquecer su reglamento para aclarar su competencia, y dar la definición y la certeza jurídica necesaria para la demarcación y defensa de los cuerpos de agua y sus márgenes en el Municipio de Xalapa. | No especificado | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | GIRH-JAL Plan Maestro de Gestión Integral y Sustentable del agua para cuenca media y alta del Río La Antigua. (Jalcomulco) | Recopilación de estudios y actualización de la calidad del agua en la Cuenca, integrando mapa de desagües y puntos de contaminación; el proyecto tiene como aliado a la organización Global Water Watch (GWW). Se actualizarán las medidas propuestas en el Plan de Acción para el manejo integral de Cuencas (PAMIC - La Antigua) | Jalcomulco | Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos Estrategia prioritaria. Realización de reuniones con Autoridades gubernamentales y del Consejo de Cuenca Tuxpan Jamapa, así como representantes de Comités del Agua de los municipios de Cuenca Alta y Media de la Antigua para el diseño del Plan Maestro de Gestión Integral y Sustentable de uso del Agua. Fortalecimiento de una Red de Promotores Comunitarios de Agua y Sustentabilidad en la Cuenca media y alta en alianzas con el proyecto de cuenca Xiqueña y de Teocelo). Se llevarán a cabo capacitaciones a funcionarios municipales en Ecotecnias para saneamiento y su aplicación a la obra pública en localidades de distintos municipios. | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | PDM-PE Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024 | Rehabilitación de la infraestructura hidráulica del municipio de Perote, Ver. | Perote | Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |
| PHR 2021-2024 | REST-HUIT Demarcación física de zonas federales para el monitoreo y saneamiento del Río | Se requiere delimitar la zona federal de los márgenes del Río Huitzilapan y sus afluentes para establecer una franja de amortiguamiento con arbolado y así, frenar la erosión ribereña y la escorrentía de agrotóxicos hacia los cuerpos de agua. Para vigilar la salud del agua del río se | Chilchotla, Quimixtlán | Conservar cuencas y acuíferos para mejorar la capacidad de provisión de servicios hidrológicos | Federal | ◆ | ◆ | ◆ |

Planes de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas (PAMIC)

| Institución o Fuente | Nombre del programa o proyecto | Descripción del programa o política | Municipios (localidades) | Objetivos o metas | Tipo de inversión | CON | RES | APP |
|----------------------|--------------------------------|--|--------------------------|-------------------|-------------------|-----|-----|-----|
| | Huitzilapan y sus afluentes. | requiere realizar monitoreos periódicos de calidad de agua para detectar anomalías | | | | | | |



ANEXO 4

Recomendaciones para transversalización de la perspectiva de género en iniciativas de restauración, conservación y adecuación de prácticas productivas.

En este apartado se presentan algunos lineamientos generales y ejemplos de medidas para incorporar la perspectiva de género en cada una de las etapas de proyectos o iniciativas de restauración, conservación y adecuación de prácticas ganaderas y agroforestales.

El objetivo es asegurar la participación activa de mujeres y hombres de forma transversal para incorporar sus perspectivas, conocimientos y necesidades, ya sea como personas beneficiarias o como parte de equipos técnicos, en donde también es recomendable incluir personas especialistas en género y salvaguardas sociales.

1. Diagnóstico y definición del problema

- Considerar el índice de brechas de género u otras desigualdades identificadas en el PAMIC para priorizar las áreas geográficas o problemas de atención.¹
- Realizar un análisis de género para comprender cómo los roles, necesidades y relaciones de género pueden influir en los resultados ambientales deseados. Considera cómo hombres y mujeres utilizan los recursos y se ven afectados de manera diferencial por las problemáticas ambientales.

2. Diseño y planificación

- Simplificar procesos de aplicación y asegurar que los requisitos para participar y beneficiarse de las iniciativas no reproduzcan la desigualdad de género. Por ejemplo, evitar solicitar la titularidad de la tierra como condición de participación o financiamiento.
- Contemplar acciones afirmativas, como convocatorias o apoyos dirigidos exclusivamente a mujeres o a grupos conformados por al menos 40% de mujeres; cuotas de participación; microcréditos; capacitaciones en temas tradicionalmente masculinizados, como el manejo del fuego; capacitaciones y apoyos productivos orientadas a la autonomía económica de las mujeres mediante la diversificación productiva y acceso a mercados de productos sustentables; y apoyos para el trabajo doméstico y de cuidados. Para más detalle y ejemplos, pueden revisarse las acciones afirmativas en el marco del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) y el Programa

¹ Medidas de carácter temporal para corregir, compensar o promover que buscan catalizar la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres (DOF, 2006)

para la Protección y Restauración de Ecosistemas y Especies Prioritarias (PROREST), de la CONANP.

3. Implementación

- Establecer mecanismos justos de distribución del trabajo y los beneficios, como conocimientos, recursos productivos y oportunidades económicas.
- Incorporar medidas asociadas a las ciencias del comportamiento para favorecer y fortalecer la participación de mujeres, como mencionar explícitamente a las mujeres productoras y la importancia de su trabajo en convocatorias, enviar recordatorios de actividades, utilizar ejemplos de mujeres como modelos de comportamiento a seguir, fomentar grupos de ayuda y ahorro liderados por mujeres (Reyes-Retana et al., 2023).
- Implementar tecnologías que reduzcan la carga de trabajo no remunerado de las mujeres y favorezcan un aprovechamiento eficiente y sustentable de los recursos naturales, como cocinas ahorradoras de leña, paneles solares, sistemas de captación de agua de lluvia y de riego eficiente.

4. Monitoreo y Evaluación

- Utilizar indicadores de género para analizar los resultados e impacto de las iniciativas en hombres y mujeres. De base, esto implica desagregar por género todos los indicadores con referencia directa a personas (p.ej. número de personas beneficiadas; número de personas que reducen el tiempo destinado a una actividad determinada). Además, pueden incorporarse indicadores de procesos, como porcentaje de actividades participativas con al menos una medida para promover y fortalecer la participación de mujeres.

Para más alternativas y orientación de cómo incorporar la PdG en este tipo de iniciativas, pueden consultarse los siguientes recursos:

Generales

- Lista de chequeo para la integración de género y medio ambiente en iniciativas ambientales
- Lista de Verificación para Talleres Sensibles a las Cuestiones de Género

Producción sostenible

- Género y producción sostenible: Abordar las brechas de género y las desigualdades sociales para mejorar las cadenas de suministro agrícolas

- Puntos de partida para incorporar la perspectiva de género en el diseño y la ejecución de proyectos de gestión forestal sostenible
- Informe Metodológico de ONU-REDD sobre Género
- Plan de acción de género y juventudes (resumen ejecutivo). Proyecto carne libre de deforestación en sistemas de libre pastoreo

Restauración y conservación

- Directrices para una restauración con perspectiva de género

Iniciativas climáticas.

- Guía para la integración de enfoque de género en proyectos, programas, planes y políticas para la gestión del cambio climático del sector agropecuario

ANEXO 5

Registro fotográfico
Créditos: FMCN y FGM



Primer taller PAMIC con la participación de representantes de Organizaciones Locales Legalmente Constituidas (OLLC) (Coatepec, Veracruz, 12 de abril de 2022).



Entrevistas en campo dirigidas a grupos focales (personas locales que llevan a cabo actividades agropecuarias en la cuenca del RLA)



Segundo taller PAMIC con la participación de representantes del Consejo de Cuenca Tuxpan al Jamapa (Xalapa, Veracruz, 19 de agosto de 2022).



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC

INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO