



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**INECC**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA Y  
CAMBIO CLIMÁTICO

**VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS  
CLAVE EN CUENCAS DE MÉXICO  
REPORTE FINAL  
Elaboración: 2022**

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)  
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

## Directorio

### **Dr. Agustín Ávila Romero**

Encargado del Despacho de la Dirección General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

### **Dra. Margarita Caso Chávez**

Coordinadora General de Adaptación al Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

### **Juan José Miranda Montero**

Economista Ambiental Senior. Banco Mundial.

### **Tuuli Johanna Bernardini**

Especialista Ambiental Senior. Banco Mundial.

### **Daniel Alfredo Revollo Fernández**

Consultor encargado de "Valoración económica de los servicios ecosistémicos proporcionados por la ganadería sostenible y la producción agroforestal en determinadas cuencas hidrográficas de México"

### **Juan José Von Thaden Ugalde**

Consultor encargado de "Evaluación biofísica de los servicios ecosistémicos prioritarios proporcionados por los ecosistemas naturales y modificados dentro de las cuencas - hidrográficas seleccionadas en México"

## Elaboración

### **Debora Lithgow.**

Consultora encargada de "Scoping study and project tracking for Economic Valuation of Ecosystem Services to Strengthen Integrated Landscape Management in Selected Watersheds in Mexico" y supervisión técnica de valoración de servicios ecosistémicos clave en cuencas de México.

## Revisión y seguimiento

### **María del Pilar Salazar Vargas**

Directora de Economía Ambiental y de Recursos Naturales (INECC)

### **Juan José Miranda Montero**

Banco Mundial

### **Tuuli Johanna Bernardini**

Banco Mundial

## Agradecimientos

Al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, a la Dirección de Servicios Ambientales Hidrológicos y Adaptación al Cambio Climático con Enfoque de Cuenca del INECC y a todas las personas expertas que participaron en los talleres.

## Forma de citar (APA)

Grupo Banco Mundial, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2022). VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE EN CUENCAS DE MÉXICO: Reporte Final. Banco Mundial, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México.

## Financiamiento

Global Program on Sustainability (GPS) por medio de Banco Mundial

## Créditos de las Figuras

Elaboración propia

## Créditos de las fotografías de portada

Cristina Nieto, tomada en Mascota, Jalisco.

## ÍNDICE

<b>Resumen ejecutivo</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>1. Introducción</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>2. Métodos</b>	¡Error! Marcador no definido.
2.1 Selección de cuencas prioritarias para la valoración	13
2.2. Caracterización de las cuencas seleccionadas	15
2.3. Selección de servicios ecosistémicos a evaluar en las cuencas seleccionadas	17
2.4. Métodos de valoración de los servicios ecosistémicos prioritarios	18
2.5 Escenario CONECTA y comparación con el escenario BAU	19
<b>3. Resultados</b>	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Selección de cuencas prioritarias para la valoración biofísica y económica	21
3.2. Caracterización de las cuencas seleccionadas	22
3.3. Selección de servicios ecosistémicos a evaluar	27
3.4. Evaluación de servicios ecosistémicos seleccionados	29
3.5. Comparación de los escenarios BAU y CONECTA	44
<b>4. Conclusiones y recomendaciones</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>5. Literatura citada</b>	¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE TABLAS

Anexo 1. Criterios, subcriterios e indicadores utilizados en la identificación de cuencas prioritarias.....	i
Anexo 2. Uso de suelo y vegetación (caracterización).....	vi
Anexo 3. Uso de suelo y vegetación (caracterización).....	xii
Anexo 3. Superficies deforestadas entre 2002 y 2018 y su importancia en la conectividad.....	xxiii
Anexo 4. Valores utilizados para el cálculo de carbono en las tres cuencas y limitaciones de los insumos y métodos .....	xxvii
Anexo 5. Valor económico del SE de polinización para diferentes productos agrícolas.....	xxxiii
Anexo 6. Valoración económica de escenarios CONECTA y BAU.....	xxxv

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de evaluación de servicios ecosistémicos en cuencas mexicanas.....	12
Figura 2. Proceso para la selección de cuencas prioritarias.....	14
Figura 3. Variables consideradas en la caracterización biofísica, social y económica .....	15
Figura 4. Resumen del proceso de selección de los SE estratégicos.....	17
Figura 5. Métodos de valoración biofísica y económica de los servicios ecosistémicos	18
Figura 6. Acciones que componen el escenario CONECTA.....	19
Figura 7. Desempeño de las tres cuencas CONECTA seleccionadas con respecto a los criterios evaluados.....	21
Figura 8. Tasas de pérdida de cobertura vegetal anual de 1993 a 2018 .....	23
Figura 9. Principales factores que explican la deforestación entre 1997 y 2018.....	24
Figura 10. Crecimiento poblacional de las tres cuencas entre 1995 y 2020.....	25
Figura 11. Servicios ecosistémicos identificados .....	29

Figura 12. Evaluación biofísica de conectividad del paisaje .....	32
Figura 13. Almacenamiento y secuestro de carbono en las tres cuencas .....	34
Figura 14. Regulación de inundaciones en Ameca-Mascota y Jamapa bajo dos escenarios .....	36
Figura 15. Evaluación biofísica y valoración económica del servicio de provisión del agua .....	38
Figura 16. Evaluación biofísica y económica de la polinización .....	40
Figura 17. Servicio de recreación en Jamapa .....	43
Figura 18. Área total de las acciones CONECTA evaluadas biofísicamente desde dos perspectivas .....	45
Figura 19. Comparación biofísica de los escenarios BAU y CONECTA .....	46
Figura 20. Marco conceptual y analítico para la integración de la valoración de servicios ecosistémicos clave en la toma de decisiones de inversión en acciones climáticamente inteligentes .....	53

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento resume los principales hallazgos del estudio técnico “Valoración los servicios ecosistémicos prioritarios proporcionados por los ecosistemas naturales y modificados en cuencas seleccionadas de México”. Este estudio fue financiado por una donación del Programa Global de Sostenibilidad (GPS, por sus siglas en inglés), gestionado por el Banco Mundial (BM) en el marco del proyecto “Conectando la salud de las cuencas con la producción ganadera y agroforestal sostenible” (CONECTA). Donde el objetivo general de este estudio es fortalecer los fundamentos técnicos para la promoción del manejo integrado del paisaje con valoración económica de servicios ecosistémicos en el proyecto CONECTA.

El proyecto CONECTA contempla 15 cuencas ubicadas en cinco ecorregiones<sup>1</sup> y agroecosistemas diferentes en Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz. Para la valoración económica de servicios ecosistémicos clave, primero, se eligieron tres cuencas CONECTA prioritarias, a partir de un análisis multicriterio<sup>2</sup>, estas cuencas fueron Ameca-Mascota (Jalisco), Del Carmen (Chihuahua) y Jamapa (Veracruz). Posteriormente, se seleccionaron servicios ecosistémicos prioritarios para las cuencas seleccionadas y se evaluaron, en un primer momento desde el punto de vista biofísico para, posteriormente, utilizar estos resultados como insumos para la valoración económica de estos. En las tres cuencas se evaluaron los servicios de calidad de hábitat (a manera de proxy conectividad del paisaje) y almacenamiento y secuestro de carbono, mientras que, en Ameca-Mascota y Jamapa se evaluó la regulación de inundaciones, en la cuenca del Carmen se evaluó la provisión de agua y en Jamapa se analizaron los servicios de polinización y de recreación.<sup>3</sup>

Los resultados de la evaluación biofísica de la conectividad del paisaje indicaron una disminución significativa en las tres cuencas durante el periodo 2002-2018. También, se estimó la disponibilidad a pagar de turistas potenciales por un paisaje mejor conservado, resultando un valor económico mínimo por año de USD\$ 23 millones (MXN\$ 464 millones) en Ameca-Mascota, de USD\$ 19 millones en la cuenca del Carmen (MXN\$ 388 millones) y USD\$ 16 millones (MXN\$ 389 millones) en Jamapa, bajo el supuesto que el 10% de los turistas estaría dispuesto a pagar. Adicionalmente, se evaluó el costo de oportunidad de implementar actividades ganaderas en las zonas conservadas, encontrándose que el valor monetario anual bajo esta aproximación asciende a USD\$ 20 millones (MXN\$ 406 millones) en Ameca-Mascota, a USD\$ 19 millones (MXN\$ 391 millones) en la cuenca del Carmen y a USD\$ 13 millones (MXN\$ 261 millones) en Jamapa.

<sup>1</sup> Las cuencas de Chiapas están en las ecorregiones selva cálido-húmedas y sierras templadas. Las cuencas de Chihuahua están en las ecorregiones desiertos de América del Norte, elevaciones semiáridas meridionales y sierras templadas. Las cuencas de Jalisco están en las ecorregiones de selvas cálido-húmedas, selvas cálido-secas y sierras templadas. Por último, las cuencas de Veracruz, están en las ecorregiones de selvas cálido-húmedas, selvas cálido-secas y sierras templadas.

<sup>2</sup> Se utilizó la técnica ordenación de preferencias por similitud a la solución ideal (TOPSIS) el cual intenta elegir alternativas que simultáneamente tienen la distancia más corta de la solución ideal positiva y la distancia más alejada de la solución ideal negativa. Ver sección de Métodos para más información.

<sup>3</sup> Los diferentes SE considerados para el análisis fueron seleccionados en un trabajo previo de la consultoría donde se tomó en cuenta su importancia en la cuenca en torno a aspectos ambientales, sociales y socio-económicos.



La evaluación del almacenamiento y secuestro de carbono indicó que este SE en 2018 era de 203 toneladas por hectárea (ton/ha) en Ameca-Mascota, 125 ton/ha en la cuenca del Carmen y de 178 ton/ha en Jamapa. Al comparar el carbono almacenado en 2002 contra el 2018, se encontró que en las cuencas de Ameca-Mascota y del Carmen fue negativo en el secuestro de carbono alrededor de 1.3 millones y 436 mil toneladas, respectivamente. Por el contrario, para el caso de Jamapa, a pesar de la deforestación, el secuestro de carbono fue positivo cerca de 1.4 millones de toneladas de carbono debido, principalmente, a la recuperación de parches de bosques mesófilo de montaña y de manglar.

Este SE de almacenamiento y secuestro de carbono fue evaluado económicamente desde el punto de vista social y del mercado. En el primer caso, el SE fue de \$77 millones de dólares americanos (USD) (\$1,578 millones de pesos mexicanos<sup>4</sup> (MXN)) en Ameca-Mascota, \$277 millones de USD (\$5,661 millones MXN) en el Carmen y \$ 97 millones de USD (\$1,978 millones MXN) en Jamapa. En contraste, considerando los precios de mercado a nivel internacional, específicamente el precio de los certificados de carbono en California, el valor económico asciende a \$45 millones de USD (\$ 916 millones MXN) en Ameca-Mascota, USD\$ 161 millones (\$3,287 millones MXN) en Carmen y \$ 56 millones de USD (\$1,148 millones MXN) en Jamapa. Es importante indicar que para todos los SE considerados para la estimación de la valoración económico se considera como año de referencia el 2021.

Respecto al servicio de regulación de inundaciones, este se evaluó bajo dos escenarios (lluvias fuertes con potencial de causar inundaciones<sup>5</sup> y lluvias durante un evento extremo<sup>6</sup>), tanto para Ameca-Mascota como Jamapa. En Ameca-Mascota, en el primer escenario (220 mm) se inundarían 231 km<sup>2</sup> y en el escenario extremo (560 mm) 557 km<sup>2</sup>, afectando a 120 km<sup>2</sup> y 332 km<sup>2</sup> de cultivos, respectivamente. En Jamapa, bajo el primer escenario, se inundarían 926 km<sup>2</sup> y en el escenario extremo (355 mm) 1,370 km<sup>2</sup>, afectando a 481 km<sup>2</sup> y 548 km<sup>2</sup> de cultivos y pastizales. Dado que la agricultura es un sector que puede ser fuertemente afectado por inundaciones, se estimó el valor económico de las potenciales pérdidas en la producción agrícola de todos los cultivos que se realizan en las cuencas.

En Ameca-Mascota, bajo el primer escenario y suponiendo que solo un 10% de la producción se perdiera, su valor sería de más de USD\$ 3 millones (MXN\$ 61 millones) que en el caso del escenario extremo ascendería a USD\$ 8.3 millones (MXN\$ 170 millones), USD\$ 25 millones (MXN\$ 510 millones) y USD\$ 67 millones (MXN\$ 1360 millones) si fueran afectados 10 %, 30 % y 80 % de los cultivos. Por su parte, estos mismos cálculos en Jamapa indicaron que bajo el primer escenario, si el 10% de los cultivos fueran afectados, las pérdidas serían de alrededor de USD\$ 10 millones (MXN\$ 223 millones) que bajo el escenario extremo ascenderían a USD\$ 11 millones (MXN\$ 224 millones), USD\$ 33 millones (MXN\$ 674 millones) y USD\$ 88 millones (MXN\$ 1,799 millones) si la superficie de cultivos dañada fuera de 10 %, 30 % y 80 %, respectivamente.

<sup>4</sup> Pesos mexicanos 2021=100.

<sup>5</sup> 230 mm.

<sup>6</sup> 560 mm.



Además del SE regulación de inundaciones, en Jamapa se evaluaron los servicios de polinización y recreación. En cuanto a polinización, se consideraron a los insectos apiformes por su papel como polinizadores naturales y por su contribución al mantenimiento de la calidad en los cultivos importantes, tal como el de café en Veracruz. Se observó que la abundancia de estos polinizadores se concentra en la zona alta de la cuenca tanto en primavera como en verano y que dicha abundancia incrementa durante la floración primaveral del café. La valoración económica de este SE resaltó que cuando menos una cuarta parte del valor total de toda la producción agrícola de la cuenca depende directamente de la polinización por insectos, ascendiendo a USD\$ 90 millones (MXN\$ 1,846 millones).

En cuanto al servicio de provisión de agua superficial, se encontró que en la cuenca del Carmen puede existir la disponibilidad de 950 hm<sup>3</sup> de este líquido al año, con un rendimiento estacional mayor entre los meses de julio-agosto. Dada la importancia del agua superficial para la agricultura de la zona, se calculó su valor a través del método de costos de oportunidad. Se asumió que la cantidad de agua destinada a la producción agrícola podría ser destinada a otros usos como acuacultura y agua potable. De esa manera, el valor total del agua superficial que consume la agricultura tendría un valor entre USD\$ 11 millones (MXN\$ 217 millones) si se considera el régimen de acuacultura y USD\$ 1284 millones (MXN\$ 26211 millones) bajo el régimen de agua potable.

Por otro lado, la evaluación del SE de recreación en Jamapa destacó que actualmente existen 11 sitios de interés turístico, sin embargo, se identificaron 150 sitios adicionales con un potencial valor turístico. El valor económico de este SE fue estimado a través de un experimento de elección, por medio de la aplicación de 879 cuestionarios, considerando si los potenciales turistas estarían dispuestos o no a realizar turismo de naturaleza, en este caso, asociado a actividades agroforestería y de ganadería regenerativa, dados los propios objetivos de CONECTA. La información recabada permitió estimar que una persona estaría dispuesta a pagar de entre \$22.55 y 29 USD (\$460-594 MXN) por visita de turismo asociado a actividades agroforestales y USD\$ 20.6-20.8 (MXN\$ 420-425) para turismo asociado a ganadería regenerativa. Posteriormente, la información de la DAP fue utilizada para estimar el valor económico del SE de recreación en la cuenca, considerando que una proporción del número de turistas que anualmente visitan el estado de Veracruz (5.3 millones de personas) podría visitar Jamapa con interés en turismo de naturaleza. Así, si dicha proporción fuera sólo del 1 %, el valor monetario anual del SE de recreación en Jamapa ascendería a aproximadamente USD\$ 1.5 millones (MXN\$ 32 millones) para agroforestería y de USD\$ 1 millón (MXN\$ 23 millones) para ganadería regenerativa.

A partir de los resultados mencionados previamente, el siguiente paso fue evaluar los beneficios que se podrían obtener a partir de las acciones CONECTA si se implementaran una serie de acciones climáticamente inteligentes<sup>7</sup>. Se generaron escenarios con dos horizontes temporales 2026 (cuando el proyecto termina y todas las acciones estarán implementadas) y 2041 (evaluar los resultados 15 años después de implementadas las acciones). Para esto, se seleccionaron un total de once acciones vinculadas a CONECTA,

---

<sup>7</sup> Las acciones climáticamente inteligentes se refieren e a una variedad de prácticas comprobadas e innovadoras que permiten aumentar la productividad, mejorar la resiliencia al cambio climático y reducir las emisiones de GEI provocadas por la actividad agrícola.



de las cuales cinco acciones fueron evaluadas biofísica y económicamente. Y seis acciones fueron evaluados financieramente desde los puntos de vista privado y social.

Las acciones evaluadas biofísica y económicamente fueron: establecimiento de cercos vivos y restauración de vegetación riparia en Ameca-Mascota y Jamapa; establecimiento de líneas de arbustos junto a las cercas y recuperación de pastizales en la cuenca del Carmen y la colocación de árboles dispersos en pastizales en las tres cuencas. Además, se evaluaron financieramente: establecimiento de bancos de proteínas y de líneas de distribución de agua y de huertos caseros; así como, manejo silvopastoril y asesoría técnica tanto para el monitoreo del agua para consumo animal como para el mejoramiento reproductivo del ganado.

Los resultados de la evaluación biofísica sugieren que las acciones valoradas benefician significativamente tanto a la conectividad como a la almacenamiento y secuestro de carbono. Estos beneficios están asociados al efecto de las acciones propuestas sobre la disminución de la deforestación. Por su parte, el análisis financiero mostró que la mayoría de las acciones sugeridas tiene un impacto positivo a mediano y largo plazo sobre los ingresos y costos en la producción ganadera y/o agroforestal. Del total de acciones analizadas, dos de ellas no resultaron viables porque no pudieron contabilizarse ingresos financieros, estas acciones fueron: líneas de distribución de agua en los predios y asesoría técnica para la implementación de monitoreo de la calidad del agua para consumo animal. No obstante, en ambos casos se reconocen los posibles beneficios. Así mismo, es importante mencionar que la actividad de mantener la actividad de ganadería convencional no es viable para la cuenca Ameca-Mascota en ninguno de los horizontes temporales (2022, 2026 y 2041).

Los resultados antes mencionados, incluyendo el grupo de acciones climáticamente inteligentes fueron presentadas ante un grupo de personas expertas en dos talleres participativos. En estos eventos se evaluó la magnitud en la que cada acción propuesta podría contribuir a: manejo integrado del paisaje, la transición hacia la ganadería y agroforestería sustentables, el impulso de la participación de las mujeres, la adaptación al cambio climático y la recuperación verde después de la pandemia.

El análisis de las participaciones mostró que todas las acciones presentadas fueron percibidas con impacto positivo en todos los temas evaluados. Sin embargo, la restauración de vegetación riparia y el establecimiento de cercos vivos y árboles en pastizales fueron percibidas con los mayores beneficios.

Finalmente, este trabajo propone un marco conceptual con la finalidad de facilitar el proceso de toma de decisiones en la planificación y ejecución de inversiones en acciones climáticamente inteligentes, considerando el contexto de CONECTA y de proyectos similares que busquen promover la agroforestería y la ganadería regenerativa en el territorio. Este marco busca que la valoración biofísica y económica de los servicios ecosistémicos sea considerada como una herramienta útil en este proceso. En el sentido que la valoración biofísica pretende medir la importancia de los SE desde un punto de vista biológico para los ecosistemas y ser un insumo importante para la valoración económica. Así mismo, que la valoración económica sea una herramienta para



dimensionar la importancia de ciertas acciones sobre los SE, y por ende sobre los socio-ecosistemas. Además, se plantea que la valoración económica debe incluir tanto los costos como los beneficios esperados de las acciones a implementar desde las perspectivas privadas y sociales.



# 1. INTRODUCCIÓN

La generación y acceso a la información puede cambiar la manera en que vemos el mundo que nos rodea, nuestro lugar en él y la manera en que organizamos nuestras vidas para aprovechar al máximo los beneficios disponibles gracias a nuestros recursos locales (ONU, 2021). En las últimas décadas, la actividad antropogénica con fines productivos ha impulsado la degradación o sustitución de los ecosistemas naturales, en particular los bosques, lo que a su vez han reducido su capacidad para brindar una gama de servicios ecosistémicos (SE) importantes para asegurar el bienestar humano, por lo que generar información de la situación actual y futura es clave para establecer estrategias para un crecimiento sostenible (IPBES, 2019).

En este sentido, para el Programa Global de Sostenibilidad (GPS) del Banco Mundial (BM), medir la contribución del capital natural al desarrollo de los países participantes es fundamental para orientar la inversión hacia el crecimiento sostenible y ayudar a abordar la pérdida de biodiversidad, recuperación verde de COVID-19, y crisis del cambio climático. El GPS mira más allá del Producto Interno Bruto (PIB) y las métricas financieras tradicionales para tener en cuenta los riesgos y oportunidades ambientales que valoran el capital natural y los SE. Asimismo, la importancia de identificar opciones de políticas públicas e incentivos del sector privado relevantes a través del análisis de los vínculos entre la degradación ambiental (evaluación biofísica) y los resultados de la valoración económica de los servicios ecosistémicos para promover medios de vida rurales sostenibles y con enfoque regenerativo.

Asimismo, el acelerado deterioro de los recursos naturales, así como los efectos observados del cambio climático, están causando una pérdida irreversible en la capacidad de los ecosistemas para proveer diversos servicios ecosistémicos (SE) que sostienen y satisfacen el bienestar de las sociedades humanas (Dlamini, 2020).

Si bien, las causas de cambios en la provisión de SE pueden deberse a eventos naturales, se ha documentado que la conversión de ecosistemas naturales a sistemas de aprovechamiento más intensificado, como los agropecuarios, agroecosistemas y las zonas urbanas, son las principales causas de su degradación y agotamiento (Hassan et al., 2020; IPBES, 2019). Entre las consecuencias del cambio en el uso del suelo se encuentran, la pérdida de la biomasa forestal, pérdida de conectividad, la erosión de suelos, la fragmentación de hábitats con el consecuente incremento de enfermedades zoonóticas (p.ej. COVID-19), la disminución en la calidad del agua, el aumento en la escorrentía superficial, así como, la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera, y con ello, la modificación de las condiciones climatológicas (Kumari & Raghubanshi, 2020; Schmeller et al. 2020).



A su vez, otra causa que afecta la provisión de los SE a corto, mediano y largo plazo y, que tendrá severas consecuencias, es el cambio climático. Este fenómeno se manifiesta a escala local, regional y global, dado que este fenómeno altera las temperaturas y los patrones climáticos. Lo cual tendrá afectaciones directas en SE tales como: provisión de alimentos, biodiversidad, escasez de agua, regulación de inundaciones, entre otros. Por tal motivo, es necesario también tener en cuenta este factor para el análisis de los SE.

Por lo tanto, la necesidad de visibilizar la importancia de los SE y proveer insumos técnicos para las políticas públicas y acciones encaminadas al uso sustentable de los ecosistemas han llevado al desarrollo de diversas herramientas espacialmente explícitas que permiten su cuantificación, mapeo y retroalimentan la valoración económica de éstos, que es necesaria para lograr el manejo integrado del paisaje (Geneletti, et al. 2020; Paulin et al. 2020).

CONECTA es un Proyecto de País del Programa de Impacto (IP) de Sistemas Alimentarios, Uso de suelo y Restauración (FOLUR, por sus siglas en inglés) en el marco del séptimo ciclo de reposición del *Global Environmental Facility* (GEF). FOLUR busca promover paisajes integrados sostenibles y cadenas de valor alimentarias eficientes a nivel local. El Objetivo de Desarrollo del Proyecto de CONECTA es mejorar el manejo integral del paisaje (ILM, por sus siglas en inglés) y promover prácticas productivas climáticamente inteligentes en cuencas hidrográficas seleccionadas en cuatro ecorregiones y agroecosistemas diferentes en los estados de Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz en México, con el fin de promover prácticas sostenibles y regenerativas en situaciones reales y crear un entorno propicio para la replicación y la ampliación de futuras iniciativas. CONECTA promueve el ILM participativo y la colaboración intersectorial entre los distintos niveles de gobierno (INECC & FMCN, 2020).

Entre las actividades económicas en línea con los objetivos del ILM están la ganadería regenerativa y la agroforestería (Dos Santos et al., 2021; Plieninger et al., 2020). Ambas actividades tienen un gran potencial en México debido a su importancia socioeconómica y la posibilidad de recuperar biodiversidad.

La ganadería regenerativa combina plantas leñosas perennes (como árboles, arbustos, palmas o bambús) con cultivos agrícolas y animales en la misma parcela de tierra con algún tipo de disposición espacial y cronológica. Esta actividad puede llevarse a cabo en diferentes contextos socioambientales, involucrando diferentes tipos de sistemas como: bosque, pastizales naturales, corredores ribereños, árboles dispersos en potreros, sistemas silvopastoriles, setos forrajeros, bancos de forraje, cercas vivas, pastoreo rotacional, entre otros (de Otálora et al., 2021). Por su parte, la agroforestería es una alternativa sustentable a la agricultura intensiva que combina árboles con cultivos agrícolas, por lo que permite la producción rentable y la conservación ambiental al mismo tiempo (Banco Mundial, 2022).

El desarrollo de la agroforestería y la ganadería regenerativa en el marco del ILM requiere de ejercicios de VE de los SE asociados con estas actividades productivas para identificar claramente tanto sus beneficios como sus limitantes (Buck et al., 2020), promover una transición efectiva y además contribuir a la recuperación verde, tras la pandemia de COVID-19. En este sentido, la VE de los SE tiene el potencial de convertirse en una



herramienta para la conservación de los recursos naturales mientras se considera la transición hacia una mejor calidad de vida para los productores, sus familias y el resto de la cadena de valor.

De acuerdo con INECC (2020), como parte de las herramientas analíticas que apoyan y brindan consideraciones económicas para las decisiones de inversión climática, así como las políticas y acciones públicas en el territorio, las metodologías para la valoración económica de SE brindan información relevante, entre otros, para:

- i) presentar el valor económico de los SE estudiados (incluyendo los costos de su pérdida),
- ii) esforzarse por incidir en el comportamiento de los consumidores y proveedores de SE, reconociendo la racionalidad socio-económica de las decisiones sobre conservación y manejo sustentable de SE y recuperación verde,
- iii) conocer los costos de oportunidad reales de no implementar medidas, de adaptación y/o mitigación, al cambio climático (CC),
- iv) examinar la contribución de los SE a los beneficios colaterales (externalidades positivas) y
- v) apoyar a los tomadores de decisiones en el diseño, monitoreo y evaluación de instrumentos en la planificación de instrumentos de política pública y que estos contribuyan con beneficio de la sociedad.

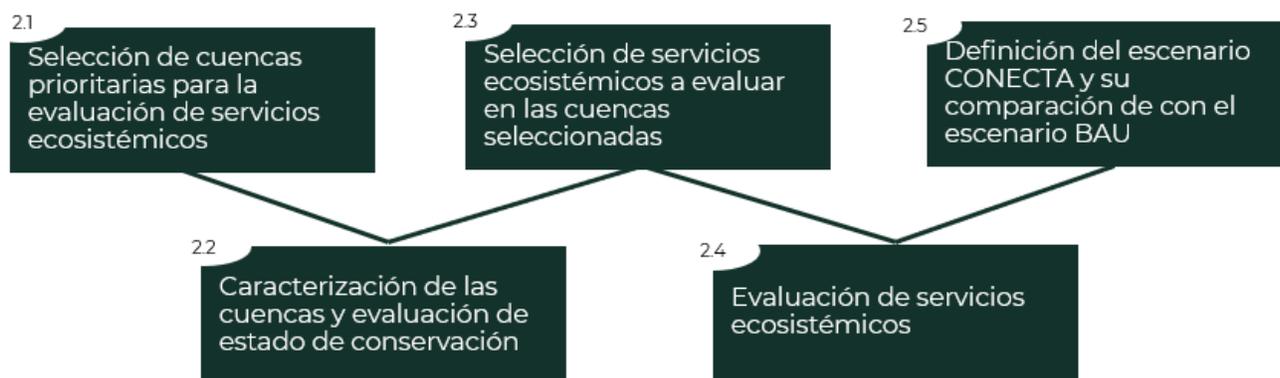
Por todo lo anterior, existe un amplio y sostenido interés en la cuantificación y valoración de los SE por parte de entidades gubernamentales, académicas y organizaciones de la sociedad civil en México. En este sentido, el objetivo principal de la presente consultoría consiste en fortalecer los fundamentos técnicos y analíticos del proyecto CONECTA para la promoción del manejo integrado del paisaje, por medio de la VE y biofísica de SE clave. Finalmente, se espera que la VE favorezca la toma de decisiones que lleven a medios de vida rurales sostenibles e inclusivos en las cuencas hidrográficas analizadas y promueva la réplica y escalamiento de esfuerzos de VE en iniciativas futuras.



## 2. MÉTODOS

La evaluación de los SE prioritarios para la VE en las cuencas CONECTA seleccionadas de México consistió en cinco fases (Figura 1). Primero, se seleccionaron las cuencas CONECTA prioritarias para la realización de ejercicios de valoración económica. En la segunda fase, las cuencas elegidas fueron caracterizadas biofísica y socioeconómicamente. La caracterización de las cuencas facilitó la identificación de SE prioritarios en la fase 3. Después, en la fase 4, los SE identificados fueron cuantificados desde la perspectiva biofísica y los resultados fueron insumos para su VE. En la fase 5 se identificaron las acciones que conformarían al escenario CONECTA, los periodos a los que se evaluarían sus impactos y evaluaron los beneficios de la implementación del escenario CONECTA en comparación con el escenario “business as usual” (BAU) <sup>8</sup>. Y finalmente, se plantea un marco conceptual para decisiones de inversiones sobre acciones CONECTA que engloba todas las anteriores fases.

**Figura 1. Proceso de evaluación de servicios ecosistémicos en cuencas mexicanas**



Fuente. Elaboración propia.

<sup>8</sup> Business as usual se refiere, en términos generales, a cualquier situación en la que todo se desarrolla con normalidad y como se esperaba.



## 2.1 Selección de cuencas prioritarias para la valoración

La selección de las cuencas para la VE se basó en un análisis multicriterio (Figura 2), en el cual, se realizó una investigación documental sobre otras iniciativas relacionadas, por ejemplo, los proyectos GANARE, RIOS y C6. También, se revisó la literatura especializada para identificar los principales dimensiones, criterios e indicadores a considerar en la selección de cuencas prioritarias para la VE de servicios ecosistémicos. Después, se eligieron los indicadores que caracterizan a cada uno de los criterios identificados previamente, se consideró la disponibilidad, uniformidad y consistencia de la información.

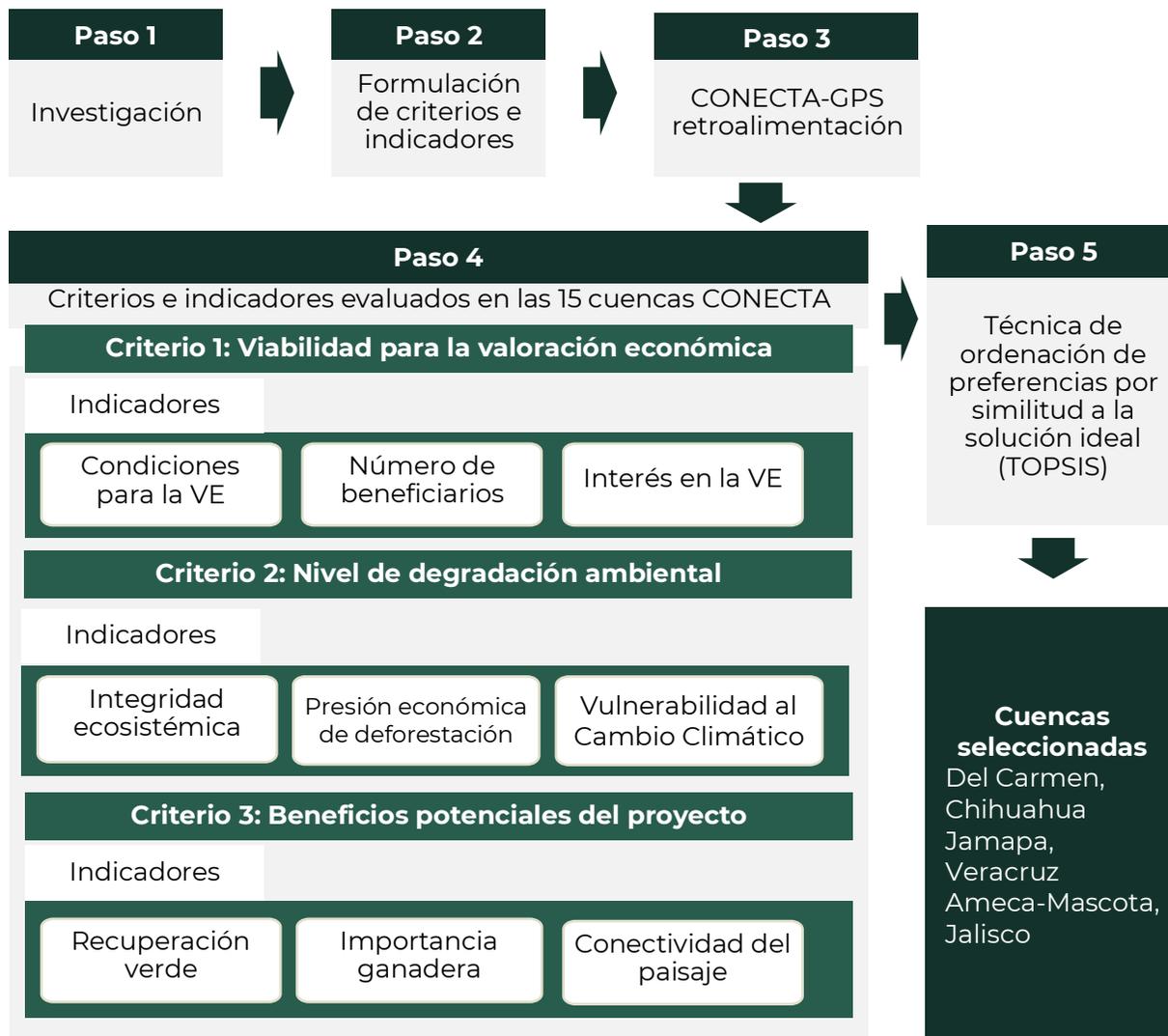
Una vez que se seleccionó el grupo de criterios e indicadores, estos fueron retroalimentados por el equipo técnico CONECTA-GPS en un taller, mismo en el que se obtuvo el conjunto final de criterios e indicadores que fue evaluado en cada una de las 15 cuencas CONECTA. Los criterios e indicadores seleccionados para la priorización fueron: i) viabilidad (evaluada por la disponibilidad de información, ii) participación social y necesidad de agua; iii) degradación ambiental (evaluada con la pérdida de integridad ecosistémica, el índice de presión económica de la deforestación y la vulnerabilidad de la ganadería al cambio climático); y iv) los beneficios de las acciones CONECTA (oportunidad de contribuir con la recuperación verde, la importancia ganadera y la conectividad del paisaje) <sup>9</sup>. Finalmente, se empleó la técnica de ordenación de preferencias por similitud a la solución ideal (TOPSIS, por sus siglas en inglés) para seleccionar a las tres cuencas prioritarias, la selección se limitó a tres cuencas prioritarias. Cabe mencionar que este análisis se llevó a cabo en las 15 cuencas del proyecto que abarcan los estados de Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz.

---

<sup>9</sup> La descripción detallada de los criterios e indicadores seleccionadas se puede consultar en el Anexo 1.



**Figura 2. Proceso para la selección de cuencas prioritarias.**



Fuente: Elaboración propia.

Dados los alcances de este estudio, se seleccionaron aquellos SE estratégicos considerando el contexto de CONECTA y de las cuencas elegidas. Este contexto fue determinado a partir de la caracterización biofísica y socioeconómica de cada una de las cuencas seleccionadas.



## 2.2. Caracterización de las cuencas seleccionadas

La caracterización de las cuencas seleccionadas incluyó el análisis de las dimensiones biofísica, social y económica (Figura 3). La caracterización biofísica incluyó el análisis de nueve variables, la caracterización social de 11 factores y la económica de seis. En todos los casos se utilizaron fuentes oficiales de información. Por ejemplo, se utilizaron insumos como los PAMIC de Puerto Vallarta y Jamapa; así como los del proyecto GANARE. Debido a que la cuenca del Carmen (Chihuahua) aún no cuenta con PAMIC, se generaron los indicadores faltantes. De igual manera, se buscó la homogenización y comparabilidad de la información disponible para las tres cuencas. Para esto, además de los PAMIC y GANARE, otras fuentes que han sido previamente empleadas en la generación de los PAMIC y GANARE.

**Figura 3. Variables consideradas en la caracterización biofísica, social y económica**

Caracterización biofísica	Caracterización social
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de suelo y vegetación</li> <li>• Pérdida de cobertura vegetal</li> <li>• Integridad de los ecosistemas, impactos y riesgos en las cuencas</li> <li>• Suelos y su asociación con la ganadería</li> <li>• Erosión</li> <li>• Relieves y rasgos geomorfológicos (zonificación altitudinal de la cuenca y geoformas)</li> <li>• Clima actual</li> <li>• Cambio climático (proyecciones al futuro del cambio de temperatura y precipitación)</li> <li>• Vulnerabilidades al cambio climático en las cuencas de acuerdo con el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento poblacional</li> <li>• Pueblos originarios/Población indígena</li> <li>• Población total</li> <li>• Población masculina</li> <li>• Población femenina</li> <li>• Población menor a 15 años</li> <li>• Población de +60 años</li> <li>• Población indígena y afrodescendiente</li> <li>• Grado de estudios</li> <li>• Tipo de tenencia de la tierra (ejido/privado)</li> <li>• Nivel de marginación</li> </ul>
	Caracterización económica
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población económicamente activa</li> <li>• Porcentaje de población con dependencia económica</li> <li>• Porcentaje de población no derechohabiente a seguridad social</li> <li>• Unidades económicas</li> <li>• Actividades económicas en las cuencas</li> <li>• Índice de especialización económica</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

La caracterización biofísica consiste en evaluar la capacidad funcional de los ecosistemas de proveer distintos SE. Esta capacidad funcional de los ecosistemas está influenciada directamente por el contexto espacial y social del paisaje (Latterra et al., 2019). Es decir, cómo diferentes acciones, naturales o antropogénicas, impactan (positiva o negativamente) las condiciones ecológicas a nivel local y de paisaje (estructurales y funcionales).



La caracterización biofísica de las cuencas incluyó el análisis de la dinámica de uso de suelo y vegetación en los últimos 4, 16 y 25 años. Esta evaluación se realizó mediante la superposición cartográfica de las Series de Uso de Suelo y Vegetación II (1993), III (2002), VI (2014) y VII (2018) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el cálculo de los diferentes periodos (2014-2018, 2002-2018 y 1993-2018). La cual sirvió para calcular la magnitud y las tendencias del cambio de la cubierta vegetal y para estimar las diferencias en la cubierta vegetal entre los períodos evaluados.

Para cada periodo se obtuvieron las superficies netas al final de cada periodo evaluado y las matrices de transición. Después, se analizaron las tendencias de cambio de uso de suelo y se identificaron las variables significativas en el proceso de deforestación. En este caso, se consideró un conjunto de factores biofísicos y socioeconómicos, cuya relevancia en el proceso de deforestación fue analizada con una regresión logística para el periodo 1993-2018. Los resultados de estos análisis sirvieron para elaborar la línea base de cambio de uso de suelo a futuro para los años al 2026 y 2041 bajo el escenario BAU. Estos escenarios a futuro se proyectaron usando el método de cadenas de Markov y autómatas celulares.

Referente a la caracterización social, se buscó evidenciar la importancia de ésta con el paso del tiempo, algo importante en un planteamiento de política pública, debido a que puede ser considerada como un instrumento de planeación que evidencia las necesidades y la situación socioeconómica actual de las cuencas. Así mismo, con esta caracterización se buscó favorecer la toma de decisiones, planear el uso de suelo y de recursos naturales, o dar evidencia empírica a nivel de cuenca que refleje las necesidades y/o oportunidades en materia de diseño, desarrollo e implementación de instrumentos de política pública. Las principales fuentes de información fueron los Censos de Población y Vivienda de los años 2010 y 2020 (INEGI 2010, 2020) y las Encuestas inter-censales (1995-2020) INEGI (1995-2020).

Otra dimensión importante en esta caracterización fue la referida a temas económicos. Esta información permitió indagar sobre la situación y evolución en el tiempo de esta dimensión, entender el contexto de cada sitio y así servir de referencia para definir políticas públicas con repercusión en el bienestar de la sociedad. En este caso, se recurrió a información de Censo de Población y Vivienda de los años 2010 y 2020, así como a Censo Económico 2018 y 2013.

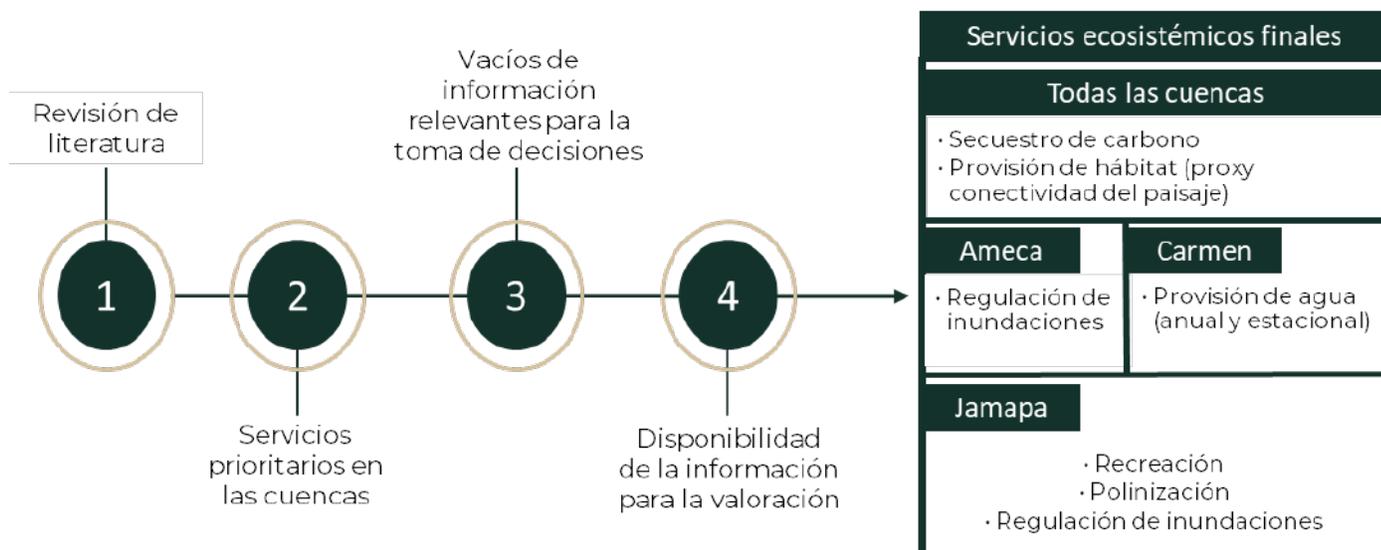
Los principales resultados de esta caracterización fueron considerados en la identificación de SE a evaluar en cada una de las cuencas seleccionadas.



### 2.3. Selección de servicios ecosistémicos a evaluar en las cuencas seleccionadas

La selección de los servicios ecosistémicos (SE) se realizó en función de los siguientes aspectos: (1) los servicios ecosistémicos de los que dependen las actividades agroforestales y de ganadería sustentable así como los SE a los que impactan<sup>10</sup> de acuerdo con la literatura especializada, (2) los servicios prioritarios para cada una de las cuencas determinados a partir de la caracterización socio-económica y biofísica de las cuencas seleccionadas, (3) la consideración de vacíos de información relevantes para la toma de decisiones, previamente identificados por INECC<sup>11</sup>; (4) la viabilidad para realizar la valoración económica en función de los insumos proporcionados por la valoración biofísica (Figura 4).

**Figura 4. Resumen del proceso de selección de los SE estratégicos.**



Fuente: Elaboración propia.

Nota: los vacíos de información fueron identificados previamente por INECC (2020).

<sup>10</sup> Se realizó una primera identificación de los SE considerando su importancia para la ganadería regenerativa (metaanálisis), para las cuencas (análisis de la problemática socioambiental), para guiar esfuerzos en entornos de poca disponibilidad de información (INECC, 2020) y cuya evaluación económica y biofísica es viable (disponibilidad de la información). Más información en el informe "Propuesta de priorización de cuencas CONECTA" de la Consultoría: "Scoping study and project tracking for Economic Valuation of Ecosystem Services to Strengthen Integrated Landscape Management in Selected Watersheds in Mexico".

<sup>11</sup> Revisión y análisis de documentos sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2020).



## 2.4. Métodos de valoración de los servicios ecosistémicos prioritarios

Los métodos fueron determinados a través de una revisión sistemática de literatura en dos bases de datos reconocidas internacionalmente: SCOPUS y SCIELO. Posteriormente, los artículos fueron analizados siguiendo el Protocolo de elementos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis o PRISMA (Moher et al., 2009). Además, se consideró el campo de análisis realizado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) hasta el momento y se eligieron los métodos enlistados en la Figura 5<sup>12</sup>.

**Figura 5.** Métodos de valoración biofísica y económica de los servicios ecosistémicos<sup>13</sup>

Métodos de valoración biofísica y económica de servicios ecosistémicos			
Valoración biofísica	Valoración económica	Valoración biofísica	Valoración económica
<b>Conectividad</b>		<b>Provisión de agua</b>	
Probabilidad de conectividad e importancia relativa para la conectividad (CONEFOR)	Disponibilidad a pagar por un paisaje conservado y costo de oportunidad (ganadería)	Modelos anual y estacional de provisión de agua superficial (InVEST)	Costo de oportunidad. Acuicultura y agua potable
<b>Carbono</b>		<b>Polinización</b>	
Capturay almacenamiento de carbono para 2002 y 2018 con el módulo "Storage" de InVEST	Costo social del carbono y precio del mercado (California, Suecia y México)	Abundancia de polinizadores (InVEST)	Precio del mercado. Tasa de dependencia de los cultivos
<b>Inundaciones</b>		<b>Recreación</b>	
Regulación de inundaciones bajo dos escenarios 280 mm y 560 mm (InVEST)	Precios del mercado. Valor de producción agrícola perdida por inundación	Visitas actuales y potenciales (InVEST)	Ejercicio de elección: turismo asociado a agroforestería y ganadería sustentable

Fuente: Elaboración propia

<sup>12</sup> La revisión y análisis sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019 (INECC, 2020) fue actualizada con una revisión sistemática al año 2021.

<sup>13</sup> En el caso del servicio de recreación y el turismo se realizó un experimento de elección aplicado a través de encuesta. Este ejercicio estuvo centrado en el desarrollo de turismo ligado a la agroforestería (café de sombra) y a la ganadería regenerativa. Se enfocó en determinar la disponibilidad a pagar (DAP) de los potenciales turistas. La encuesta se aplicó en línea por medio de un microsítio del Banco Mundial.



## 2.5 Escenario CONECTA y comparación con el escenario BAU

En las tres cuencas se evaluaron el escenario BAU, el cual corresponde al escenario de referencia o histórico donde se contempla que en un futuro se continuará con las tendencias actuales de las actividades productivas como la ganadería convencional. En contraste, los escenarios CONECTA son aquellos escenarios donde se contemplan a futuro cambios en las tendencias actuales debido a la implementación de las acciones CONECTA en las tres cuencas bajo estudio con dos horizontes temporales (2026 y 2041).

En este caso, para la realización del escenario CONECTA, así como su efecto en la provisión y regulación de los servicios ecosistémicos (SE) priorizados, se seleccionaron acciones que pueden evaluarse desde el punto de vista biofísico y económico a partir del Anexo dos de la Convocatoria para financiar subproyectos para la conservación, restauración e implementación de prácticas climáticamente inteligentes en paisajes ganaderos y agroforestales<sup>14</sup>. Posteriormente, dichas acciones fueron retroalimentadas por el equipo técnico CONECTA-GPS y se seleccionaron cinco acciones que pueden evaluarse bajo los dos componentes y seis acciones que pueden evaluarse solo desde el punto de vista económico (Figura 6).

**Figura 6.** Acciones que componen el escenario CONECTA

Evaluación biofísica y económica		Evaluación económica	
Ameca y Jamapa	Del Carmen	Todas las cuencas	
Establecer cercos vivos simples o multiestrato	Líneas de arbustos junto a las cercas	Establecer bancos de proteínas o energéticos para enriquecimiento	Asesoría técnica para monitoreo de la calidad del agua para consumo animal
Restauración de vegetación riparia y control del ganado	Recuperación de pastizales a través de la rotación de ganado	Manejo silvopastoril en agostaderos forestales	Asesoría técnica para el mejoramiento reproductivo del ganado
Colocar árboles dispersos en pastizales		Establecer líneas de distribución de agua en los predios	Establecer sistemas tradicionales de huertos caseros

Fuente: Elaboración propia.

<sup>14</sup> El listado de acciones CONECTA fue consultado el 28 de enero de 2022 en la página del FMNC (<https://fmcn.org/es/proyectos/conecta>).



La selección de sitios donde evaluar las acciones antes mencionadas se hizo considerando las áreas prioritarias para la adecuación de prácticas productivas identificada previamente por los PAMIC en Ameca-Mascota y Jamapa. La cuenca del Carmen no cuenta con PAMIC por lo que se consideraron los límites de los pastizales inducidos. Simultáneamente, se consideró la meta de superficie restaurada del proyecto CONECTA (10,500 hectáreas en 15 cuencas) y se calculó la proporción a cada cuenca<sup>15</sup>.

Una vez seleccionadas las acciones (Figura 6) y sitios donde serían evaluadas, se realizó una clasificación detallada de la cobertura vegetal presente en marzo del 2022 (a partir de una imagen satelital SENTINEL<sup>16</sup> con resolución espacial de 10 metros), incluyendo árboles aislados y cercas vivas, con la finalidad de tener un punto de comparación de los beneficios del escenario CONECTA. Este análisis detallado permitió remover la vegetación preexistente y obtener la superficie final que es necesario restaurar. Posteriormente, se evaluaron los beneficios del escenario CONECTA en la provisión de los dos SE prioritarios comunes para las tres cuencas: conectividad (como proxy de hábitat) y almacenamiento-secuestro de carbono. La evaluación se hizo bajo dos perspectivas. En la primera asume que las acciones afectan a toda la propiedad donde son implementadas y la segunda perspectiva solo considera que las acciones tienen efecto en el área que ocupan.

En el caso de todas las acciones CONECTA seleccionadas, la evaluación económica se realizó utilizando un Análisis Costo Beneficio (ACB) a través del Valor Actual Neto (VAN). Un ACB es un proceso para medir la relación entre los costos de un proyecto o política, en este caso una acción CONECTA, y los beneficios de ésta. Su objetivo es determinar si la inversión en el proyecto o política es viable o no para su ejecución. Así mismo, un ACB se puede realizar desde un punto de vista estrictamente privado, donde solo incluye costos e ingresos del proyecto o política; o desde un punto de vista social, donde además de los costos e ingresos privados incluye costos o beneficios sociales (externalidades negativas o positivas). En el caso de las Acciones CONECTA, desde un punto de vista privado incluye los costos e ingresos que se pueden originar por su implementación y operación; y en el caso social el impacto positivo sobre los SE (contabilizados en términos económicos). La información base para este análisis partió de los resultados de la valoración de los SE estratégicos, los métodos se describen previamente.

---

<sup>15</sup> El cálculo de superficie a restaurar sólo se realizó para las evaluaciones asociadas a la presente consultoría y no tienen influencia en CONECTA. Se consideraron 280 ha en Ameca-Mascota, 400 ha en Jamapa y 1,631 ha en Carmen.

<sup>16</sup> Disponible en <https://earthexplorer.usgs.gov/>

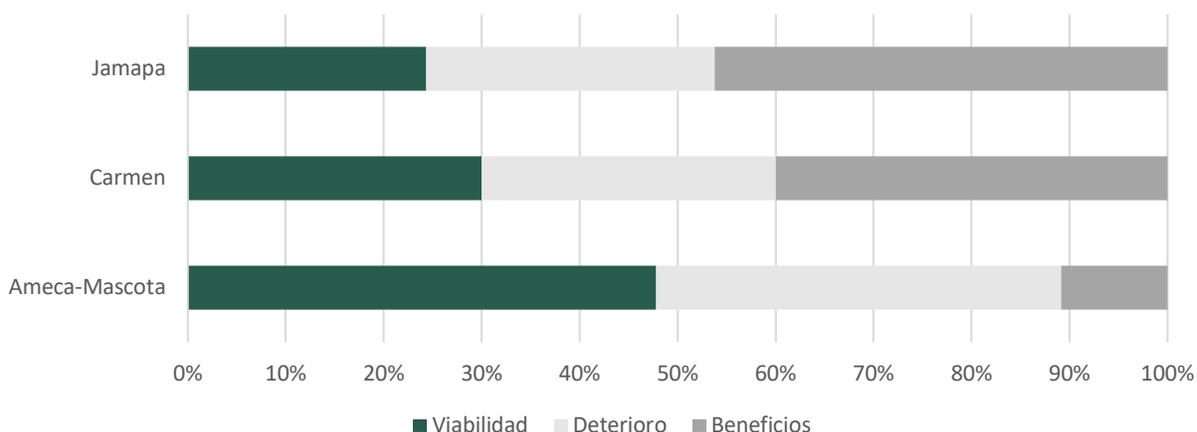


## 3. RESULTADOS

### 3.1. Selección de cuencas prioritarias para la valoración biofísica y económica

Las tres cuencas CONECTA prioritarias en las cuales se realizaron los ejercicios de VE, de acuerdo con los resultados del ejercicio de priorización y al considerar la regla de exclusión —que determina que, para tener mayor representatividad, solo puede seleccionarse una cuenca por estado— fueron: del Carmen (Chihuahua), Jamapa (Veracruz) y Ameca-Mascota (Jalisco). La cuenca del Carmen en Chihuahua tuvo el valor más cercano a la solución ideal en el análisis TOPSIS. Esto se debe a que tiene valores por arriba de la media en los tres criterios (viabilidad, deterioro ambiental y beneficios CONECTA). La cuenca de Jamapa tuvo los valores más altos en cuanto a beneficios CONECTA se refiere, valores superiores a la media en deterioro ambiental y ligeramente inferiores a la media en cuanto a viabilidad. En contraste, Ameca-Mascota tuvo el valor más alto de viabilidad, el segundo más alto en deterioro ambiental, pero con resultados limitados en términos de beneficios por el proyecto CONECTA (Figura 7).

**Figura 7.** Desempeño de las tres cuencas CONECTA seleccionadas con respecto a los criterios evaluados



Fuente: Elaboración propia.



### 3.2. Caracterización de las cuencas seleccionadas

La cuenca Ameca-Mascota está conformada por seis municipios, la del Carmen por nueve municipios y la de Jamapa por 34 municipios. La cuenca de Ameca-Mascota se localiza en la vertiente del Pacífico Tropical, dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur y se extiende sobre 2,745 km<sup>2</sup>, en donde se encuentran un total de 334 localidades. La cuenca del Carmen se localiza en la vertiente interna, dentro de las provincias fisiográficas de llanuras y médanos del norte, sierras plegadas del norte, sierras y llanuras Tarahumaras y Bolsón de Mapimí. Esta cuenca se extiende sobre 16,008 km<sup>2</sup> y cuenta con un total de 310 localidades. La cuenca de Jamapa se localiza en la vertiente del Golfo de México, dentro de las provincias fisiográficas de Chiconquiaco, lagos y volcanes del Anáhuac y llanura costera veracruzana. Jamapa se extienden sobre 3,921 km<sup>2</sup> en donde se encuentra un total de 1,527 localidades. En las tres regiones existen zonas consideradas como prioritarias para la conservación por la Comisión Nacional para el Uso y Conservación de la Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (PAMIC, 2018).

#### Tendencias de cambio de uso de suelo y vegetación en los últimos 25 años

El cálculo de las tendencias de los cambios de uso de suelo permitió entender las transiciones más importantes en los últimos 25 años<sup>17</sup>. En Ameca-Mascota, se perdió el 2.82% de la cobertura vegetal en los últimos cuatro años, siendo el cambio de agricultura a zona urbana la principal transición. Esta es una dinámica significativamente menor a la de los últimos 25 años cuando se perdió 15.14% de toda la cobertura vegetal, incluyendo grandes extensiones de selva baja y bosque encino-pino, principalmente, en el Noroeste.

En el caso de la cuenca del Carmen, la dinámica de cambio de uso de suelo y vegetación ha sido mayor en la parte norte de la cuenca en los últimos cuatro años. Sin embargo, si se consideran los últimos 16 años, la dinámica se ha dado tanto en el norte como en el centro de la cuenca. Mientras que, si se analizan los últimos 25 años, se observa que los cambios han ocurrido en toda la cuenca. Se puede inferir que la deforestación se ha ido desplazando principalmente hacia el norte de la cuenca. En el periodo analizado, la principal transición fue de pastizal natural a agricultura.

Por último, en el caso de la cuenca de Jamapa, la dinámica de cambio de uso de suelo ha ocurrido en toda la cuenca, aunque concentrándose en la parte media y baja en los últimos años. En cuanto a actividades productivas, el principal cambio ha sido la transición de pastizal inducido a agricultura (debido a un proceso de cambio de actividades productivas de ganadería hacia agricultura) y en términos de pérdida de vegetación fue el cambio de vegetación secundaria de selva baja a agricultura.

<sup>17</sup> Entre las tres cuencas, las series de INEGI clasifican entre 65 y 70 categorías de uso de suelo y vegetación, dependiendo de la serie de INEGI. Para facilitar el manejo y comunicación de la información, las categorías se reclasificaron entre 24 a 26 categorías dependiendo de la serie y la cuenca. Por ejemplo, se agruparon los diferentes tipos de agricultura (temporal y de riego) en una categoría de agricultura y los diferentes tipos de vegetación secundaria (arbórea, arbustiva y herbácea) clasificados como vegetación secundaria (Ver Anexo 2).

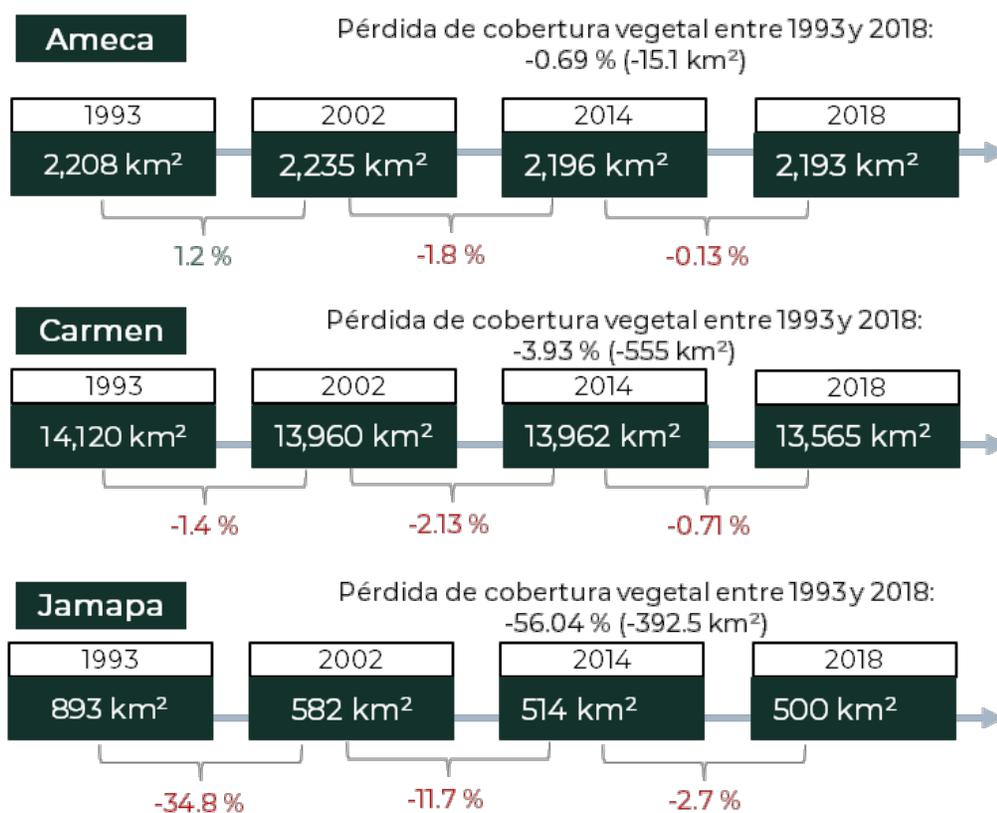


## Deforestación en las cuencas

El análisis de la pérdida de cobertura vegetal en un periodo de 25 años (1995 – 2018; Figura 8) mostró que Jamapa tuvo la mayor pérdida 392.48 km<sup>2</sup> (56.04%), seguida por la cuenca del Carmen 555 km<sup>2</sup> (3.93%) y Ameca-Mascota 15.14 km<sup>2</sup> (0.69%).

En el caso de Jamapa, el periodo con la mayor pérdida fue 1993 – 2002 cuando se transformaron alrededor de 161 km<sup>2</sup> de cobertura vegetal, con una tasa anual de deforestación de 0.13%. Por su parte, la mayor pérdida de cobertura vegetal en la cuenca del Carmen sucedió en el periodo 2002 – 2014 con casi 297 km<sup>2</sup> transformados a una tasa anual de 0.18 %. En cambio, Ameca-Mascota perdió 15.14 km<sup>2</sup> de cobertura vegetal, con una tasa anual de deforestación de 0.03%.

**Figura 8.** Tasas de pérdida de cobertura vegetal anual de 1993 a 2018<sup>18</sup>



Fuente: Elaboración propia, 2021 con base en los datos de las series de INEGI.

<sup>18</sup> Notas:

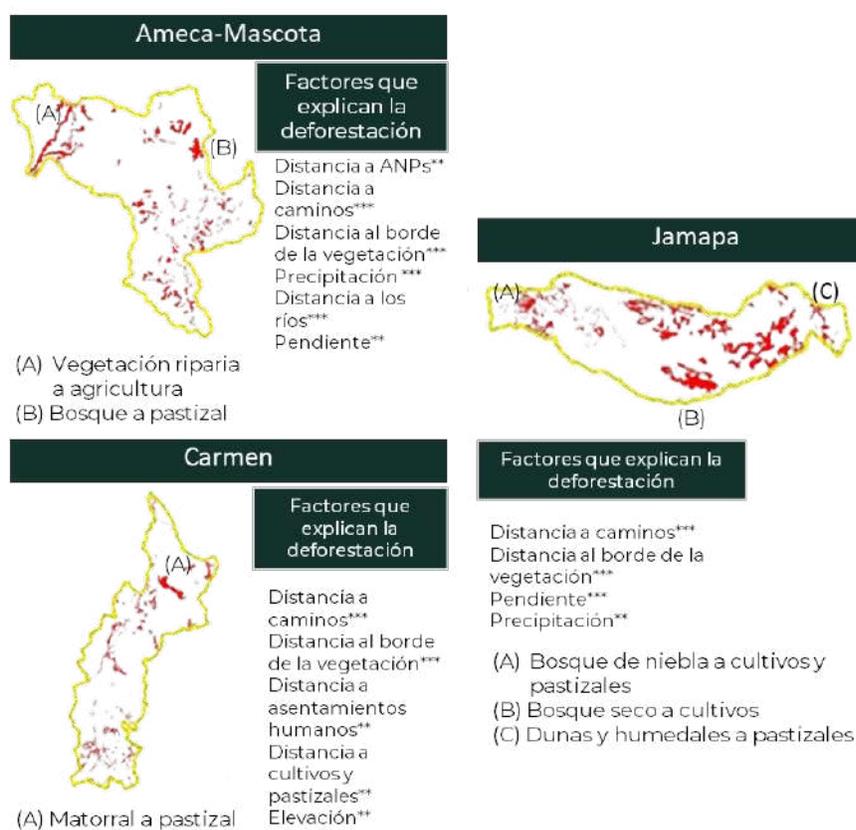
1. Valores positivos indican recuperación y negativos pérdida de superficie.
2. Se muestra el área de cubierta forestal para el año inicial y final durante cada período de transición.



## Impulsores de la deforestación

La distancia a caminos y al borde de la vegetación fueron impulsores de la deforestación<sup>19</sup> comunes en las tres cuencas (Figura 9); es decir que, en la mayoría de las ocasiones, la deforestación está asociada con la cercanía a estos elementos del paisaje. Particularmente, la deforestación en la cuenca Ameca-Mascota estuvo asociada a menor pendiente y precipitación, pero mayor cercanía a ríos. En contraste, la deforestación fue menor cerca de áreas naturales protegidas. En la cuenca del Carmen, la deforestación estuvo asociada con la cercanía a localidades, zonas agrícolas y pastizales; baja altitud del terreno y mayor crecimiento poblacional. Finalmente, en Jamapa, la cercanía a pastizales, menor pendiente y precipitación fueron factores determinantes para la deforestación.

**Figura 9.** Principales factores que explican la deforestación entre 1997 y 2018



\*  $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.0001$

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos a partir de la regresión logística<sup>20</sup>.

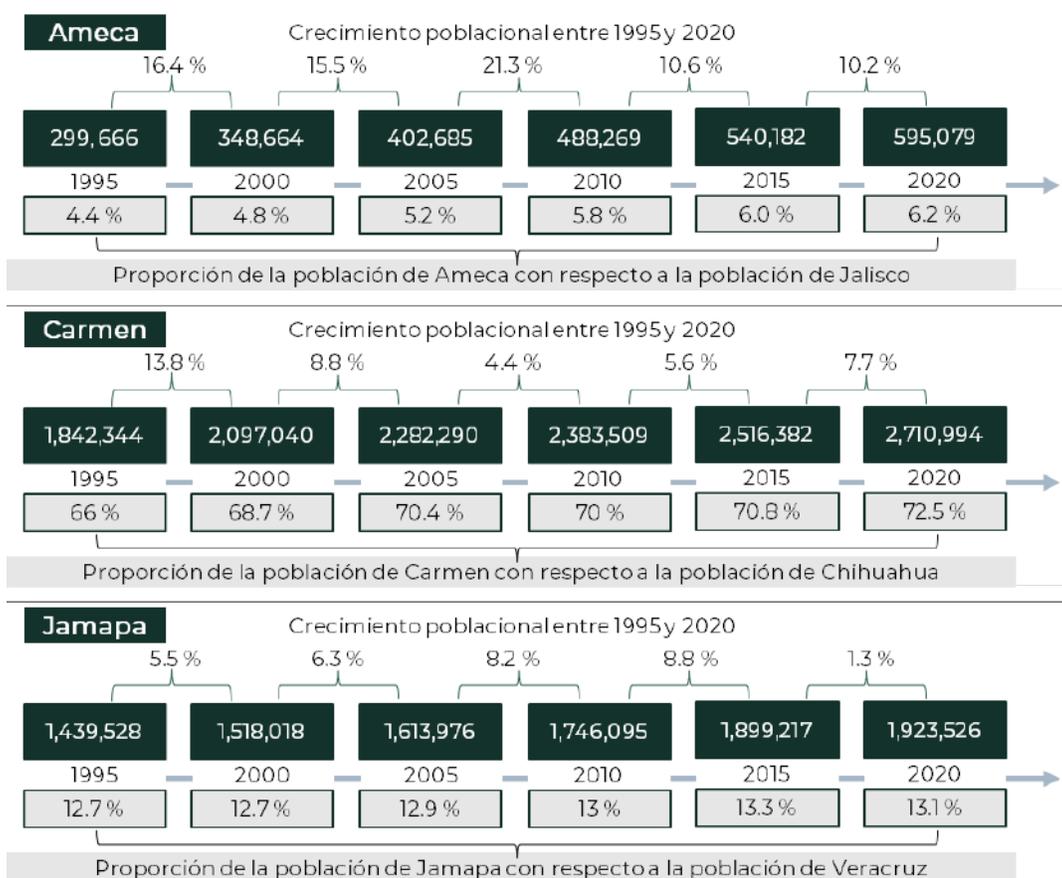
<sup>19</sup> Los impulsores de la deforestación son todos aquellos factores que inducen a la deforestación, los cuáles pueden ser factores económicos, políticos y ecológicos.

<sup>20</sup> El cálculo de las superficies de uso de suelo y vegetación en los diferentes periodos analizados fueron estimadas a partir de las series de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI. Una mayor agregación de las categorías y la incertidumbre ligada a la escala de la información (1:250 000) podrían generar que esta información no sea comparable con información proveniente de otros productos de uso de suelo y vegetación y que la información no coincida exactamente con la realidad.

Población de las cuencas

Los Censos de Población y Vivienda y las Encuestas intercensales (1995-2020) de INEGI indican que la población en las tres cuencas ha ido en constante crecimiento (Figura 10). Si se compara la cantidad de personas que habitan dentro de las cuencas con respecto al total de personas que viven en el estado donde se encuentran, quedan en evidencia grandes diferencias. Por ejemplo, en la cuenca Ameca-Mascota solo habita el 5.4% de los pobladores del estado de Jalisco; en contraste, el 70% de los pobladores de Chihuahua habita en la cuenca del Carmen, y una situación intermedia se presenta en la cuenca Jamapa con el 12.9% de la población de Veracruz (Figura 10). Es interesante observar que dicha proporción va en constante aumento para diferentes quinquenios, en particular para las dos primeras cuencas (Ameca-Mascota y del Carmen), evidenciando el impacto potencial que podría tener la implementación de algún instrumento de política pública sobre la población beneficiada.

**Figura 10.** Crecimiento poblacional de las tres cuencas entre 1995 y 2020



Fuente: Elaboración propia con base en Censos de Población y Vivienda de INEGI (INEGI, 1995, 2020).



Respecto a la estructura de la población, en promedio, entre 50 y 53% del total de la población es masculina en las tres cuencas y esta proporción se mantuvo entre 1995 a 2020. En cuanto a la distribución por rangos de edad, en las tres cuencas se presenta una reducción en el número de personas menores a dos años, y un crecimiento de las personas mayores de 60 años, mostrando un importante cambio en la composición y en la estructura de la población.

Otro aspecto importante es la composición de la población indígena, considerando que es un sector importante en la dinámica social que a su vez tiende a ser población vulnerable. La proporción de personas que hablan alguna lengua indígena ha incrementado considerablemente en los últimos 10 años. Este crecimiento fue de 46%, 32% y 20%, respectivamente para las cuencas Ameca-Mascota, Carmen y Jamapa. Por su parte, la población afrodescendiente llega a aproximadamente 8.6 mil personas en Ameca-Mascota, a alrededor de 50 mil en Carmen y 70 mil en Jamapa.

Los indicadores de pobreza a nivel de los municipios<sup>21</sup> que integran las cuencas muestran que tanto la pobreza como la pobreza extrema se han mantenido constantes entre los años 2010 a 2020.<sup>22</sup> Es importante resaltar que dichos indicadores son relativamente altos en comparación con otras zonas del país. En especial, en la cuenca de Jamapa, para los años analizados, 65% y 22% de la población total se encuentra en promedio entre la pobreza y la pobreza extrema, respectivamente.

Las tres cuencas presentan mayores porcentajes de carencias sociales<sup>23</sup> que la media nacional y que la media de los estados en los que se encuentran, especialmente, en acceso a la seguridad social, seguida por acceso a los servicios de salud, acceso a la alimentación, acceso a servicios básicos en la vivienda y calidad y espacios de la vivienda. Para todos los casos, la cuenca con mayores carencias sociales es Jamapa.

La marginación es un fenómeno multidimensional y estructural originado, en última instancia, por el modelo de producción económica expresado en la desigual distribución del progreso, en la estructura productiva y en la exclusión de diversos grupos sociales, tanto del proceso como de los beneficios del desarrollo (CONAPO, 2011). En el caso de la cuenca Ameca-Mascota y del Carmen, el promedio de sus municipios pasó del nivel de marginación bajo en el 2010 a muy bajo en el 2020, es decir que, en promedio, los habitantes de estas cuencas cuentan con un mayor acceso a los servicios básicos y cuentan con actividades económicas con mayor dinamismo. En contraste, los municipios de Jamapa se mantienen en un grado promedio de marginación de nivel medio entre 2010 y 2020.

<sup>21</sup> La información de pobreza fue obtenida del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) y Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2011, 2020).

<sup>22</sup> Pobreza: Una persona se encuentra en situación de pobreza cuando tiene al menos una carencia social (en los seis indicadores de rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación) y su ingreso es insuficiente para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias.

Pobreza extrema: Una persona se encuentra en situación de pobreza extrema cuando tiene tres o más carencias, de seis posibles, dentro del Índice de Privación Social y que, además, se encuentra por debajo de la línea de bienestar mínimo. Las personas en esta situación disponen de un ingreso tan bajo que, aun si lo dedicase por completo a la adquisición de alimentos, no podría adquirir los nutrientes necesarios para tener una vida sana.

<sup>23</sup> Una persona presenta una carencia cuando no tiene acceso o tiene acceso limitado a cierto tipo de bien o servicio.



Por su parte, la tenencia de la tierra es uno de los pilares organizativos de las economías y sociedades rurales porque ayudan a definir relaciones económicas y contractuales, formas de cooperación y relaciones sociales (FAO, 2003). La superficie ejidal registrada ante el Registro Agrario Nacional (2021) en la cuenca de Jamapa es de 3,918 km<sup>2</sup> en donde sus 269 ejidos suman 1,212 km<sup>2</sup> bajo este tipo de propiedad. En cambio, el número de ejidos en Ameca-Mascota es significativamente menor, 54 ejidos poseen 1,216 km<sup>2</sup>, aunque la superficie total de la cuenca es de 2,745 km<sup>2</sup>. Por su parte, en la cuenca del Carmen están registrados 53 ejidos (4,298 km<sup>2</sup>) distribuidos en la extensión total de la cuenca (16,008 km<sup>2</sup>). En términos de la importancia relativa de la propiedad ejidal, la cuenca del Carmen es la que presenta mayor superficie y proporción ejidal registrada, con 44% de su superficie con este tipo de tenencia de la tierra.

### Caracterización económica de las tres cuencas

La Población Económicamente Activa (PEA) en las tres cuencas ha ido en constante crecimiento en los últimos años<sup>24</sup>. Por ejemplo, en el caso de la cuenca Ameca-Mascota la PEA creció 50.2 % entre 2010 y 2020, en el caso del Carmen creció 43.9 % y en Jamapa 38.0 %. Resalta que, si bien la PEA masculina es mayor que la femenina en las tres cuencas y en los dos años de análisis, la PEA femenina tiene un mayor crecimiento que la masculina.

Analizando la información del Censo Económico (2013 y 2018) se pueden identificar los sectores económicos más importantes, tanto en el número de unidades económicas<sup>25</sup>, (empresas), como el valor de la producción, dentro de las diferentes cuencas. El sector que tiene mayor presencia en las tres cuencas para los años 2013 y 2018, es el comercio al por mayor, seguido del alojamiento temporal y preparación de alimentos y bebidas. Así mismo, si se analiza la evolución en el crecimiento del valor de la producción de las diferentes UE para el mismo periodo en las tres cuencas, el mayor crecimiento se presentó en los sectores agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (230% en promedio), construcción (103% en promedio), servicios financieros y de seguros (470% en promedio), y servicios profesionales, científicos y técnicos (195% en promedio).

### 3.3. Selección de servicios ecosistémicos a evaluar

Los SE estratégicos para las cuencas seleccionadas fueron identificados considerando su importancia para la ganadería regenerativa y agroforestería (revisión de literatura), para las cuencas (análisis de la problemática socioambiental), para guiar esfuerzos en entornos

<sup>24</sup> Información obtenida de los Censos de Población y Vivienda (INEGI, 2020).

<sup>25</sup> Según el Censo Económico, las unidades económicas (UE) "son las unidades estadísticas sobre las cuales se recopilan datos, se dedican principalmente a un tipo de actividad de manera permanente en construcciones e instalaciones fijas, combinando acciones y recursos bajo el control de una sola entidad propietaria o controladora, para llevar a cabo producción de bienes y servicios, sea con fines mercantiles o no. Se definen por sector de acuerdo con la disponibilidad de registros contables y la necesidad de obtener información con el mayor nivel de precisión analítica".



de poca disponibilidad de información (metaanálisis INECC, 2020) y cuya evaluación (económica y biofísica) fuera viable dada la disponibilidad de la información necesaria para ser valorados en InVEST<sup>26</sup> (Figura 4). Derivado de la revisión de literatura, se obtuvieron un total de 197 artículos y su análisis mostró que ha existido una tasa de crecimiento anual del 27.88%, entre los años 1997 y 2021, en el interés en evaluar los efectos de la ganadería y la agroforestería en la provisión de SE. El análisis de los artículos encontrados muestra que tanto la ganadería habitual como los agroecosistemas tienen impactos, positivos y negativos, en la provisión de servicios ecosistémicos (Figura 11).

Después, se analizaron las necesidades y problemáticas de las cuencas, identificadas en estos estudios. Por ejemplo, durante la caracterización de la cuenca Ameca-Mascota, las principales problemáticas encontradas están asociadas con la expansión de la frontera agropecuaria, destacando la ganadería extensiva. No obstante, el cambio de uso de suelo también se debió a actividades como la minería y la expansión de zonas urbanas y turísticas. Estas actividades tienen una alta demanda de agua, al tiempo que tienen una alta vulnerabilidad a inundaciones.

Por su parte, en la cuenca del Carmen, el cambio de uso del suelo debido al avance de la frontera agrícola, la sobreexplotación de acuíferos, azolvamiento y desecamiento de humedales ha derivado en la degradación del suelo, el déficit de agua superficial, así como la sobreexplotación de los acuíferos. Finalmente, en la cuenca Jamapa, el acelerado cambio de uso de suelo está relacionado con la ganadería extensiva y el cultivo de caña, así como con la ocurrencia de plagas que comprometen el cultivo de café de sombra. Estos cultivos dependen de la polinización que se ve afectada por la fragmentación del paisaje. Al mismo tiempo, esta cuenca es altamente vulnerable a eventos hidrometeorológicos extremos.

Posteriormente, en la revisión de vacíos de información relevantes para la toma de decisiones (INECC, 2020) se detectaron oportunidades en México. En este caso resaltó la falta de información de estudios sobre polinización y servicios culturales como la recreación. Así mismo, se analizó la existencia de información necesaria para la valoración de los SE. De esa manera se obtuvieron dos servicios a evaluar en todas las cuencas que fueron secuestro de carbono y hábitat. En el último caso, se evaluó la conectividad del paisaje como proxy de hábitat. También, se identificaron SE para cada cuenca (Figura 11).

---

<sup>26</sup> Disponible en: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>



Figura 11. Servicios ecosistémicos identificados

I. Revisión de literatura			
<b>SE de los que depende la ganadería</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Regulación del clima</li> <li>Provisión de agua</li> <li>Control de plagas</li> <li>Fertilidad de suelos</li> <li>Reciclaje de nutrientes</li> <li>Recursos genéticos</li> </ul>	<b>SE que impacta la ganadería</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Provisión de hábitat y conectividad del paisaje</li> <li>Carbono en suelos</li> <li>Polinización</li> <li>Control de plagas</li> <li>Estructura del suelo</li> <li>Reciclaje de nutrientes</li> <li>Purificación de agua</li> </ul>	<b>SE que provee la ganadería regenerativa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Provisión de alimentos</li> <li>Secuestro de carbono</li> <li>Hábitat</li> <li>Recreación</li> <li>Formación de suelo</li> <li>Reciclaje de nutrientes</li> <li>Polinización</li> </ul>	Revisión de 197 artículos. Las palabras más usadas son:  <i>ecosystem services, tradeoffs, system productions, biodiversity, carbon and conservation</i>
II. Servicios prioritarios en las cuencas seleccionadas		III. Vacíos de información relevantes para la toma de decisiones	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Todas las cuencas</b></li> <li>Regulación de inundaciones</li> <li>Provisión de alimentos</li> <li>Polinización</li> <li>Hábitat</li> <li>Captura de carbono</li> <li><b>Jalisco</b></li> <li>Filtración de agua</li> <li>Control de erosión</li> <li>Recreación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Chihuahua</b></li> <li>Provisión de agua</li> <li>Reciclaje de nutrientes</li> <li>Regulación de disturbios</li> <li><b>Veracruz</b></li> <li>Filtración de agua</li> <li>Recreación</li> <li>Formación de suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Chihuahua</b></li> <li>Provisión de agua</li> <li>Reciclaje de nutrientes</li> <li>Regulación de disturbios</li> <li>Provisión de alimentos</li> <li><b>En general</b></li> <li>Polinización</li> <li>Purificación de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Veracruz</b></li> <li>Servicios culturales (recreación)</li> </ul>
IV. Disponibilidad de información para su valoración		Servicios ecosistémicos finales	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Secuestro de carbono</li> <li>Provisión de agua</li> <li>Hábitat</li> <li>Recreación</li> <li>Regulación de inundaciones</li> <li>Polinización</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Todas las cuencas:</b> Secuestro de carbono, provisión de hábitat (proxy conectividad del paisaje)</li> <li><b>Del Carmen:</b> Provisión de agua (anual y estacional)</li> <li><b>Jamapa:</b> Recreación, regulación de inundaciones, polinización</li> <li><b>Ameca-Mascota:</b> Regulación de inundaciones</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Evaluación de servicios ecosistémicos seleccionados

A continuación, se abordan los resultados de la valoración biofísica y económica de los SE identificados como prioritarios para las cuencas Ameca-Mascota, del Carmen y Jamapa. En primer lugar, se evaluó la provisión de hábitat con una variable proxy de conectividad del paisaje en las tres cuencas. Después, el servicio de almacenamiento y secuestro de carbono también en las tres cuencas. También, se muestran los resultados de la valoración del SE de regulación de inundaciones en Ameca-Mascota, de provisión de agua en el Carmen y de los SE de regulación de inundaciones, polinización y recreación para Jamapa.



### Servicio ecosistémico de provisión de hábitat (proxy conectividad del paisaje)

La conectividad se consideró de alta relevancia para la conservación de la biodiversidad y se evaluó como un proxy del servicio ecosistémico de mantenimiento de ésta. La importancia de la conectividad para la conservación y funcionamiento del paisaje es reflejada en la definición de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)<sup>27</sup>, “la conectividad es el grado de movimiento de las especies y/o de procesos en los ecosistemas.

En este caso, la conectividad del paisaje, de manera global, se calculó analizando el índice de probabilidad de conectividad (PC) (Pascual-Hortal y Saura, 2006). Este índice integra tanto el área de los parches de hábitat como la conectividad entre ellos mediante la teoría de grafos (los valores que presentan es entre 0 y 1, siendo este último la máxima conectividad). Además, a diferencia de otros índices, este índice detecta como algo negativo la pérdida de cualquier elemento del paisaje, así como la reducción en área de un parche.

De igual forma se calculó la importancia de cada parche de vegetación (nodos) en términos de conectividad (dPC). Este índice estima un porcentaje que indica la aportación de cada uno de los parches de vegetación a la conectividad global (dPCk), recalculando el índice de conectividad al realizar la simulación de remoción del parche en cuestión del paisaje.

La conectividad del paisaje fue evaluada en dos años (2002 y 2018) para detectar si está disminuyendo e identificar los parches de vegetación con mayor importancia para la conectividad de cada cuenca. En la Figura 12 se observa que la conectividad disminuyó en las tres cuencas para el periodo evaluado (2002-2018). Esto significó el incremento del número de fragmentos de vegetación en Ameca-Mascota y en la cuenca del Carmen (15 y 30 fragmentos adicionales, respectivamente) y la desaparición de dos remanentes de vegetación importantes, dada la escasez de esta, en Jamapa.

Debido a que la pérdida de conectividad del paisaje no es homogénea en todos los tipos de vegetación, se identificaron cuáles son las superficies más deforestadas en las zonas de alta importancia para la conectividad. En Ameca-Mascota y Jamapa resaltó que se deforestaron bosques de pino-encino (10.77 km<sup>2</sup> y 145.75 km<sup>2</sup>, respectivamente) aunque en el segundo caso, también se deforestó el bosque mesófilo de montaña, un ecosistema altamente protegido y vulnerable. En contraste, en la cuenca del Carmen, los matorrales y los pastizales naturales fueron las coberturas vegetales más afectadas (132.06 km<sup>2</sup> y 187.95 km<sup>2</sup>, respectivamente).

En cuanto a la distribución de los fragmentos con mayor importancia para la conectividad del paisaje, en Ameca-Mascota destacó la importancia de la conservación y recuperación de la vegetación en la parte alta de la cuenca y en la costa (Figura 12). Por su parte, en el Carmen, los fragmentos de mayor importancia estaban distribuidos entre las partes alta y media de la cuenca en 2002. Sin embargo, en 2018, la importancia de la parte alta había disminuido, incrementando la relevancia de los fragmentos ubicados en la parte media

<sup>27</sup> Definición disponible en: Conectividad y conservación: <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/cbmm/conectividad>



de la cuenca. De manera similar, en Jamapa los fragmentos con alta y media importancia en 2002 se ubicaban en las partes alta y media de la cuenca, pero la deforestación en la parte media causó que, para el año 2018, los fragmentos prioritarios se encontraran mayormente en la parte alta de la cuenca. A su vez, se analizaron corredores ecológicos para mejorar la conectividad en las cuencas (ver anexo tres para mayor información.)

Dentro de los beneficios que ofrece la conectividad de un paisaje a la sociedad se encuentra su papel clave en la belleza escénica, por lo que esta última puede ser usada como proxy para valorar económicamente y de forma indirecta a la conectividad. En este sentido, se consideraron diversos escenarios en función del porcentaje de potenciales turistas que pueden visitar el lugar y que estén dispuestos a pagar por un paisaje mejor conservado (DAP<sup>28</sup>). En este caso se recurrió a la metodología de modelos de elección donde se estimó la disponibilidad a pagar por el tema de belleza escénica para Vallarta, y esto sirvió de base para ajustar al contexto de las otras cuencas.<sup>29</sup>

Se encontró que si el 10% de los turistas estuviera dispuesto a pagar (DAP) por la conservación de la cuenca para disfrutar la belleza escénica de un paisaje menos fragmentado, el valor económico por año ascendería a USD\$ 22.7 millones (MXN\$ 464.0 millones) en Ameca-Mascota, a USD\$ 19.0 millones (MXN\$ 388.1 millones) en la cuenca del Carmen y a USD\$ 16.5 millones (MXN\$ 388.7 millones) en Jamapa (Figura 12). Este valor económico incrementa si la proporción de turistas dispuestos a pagar aumenta. Por ejemplo, el valor anual en Ameca-Mascota asciende a USD\$ 90.9 millones (MXN\$ 1856.1 millones), el de la cuenca del Carmen a USD\$ 76 millones (MXN\$ 1552.5 millones) y el de Jamapa a USD\$ 66.3 millones (MXN\$ 1355.1 millones) si la proporción de turistas con DAP es del 40 %<sup>30</sup>.

Este SE también puede evaluarse a través del indicador proxy de calidad del hábitat, calculado a partir del valor de la conectividad con relación al costo de oportunidad de realizar otra alternativa que, en este caso, es la ganadería tradicional realizada en los fragmentos actualmente conservados. El valor monetario anual bajo esta aproximación asciende a USD\$ 19.9 millones (MXN\$ 406.5 millones) en Ameca-Mascota, a USD\$ 19.1 millones (MXN\$ 391.3 millones) en la cuenca del Carmen y a USD\$ 12.7 millones (MXN\$ 260.6 millones) en Jamapa.

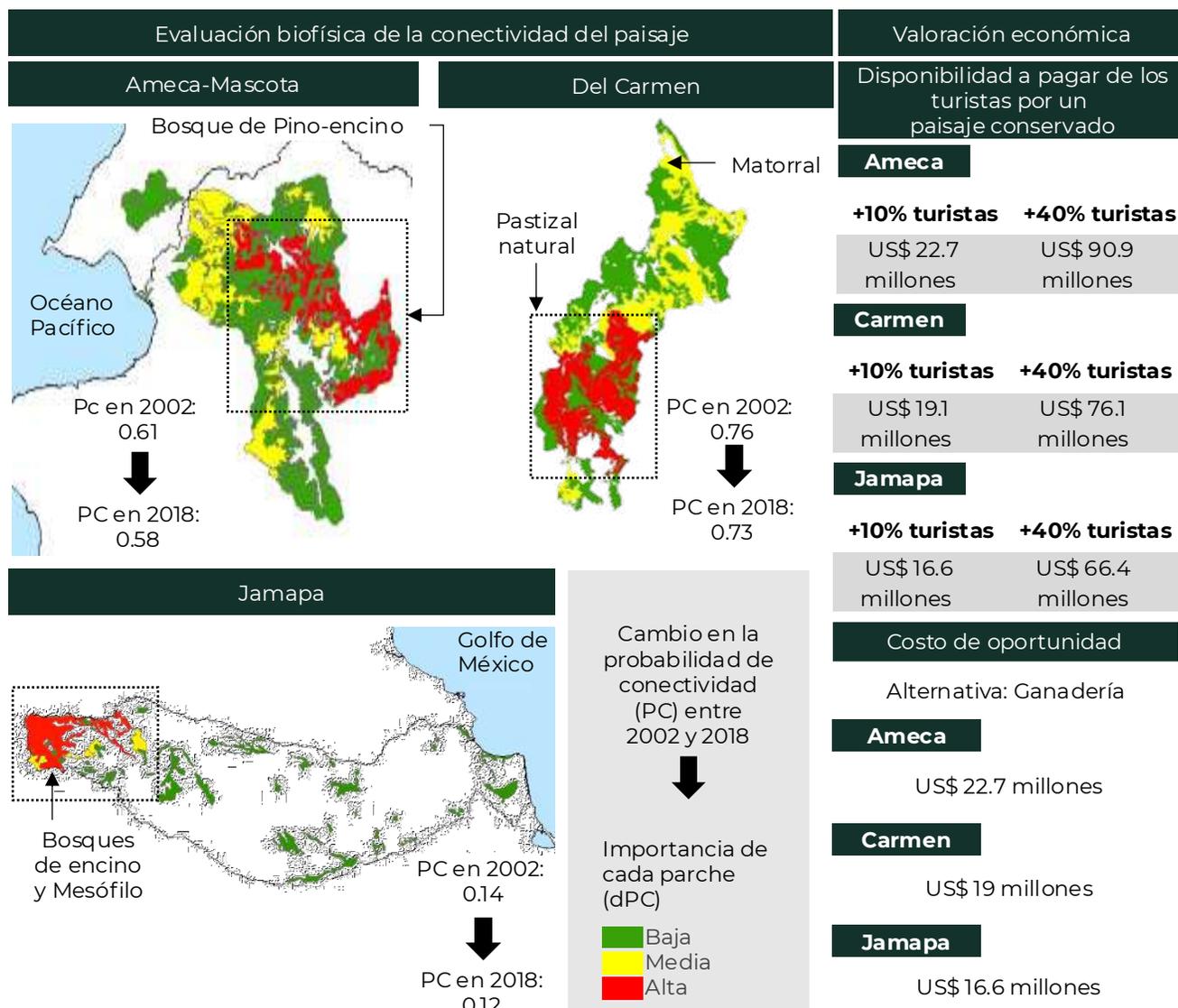
<sup>28</sup> Se pueden encontrar la DAP para 10%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100% en el informe: Valoración económica de los Servicios ecosistémicos. Se consideró esas diferentes alternativas de valores de porcentajes para tener un valor mínimo y máximo de la DAP.

<sup>29</sup> Es necesario indicar que la belleza escénica es un elemento que abona a conocer el valor de la conectividad, pero que bajo ningún escenario este dato conforma el valor económico total del ecosistema o de dicho SE.

<sup>30</sup> El análisis de la importancia relativa o la aportación de cada municipio sobre el valor económico del SE de conectividad, ligado con la belleza escénica del paisaje muestra que caso de la cuenca Ameca-Mascota, los municipios con mayor aporte al valor económico son Puerto Vallarta y Talpa de Allende; en el caso de la cuenca del Carmen son Chihuahua y Juárez; y en el caso de la cuenca Jamapa son Veracruz y Córdoba.



**Figura 12.** Evaluación biofísica de conectividad del paisaje



Fuente: Elaboración propia <sup>31</sup>.

Servicio ecosistémico de almacenamiento y secuestro de carbono en las tres cuencas

A partir del módulo de almacenamiento y secuestro de carbono de InVEST<sup>32</sup> se calculó que este SE en 2008 era de 203.17 toneladas por hectárea (ton/ha) Ameca-Mascota, 124.9

<sup>31</sup> Los límites y superficies de uso de suelo y vegetación se determinaron a partir de las series de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI. Una mayor agregación de las categorías y la incertidumbre ligada a la escala de la información (1:250 000) podrían generar que esta información no sea comparable con información proveniente de otros productos de uso de suelo y vegetación y que la información no coincida exactamente con la realidad.



ton/ha en la cuenca del Carmen y de 178 ton/ha en Jamapa (Figura 13). Después, al comparar los valores de 2018 con los de 2002 se encontró que en las cuencas de Ameca-Mascota y del Carmen el secuestro de carbono fue negativo en 1.3 millones y 436,156 toneladas de carbono, respectivamente. En cambio, en Jamapa, a pesar de la deforestación, el secuestro de carbono fue positivo en 1.4 millones de toneladas de carbono. Esto se debe a que en esta cuenca incrementaron el bosque mesófilo de montaña en la parte alta de la cuenca y los manglares en la parte baja, ambos tipos de vegetación son ampliamente reconocidos por su capacidad de capturar carbono (Vega-López, 2008).

Con base en los resultados biofísicos se calculó el valor en términos monetarios de la provisión de este SE desde el punto de vista social y de mercado. El costo social, a nivel internacional, de una tonelada de carbono para el año 2019 fue en promedio de USD\$25.83/ton (Alatorre, 2019; Metcalf y Stock, 2015; Nordhaus, 2014). En cambio, el valor de mercado<sup>33</sup> de dicha tonelada es de USD\$ 15/ton si se considera el precio de mercado de California (Banco Mundial, 2020 & 2021).<sup>34</sup> Ambos valores fueron utilizados para estimar el valor económico del SE de almacenamiento/secuestro de carbono en las tres cuencas, con valores actualizados a 2021. Así mismo, se consideró el valor del mercado en los mercados voluntarios.

El valor económico social del SE de almacenamiento de carbono para el año 2021 fue de USD\$ 77.3 millones (MXN\$ 1,577.9 millones) en Ameca-Mascota, USD\$ 277.3 millones (MXN\$ 5,660.7 millones) en la cuenca del Carmen y USD\$ 96.9 millones (MXN\$ 1977.9 millones) en Jamapa (Figura 13). En contraste, considerando el mercado de California, el valor económico para el año 2021 fue de USD\$ 44.8 millones (MXN\$ 916.3 millones) en Ameca-Mascota, USD\$ 161.0 millones (MXN\$ 3287.3 millones) en la cuenca del Carmen y USD\$ 56.2 millones (MXN\$ 1148.5 millones) en Jamapa<sup>35</sup>.

<sup>32</sup> Cabe mencionar que la información de carbono utilizada en el modelo fue obtenida del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFYS) 2004-2009 (Disponible en: <https://snmf.cnf.gob.mx/infys/>). También se usó la metodología de 2006 del IPCC para determinar los inventarios de gases de efecto invernadero en el sector de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra. La base de Carbon Dioxide Information Analysis Center está disponible en: [https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/epubs/ndp/global\\_carbon/carbon\\_documentation.html](https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/epubs/ndp/global_carbon/carbon_documentation.html) y en el anexo 4 se pueden observar los valores finales utilizados para el cálculo de carbono en las tres cuencas, así como las limitaciones de los insumos y métodos.

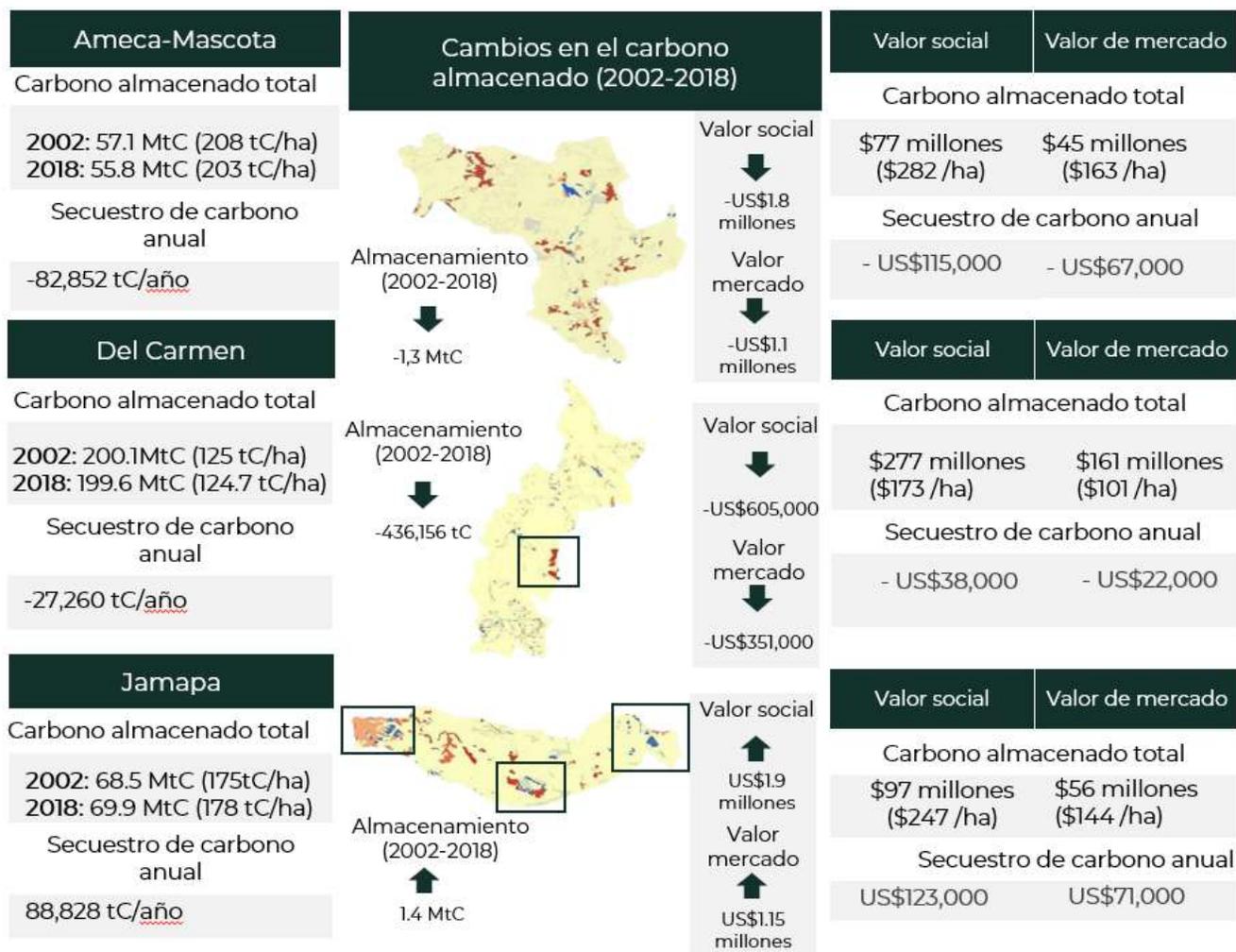
<sup>33</sup> El mercado de California y de Suecia son referencias de precios a nivel internacional. En el reporte “Informe de la valoración económica de los servicios ecosistémicos” se muestra el valor en cuatro mercados.

<sup>34</sup> Se considera estos dos mercados porque son mercados de referencia para otros mercados a nivel mundial.

<sup>35</sup> Los valores son para toda la cuenca, aunque algunos municipios pueden tener mayor importancia. Por ejemplo, los municipios con mayor aporte al valor total, ya sea social y/o económico, son Mascota y Talpa de Allende en Ameca; Ahumada y Buenaventura en Carmen; y Paso del Macho y Cotaxtla en Jamapa.



**Figura 13.** Almacenamiento y secuestro de carbono en las tres cuencas



Fuente: Elaboración propia <sup>36</sup>.

<sup>36</sup> El cálculo de las superficies de uso de suelo y vegetación en los diferentes periodos analizados fueron estimadas a partir de las series de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI. Una mayor agregación de las categorías y la incertidumbre ligada a la escala de la información (1:250 000) podrían generar que esta información no sea comparable con información proveniente de otros productos de uso de suelo y vegetación y que la información no coincida exactamente con la realidad.



### Valoración del servicio ecosistémico de regulación de inundaciones

El modelo InVEST “Urban Flood Risk Mitigation model”<sup>37</sup> se utilizó para calcular la retención de las escorrentías en las cuencas Ameca-Mascota y Jamapa bajo dos escenarios. El primer escenario contempló condiciones de lluvia atípica capaz de causar una inundación y el segundo contempla las condiciones durante un evento extremo como un huracán<sup>38</sup>.

En el caso de Ameca-Mascota, las zonas con mayor riesgo de inundación están en el noroeste (zona dominada por cultivos y pastizales) y en la planicie costera del río Ameca. En el escenario de 280 mm se inundarían 231 km<sup>2</sup> que afectarían a 61 localidades rurales y a 40 de las 54 localidades urbanas. En cambio, en el escenario extremo (560 mm), el área propensa a inundarse sería de 557 km<sup>2</sup>, afectando a 426 de las 601 localidades rurales y a 53 localidades urbanas. Además, se inundarían 120 km<sup>2</sup> y 332 km<sup>2</sup> de cultivos, respectivamente (Figura 14).

Por su parte, las zonas con mayor riesgo de inundación en Jamapa son las partes media y baja de la cuenca. En el escenario de 230 mm se inundarían 926 km<sup>2</sup> que afectarían a 432 localidades rurales y 9 urbanas. En el escenario extremo (355 mm) el área propensa a inundarse sería de 1,370 km<sup>2</sup>, afectando a 549 localidades rurales y a 9 localidades urbanas. De manera similar a Ameca-Mascota, en Jamapa los cultivos son el uso de suelo más afectado con 481 km<sup>2</sup> y 548 km<sup>2</sup> en los escenarios de 230 mm y 355 mm, respectivamente (Figura 14).

El modelo biofísico resaltó que la agricultura es un sector que puede ser fuertemente afectado por inundaciones en ambas cuencas. Por lo tanto, se estimó el valor económico de las potenciales pérdidas en la producción agrícola. Estas pérdidas fueron estimadas para diferentes porcentajes del total de hectáreas afectadas en cada escenario.

En Ameca-Mascota, con el escenario de 280 mm, suponiendo que un 10% de la producción fuera afectada, dichas pérdidas ascenderían a alrededor de USD\$ 3 millones (MXN\$ 61 millones). Esta pérdida iría incrementando con el porcentaje afectado, llegando a USD\$ 24 millones (MXN\$ 494 millones) con el 80% de afectación. Estas pérdidas incrementan en el escenario extremo (560 mm); en donde, se perderían USD\$ 8.3 millones (MXN\$ 170 millones), USD\$ 25 millones (MXN\$ 510 millones) y USD\$ 67 millones (MXN\$ 1,360 millones) si la superficie de cultivos dañada fuera de 10 %, 30 % y 80 %, respectivamente (Figura 14). Finalmente, los municipios de Mascota y Puerto Vallarta serían los más afectados en ambos escenarios.

El primer escenario (230 mm) evaluado en Jamapa mostró que, si el 10% de la producción agrícola es afectada, dichas pérdidas ascenderían a USD\$ 10 millones (MXN\$ 223 millones), ascendiendo a USD\$ 87 (MXN\$ 1,719 millones) con el 80% de afectación. Adicionalmente, en el escenario extremo (355 mm) se perderían USD\$ 11 millones (MXN\$

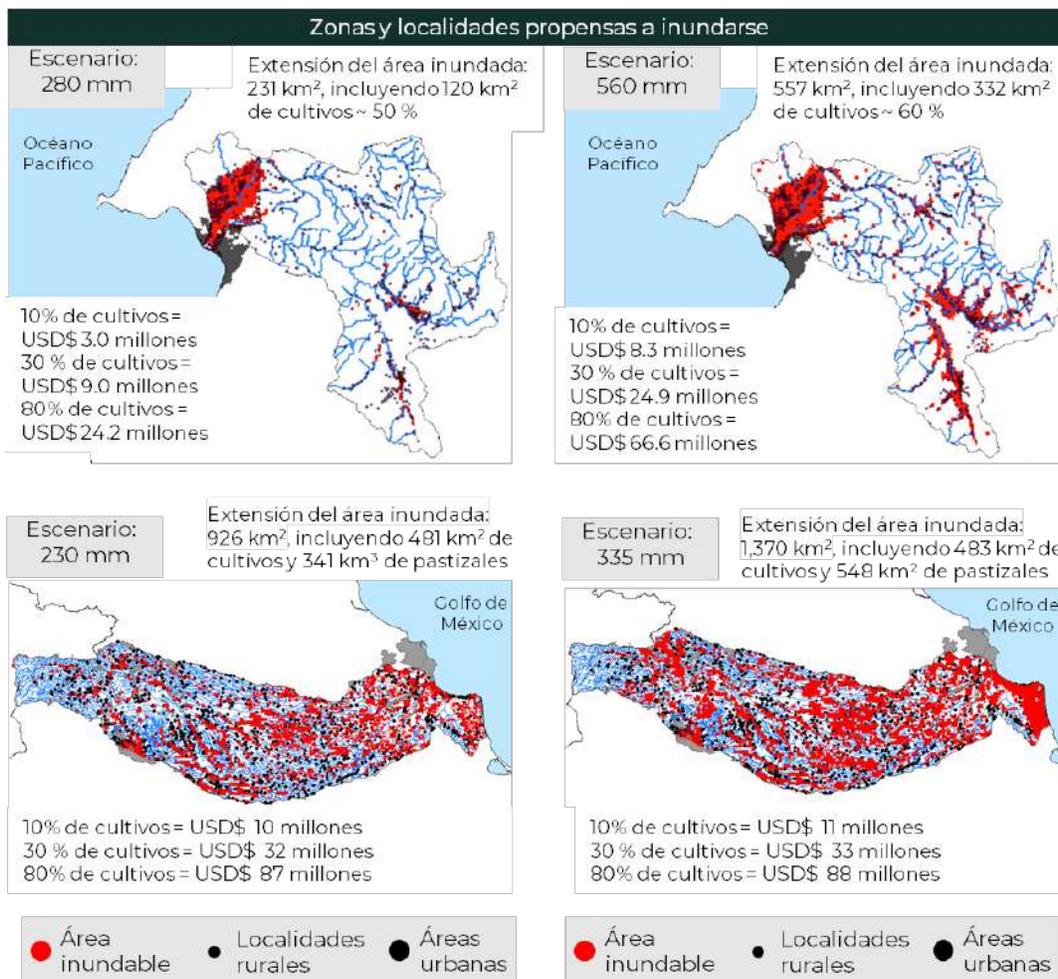
<sup>37</sup> Disponible en: [https://invest-userguide.readthedocs.io/en/latest/urban\\_flood\\_mitigation.html](https://invest-userguide.readthedocs.io/en/latest/urban_flood_mitigation.html).

<sup>38</sup> En el caso de Ameca- Mascota y Jamapa el primer escenario se basó en la máxima lluvia registrada por estaciones meteorológicas de CONAGUA en 24 horas, dando valores de 280 y 230, respectivamente. Para el segundo escenario, se usaron valores de 560 mm y 355mm, respectivamente, esto dado a lluvias registradas en 1968 cuando el huracán Naomi pegó en el Pacífico mexicano y el huracán Karl en el 2010 en el Golfo de México.



224 millones) y USD\$ 88 millones (MXN\$ 1,799 millones) si la superficie de cultivos dañada fuera de 10 %, y 80 %, respectivamente. Los municipios más vulnerables son Paso del Macho y Cotaxtla.

**Figura 14.** Regulación de inundaciones en Ameca-Mascota y Jamapa bajo dos escenarios



Fuente: Elaboración propia.

### Valoración del servicio ecosistémico de provisión de agua en la cuenca del Carmen

A partir del modelo “*Water Yield*” de InVEST<sup>39</sup> el cual estima las contribuciones relativas de agua de diferentes partes de un paisaje, ofreciendo información sobre cómo los cambios en los patrones de uso de la tierra afectan el escurrimiento anual y estacional de agua superficial. Entre las principales variables que se utilizan son la precipitación

<sup>39</sup> Disponible en: [https://invest-userguide.readthedocs.io/en/latest/annual\\_water\\_yield.html](https://invest-userguide.readthedocs.io/en/latest/annual_water_yield.html)



(promedio anual y mensual), mapa de uso de suelo y vegetación, evapotranspiración, modelo digital de elevación, entre otros.

A partir de las variables anteriormente mencionadas se estimaron las contribuciones de agua de las diferentes partes del paisaje de la cuenca del Carmen y también se identificó cómo los cambios en los patrones de uso de la tierra afectan el escurrimiento superficial anual y estacional del agua. Los resultados indican que la mayor provisión superficial de agua ocurre en la zona alta de la cuenca (Figura 15). Bosques de encino-pino, pastizales naturales y agricultura son los tres tipos de uso de suelo y vegetación dicha zona de alta provisión. En cambio, matorrales, pastizales naturales y agricultura dominan las zonas de menor provisión de agua. También, se estimó una disponibilidad promedio anual de 950 hm<sup>3</sup> de agua superficial a partir del análisis de los datos del periodo 1910-2009 (Cuervo-Robayo et al., 2013).

Después, se calculó el rendimiento del agua estacional, resaltando que entre los meses de julio-agosto (ver gráfica de Figura 15) es cuándo se alcanza la mayor escorrentía rápida superficial en la cuenca. También resaltó la diferencia de número de corrientes de liberación lenta que permanecen durante el año (flujo base) y las que se forman en la época de lluvias (flujo rápido) y desaparecen en época de secas (Figura 15).

En Chihuahua, más de la tercera parte (37.5%) del volumen concesionado para los diferentes usos proviene de fuentes superficiales y 96% de ese volumen es concesionado para el sector agrícola (CONAGUA, 2021). Es por esto por lo que la valoración económica del servicio de provisión de agua fue estimada considerando el valor del agua agrícola.

El valor de mercado del uso del agua en México considera las cuotas por Derecho de Agua que varían por el régimen (general, agua potable, acuacultura y centros recreativos y balnearios) y la zona de disponibilidad. En este sentido, la cuenca del Carmen se ubica en la zona de disponibilidad 1 y el agua proveniente de una fuente superficial<sup>40</sup> tiene un valor promedio de MNX\$ 504.2 por m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que el cobro de derechos de agua al sector agropecuario establece que se debe pagar por cada metro cúbico que exceda el volumen concesionado a cada distrito de riego o a cada zona de disponibilidad. El monto por pagar es una cuota única de MNX\$ 0.1924<sup>41</sup>. Todo metro cúbico por debajo del volumen concesionado tiene una cuota de cero pesos.

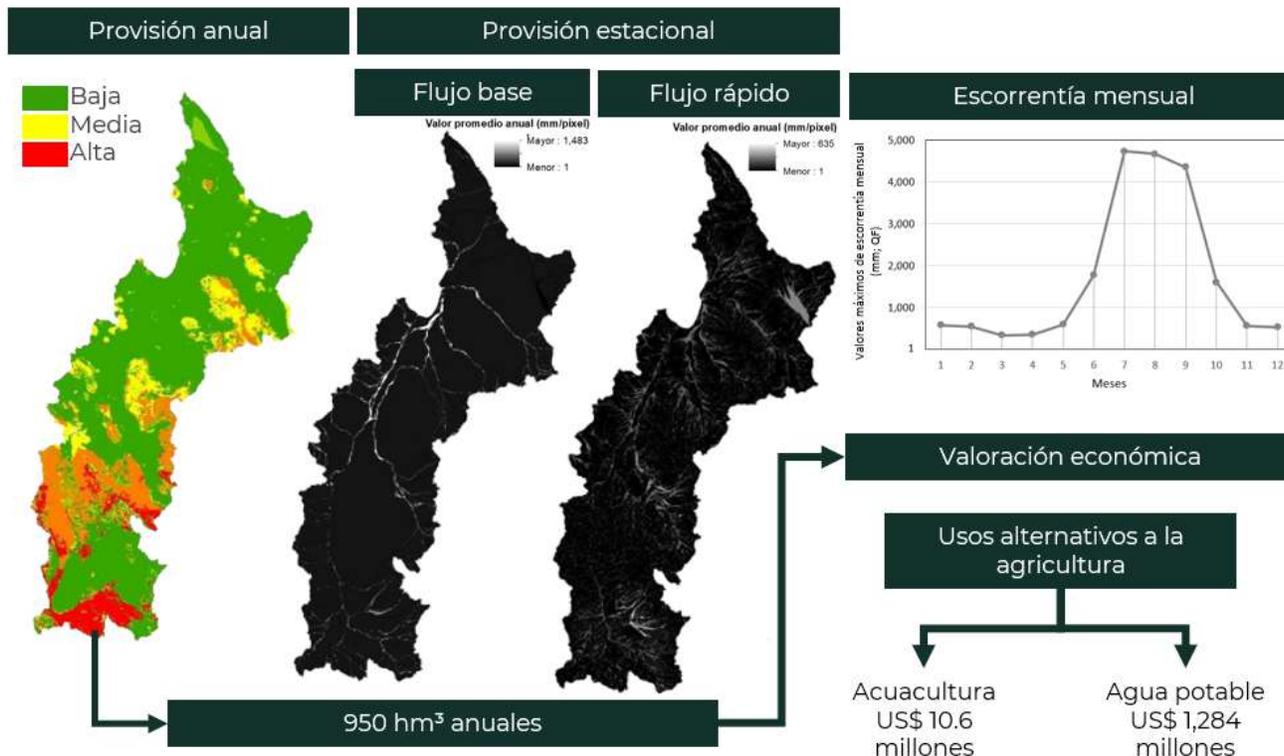
Finalmente, para estimar el valor económico del agua agrícola se asumió que el agua destinada al sector agrícola podría ser destinada a otro régimen (por ejemplo, acuacultura y agua potable). De esa manera, se estimó que el valor total del agua superficial que consume la agricultura en la cuenca del Carmen tendría un valor entre USD\$ 11 millones (MXN\$ 217 millones) si se considera el régimen de acuacultura y USD\$ 1,284 millones (MXN\$ 26,211 millones) si se considera el régimen de agua potable (Figura 15).

<sup>40</sup> Para mayor detalle sobre los cobros se sugiere revisar el Artículo 223, del Capítulo VIII, de la Ley Federal de Derechos.

<sup>41</sup> La cuota se destina a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).



**Figura 15.** Evaluación biofísica y valoración económica del servicio de provisión del agua<sup>42</sup>



Fuente: Elaboración propia.

<sup>42</sup> Flujo base: diferencia de número de corrientes de liberación lenta que permanecen durante el año. Flujo rápido: corrientes que se forman en la época de lluvias y desaparecen en época de secas



### Valoración del servicio ecosistémico de polinización en Jamapa

La valoración del servicio de polinización está alineada con la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP)<sup>43</sup> y desde el punto de vista biofísico se evaluó con el módulo “*Crop Pollination or Crop abundance*” de InVEST para estimar el suministro de polinizadores en cada celda del paisaje y su abundancia.

En Jamapa, los principales cultivos son caña de azúcar, maíz grano, naranja, limón, piña y café (SADER, 2016). Sin embargo, solo se cuenta con la ubicación de los cultivos de café derivada del Padrón Nacional Cafetalero de 2008<sup>44</sup>. La incertidumbre asociada con la antigüedad del censo fue disminuida eliminando las parcelas de café que se convirtieron en pastizales u otros usos de suelo, para identificar estas zonas que cambiaron de vegetación se utilizó el mapa de uso de suelo y vegetación de Mad-Mex CONABIO para el 2018<sup>45</sup>. Por su parte, los polinizadores considerados fueron dos grupos de insectos apiformes (Apis y Bombus) que son ampliamente reconocidos por su papel como polinizadores naturales y por su contribución al mantenimiento de la calidad en los cultivos de café en Veracruz (Bonet y Vergara, 2019)<sup>46</sup>.

En la Figura 16 se puede observar que la abundancia de los polinizadores se concentra en la zona alta de la cuenca, tanto en primavera como en verano, y que la abundancia de uno de los grupos de polinizadores incrementa significativamente con la floración primaveral del café. También, se puede observar que la zona cafetalera se encuentra en una zona alta de abundancia de los polinizadores evaluados.

El valor económico del SE de polinización se calculó a través del método de precios de mercado de los productos agrícola y se estimó que en esta cuenca el valor de la producción anual para los diferentes productos asciende a USD\$ 343 millones (MXN\$ 6,993 millones) y que más de un cuarto de ese valor total se debe a la polinización. Además, se consideró la tasa de dependencia de la polinización por insectos de los diferentes productos agrícolas<sup>47</sup> y con esta información se calculó que el servicio de polinización asciende a USD\$ 90 millones (MXN\$ 1,846 millones; Figura 16).

Finalmente, se puede evidenciar que entre los municipios con mayor aporte al valor económico (Figura 16) se encuentran Huatusco y Paso del Macho, municipios con una alta producción de café que es un producto con 65% de dependencia de la polinización.

<sup>43</sup> El objetivo de esta estrategia es orientar las políticas y el trabajo de los sectores productivo y ambiental en lo relativo a la conservación de los servicios ecosistémicos que brindan los polinizadores, a fin de contribuir al desarrollo sustentable y a la seguridad alimentaria del país. Disponible en:

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/629651/ENCUSP\\_calidad\\_media\\_corregido.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/629651/ENCUSP_calidad_media_corregido.pdf)

<sup>44</sup> Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/>

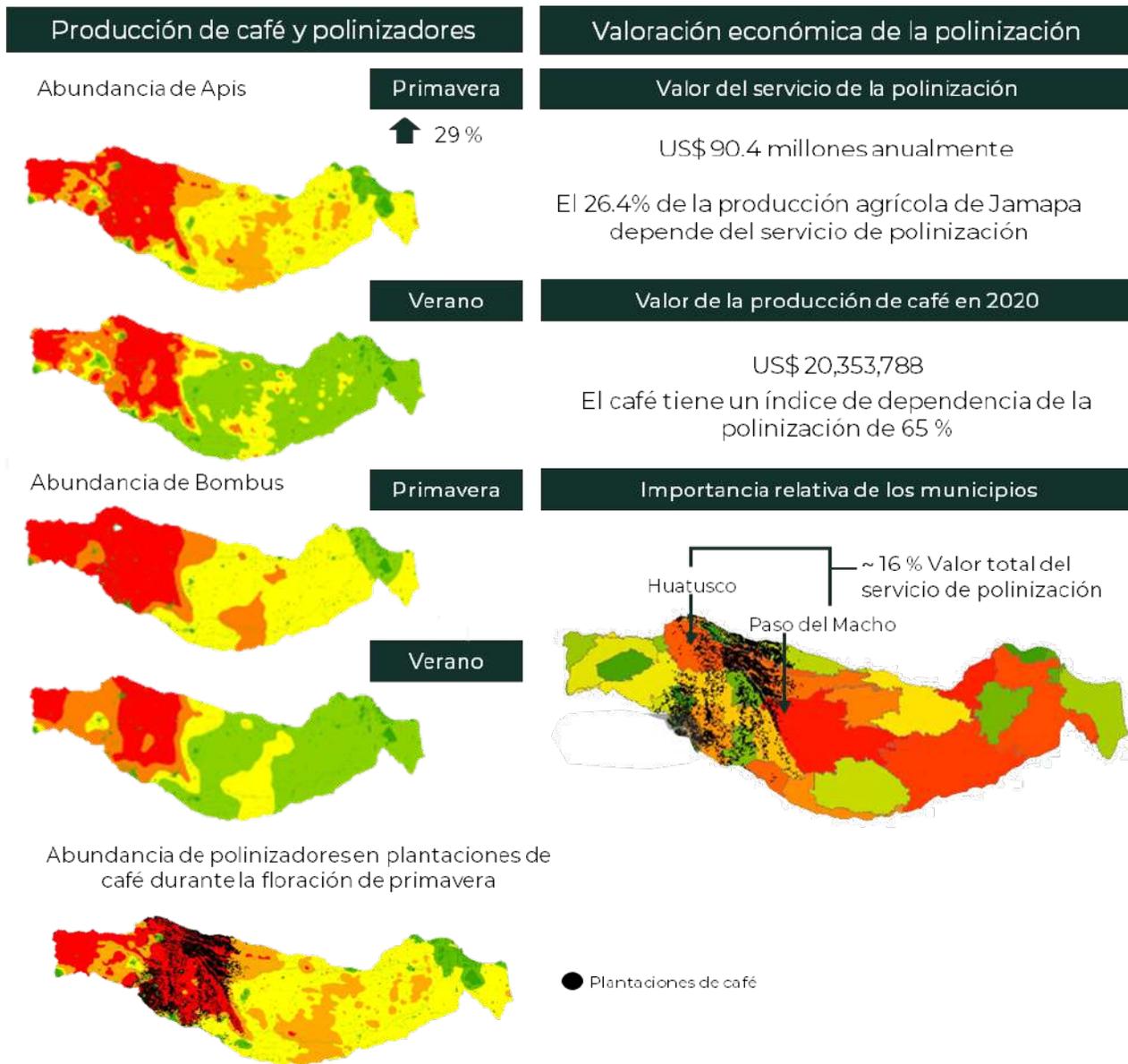
<sup>45</sup> Las parcelas de café que cambiaron a otros cultivos fueron identificadas con el mapa de Mad-Mex del 2015.

<sup>46</sup> También, los valores de anidación y temporadas de vuelos se utilizaron como referencia el manual de polinización de InVEST (Disponible en: <https://invest-userguide.readthedocs.io/en/latest/croppollination.html>) y Lara-Pulido et al (2021).

<sup>47</sup> La dependencia de los diferentes cultivos a la polinización fue recopilada de Klein et al. (2007), Vergara et al. (2009), Vergara y Badano (2009) y Giannini et al. (2015). La tabla final puede encontrarse en el Anexo 5.



**Figura 16.** Evaluación biofísica y económica de la polinización



Fuente: Elaboración propia.



### Valoración del servicio ecosistémico de recreación en Jamapa

El modelo de InVEST (*visitation model*)<sup>48</sup> para el servicio de recreación cuantifica los días de recreación por persona, según la ubicación de los hábitats naturales y otras características que influyen en las decisiones de las personas sobre dónde recrearse. Dada la ausencia de datos empíricos sobre las visitas a la cuenca Jamapa, se utilizaron fotografías georreferenciadas<sup>49</sup> y realizaron dos escenarios: recreación actual y futura (incorporando atractores de turismo).

En el escenario “actual” se identificaron un total de 11 puntos de interés turístico a los que se les realizó un buffer de 1 km para identificar las localidades cercanas, resultando en 32 localidades que actualmente tienen relevancia turística. Las tres principales localidades turísticas son Córdoba, Boca del Río y Huatusco (Figura 17).

Para la generación del escenario a futuro se consultó la base de datos de la Secretaría de Turismo (SECTUR, 2021), la cual identifica las principales variables turísticas. A partir de estas variables se identificaron siete variables de interés dentro de la cuenca de Jamapa: museos, pueblos Mágicos<sup>50</sup>, playas, teatros, aeropuertos, carreteras, modelo digital de elevaciones. Se seleccionaron los 50 puntos con mayor valor de interés turístico e hizo un buffer de 1 km para encontrar las localidades de mayor potencial turístico. De esta forma, a partir de la evaluación biofísica se encontraron 150 localidades con alto potencial turístico en la cuenca de Jamapa (Figura 17). Las cinco localidades con mayor potencial turístico son: Coscomatepec de Bravo (municipio Coscomatepec), Úrsulo Galván (municipio Úrsulo Galván), el Cebadal (municipio Coscomatepec), la Reforma (municipio Alto Lucero de Gutiérrez Barrios) y Tlavictopan (municipio Huatusco).

Al mismo tiempo, es importante recalcar que en la cuenca Jamapa, debido a las condiciones geográficas, de vocación productiva y social, las actividades de agroforestería y ganadería regenerativa tienen un amplio potencial a ser desarrollados (en mayor medida), las cuales se pueden ligar con generar actividades de turismo de naturaleza. Lo anterior refleja que el desarrollo de turismo basado en la naturaleza y/o con prácticas sostenibles podría representar una oportunidad para diversificar las actividades que desarrollan las y los productores en la cuenca.

Debido a que no se tiene un mercado constituido para el turismo de naturaleza y/o con prácticas sostenibles, ligadas con agroforestería y ganadería regenerativa, se recurrió al planteamiento de un mercado hipotético, a través del método de experimento de elección a fin de estudiar si turistas potenciales, estarían dispuestos o no a realizar este tipo de actividades, y cuáles serían sus principales motivaciones.

Se aplicó una encuesta difundida en las redes sociales del Banco Mundial y se obtuvo respuesta de 897 personas, de las cuales un 66% (596) seleccionó responder el

<sup>48</sup> Disponible en: <https://invest-userguide.readthedocs.io/en/latest/recreation.html>

<sup>49</sup> Las fotografías georreferenciadas son publicadas en Flickr (un sitio web en donde los usuarios almacenan y comparten fotografías o vídeos creados por ellos mismos) para el periodo de 2005-2017

<sup>50</sup> Pueblo Mágico es una designación otorgada por la Secretaría de Turismo a lugares que destacan por haber sido escenario de hechos trascendentes para México e importantes para la conservación de las tradiciones y el acervo cultural histórico mexicano.



cuestionario y el experimento de elección para la actividad de agroforestería, y el 34% (301) para la actividad de ganadería regenerativa<sup>51</sup>.

La información obtenida se permitió construir dos modelos econométricos en los cuales se identificó la relación y dirección que puede tener cada uno de los atributos (precio, tiempo, actividad y contribución) con respecto a no realizar (escenario base o de comparación) o realizar la actividad de turismo de naturaleza (alternativa 2 o 3). Se observó que a medida que se incrementan los aspectos de número de horas que tendría la actividad (tiempo), el precio por persona que debería pagar por realizar la actividad, si la actividad emplea prácticas que ayudan a la conservación de la naturaleza (contribución) o si el turista participa en actividades asociadas al proceso de producción (actividades), aumenta la probabilidad de que el turista decida realizar turismo de agroforestería o turismo de ganadería regenerativa, comparado con mantener la situación actual.

Con la información expresada en el ejercicio del mercado hipotético se estimó la Disponibilidad a Pagar (DAP). En este caso, la DAP expresa el valor monetario que sienten los turistas por realizar ya sea una salida de turismo relacionado con agroforestería, como por ganadería regenerativa. En el caso de la agroforestería, un turista estaría dispuesto a pagar entre USD\$ 22-29 (MXN\$ 460-594) por salida por persona; mientras que en el caso de la ganadería regenerativa entre USD\$ 20.6-20.8 (MXN\$ 420-425). Es decir, los turistas de naturaleza valoran en mayor medida realizar la actividad de turismo relacionado con agroforestería comparado contra ganadería regenerativa.

La información de la DAP obtenida del experimento de elección permitió estimar el valor económico del SE de recreación en Jamapa. Para esto se consideró el número de turistas que visitan Veracruz anualmente (5.3 millones)<sup>52</sup> y se asumió que una proporción de estos podría visitar Jamapa con interés de realizar la actividad de turismo de naturaleza.<sup>53</sup> Por ejemplo, en el caso que 53,324 turistas (1%) llegaran a Jamapa con la finalidad de realizar actividades turísticas de agroforestería o ganadería regenerativa, el valor monetario de dicha actividad al año sería de aproximadamente USD\$ 1.5 millones (MXN\$ 32 millones) y poco más de USD\$ 1 millón (MXN\$ 23 millones), respectivamente (Figura 17). Finalmente, el 70 % de los encuestados expresó una alta probabilidad de realizar en un futuro un recorrido de naturaleza en la cuenca Jamapa, ya sea de agroforestería o ganadería regenerativa.

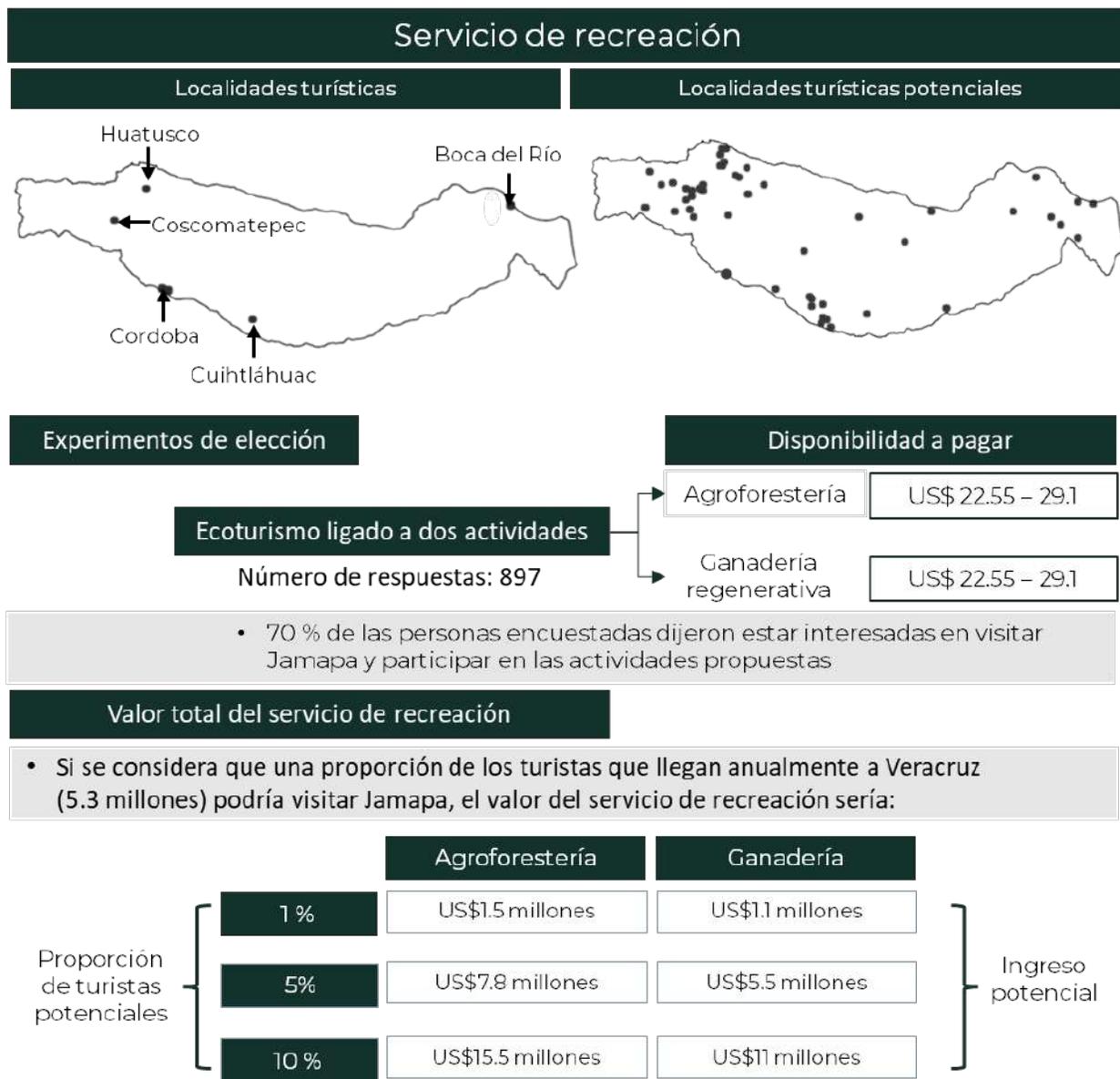
<sup>51</sup> En ambos casos, se logró tener una representatividad estadística mayor al 90% por lo que se puede asumir que los resultados del análisis de la muestra son representativos de la población.

<sup>52</sup> [https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF/ITxEF\\_VER.aspx](https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF/ITxEF_VER.aspx) Secretaría de Turismo (SECTUR)

<sup>53</sup> En el caso de turismo de naturaleza no se cuenta con una cifra sobre la cantidad de turistas que llegan exclusivamente a Jamapa, por lo que se consideró como supuesto que un porcentaje de los turistas que llegan a Veracruz visitan exclusivamente a dicho municipio.



**Figura 17.** Servicio de recreación en Jamapa<sup>54</sup>



**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>54</sup> Nota: las cinco localidades con mayor potencial turístico son: Coscomatepec de Bravo (municipio Coscomatepec), Úrsulo Galván (municipio Úrsulo Galván), el Cebadal (municipio Coscomatepec), la Reforma (municipio Alto Lucero de Gutiérrez Barrios) y Tlavictopan (municipio Huatusco)



### 3.5. Comparación de los escenarios BAU y CONECTA

Una vez que los diferentes servicios ecosistémicos y el escenario BAU fueron analizados y evaluados, se diseñó el escenario CONECTA que consiste en diferentes actividades climáticamente inteligentes, esto con el objetivo de poder evaluar la efectividad de estas acciones en términos de provisión de distintos servicios ecosistémicos.

#### Evaluación biofísica

Cinco de las acciones que integran el escenario CONECTA (Figura 6) fueron evaluadas biofísica y económicamente bajo la perspectiva donde se contabiliza el área total del predio donde se implementarán y la perspectiva en la que solo se contabiliza el área ocupada por las acciones (Figura 18). Dentro de las acciones se encuentran:

- Cercos vivos: se realizaron buffers de 10 metros de diámetro en los límites de los predios.
- Reforestar/restaurar la vegetación riparia a lo largo de ríos y arroyos: se utilizaron las corrientes de agua (permanentes e intermitentes) de la red hidrográfica de INEGI para seleccionar las corrientes que se encuentran dentro de los sitios prioritarios. A estas corrientes de agua se les hizo un buffer de 20 metros de diámetro (10 metros a cada lado del río) dado que, de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, esta superficie es considerada como zona federal.
- Colocar árboles dispersos en pastizales: se realizó la simulación del sembrado de 500 árboles al azar en los sitios prioritarios, a cada uno de estos “árboles” se les generó un buffer de 5 metros simulando su dosel.
- Mejora de pastizales (rotación de ganado en pastizales, exclusiva de la cuenca del Carmen): se utilizó la superficie total de los pastizales para evaluar el efecto de la rotación en el secuestro del carbono.
- Colocar arbustos en los límites de los predios (acción exclusiva de la cuenca del Carmen): se realizaron buffers de 5 metros de diámetro en los límites de los predios.

Es importante notar que el área efectiva que tienen las acciones CONECTA evaluadas biofísicamente se pueden abordar de dos perspectivas: 1) si un propietario tiene un predio (por ejemplo, una hectárea), se puede pensar que las acciones actúan efectivamente en toda la superficie del predio, por lo cual se puede contabilizar la hectárea completa como superficie efectiva en la restauración y 2) contabilizar sólo la superficie donde se llevan a cabo las acciones. La principal diferencia entre una y otra forma de evaluar es que con la primera se necesita un menor número de predios que en la segunda opción para lograr el objetivo de restauración. Por lo tanto, se generaron dos evaluaciones biofísicas del escenario CONECTA: perspectiva 1 y 2 (Figura 18).



**Figura 18.** Área total de las acciones CONECTA evaluadas biofísicamente desde dos perspectivas

	Vegetación riparia	Cercos vivos	Árboles dispersos
<b>Ameca</b>			
Perspectiva 1 (47 predios)	246 ha	47.62 ha	3.93 ha
Perspectiva 2 (344 predios)	169.61 ha	300.39 ha	3.93 ha
<b>Jamapa</b>			
Perspectiva 1 (139 predios)	9.90 ha	96.16	3.93 ha
Perspectiva 2 (808 predios)	23.58 ha	446.16 ha	3.93 ha
<b>Carmen</b>		Arbustos paralelos	Mejora de pastizales
Perspectiva 1 (15 predios)		 54.35 ha	 1,670.44 ha

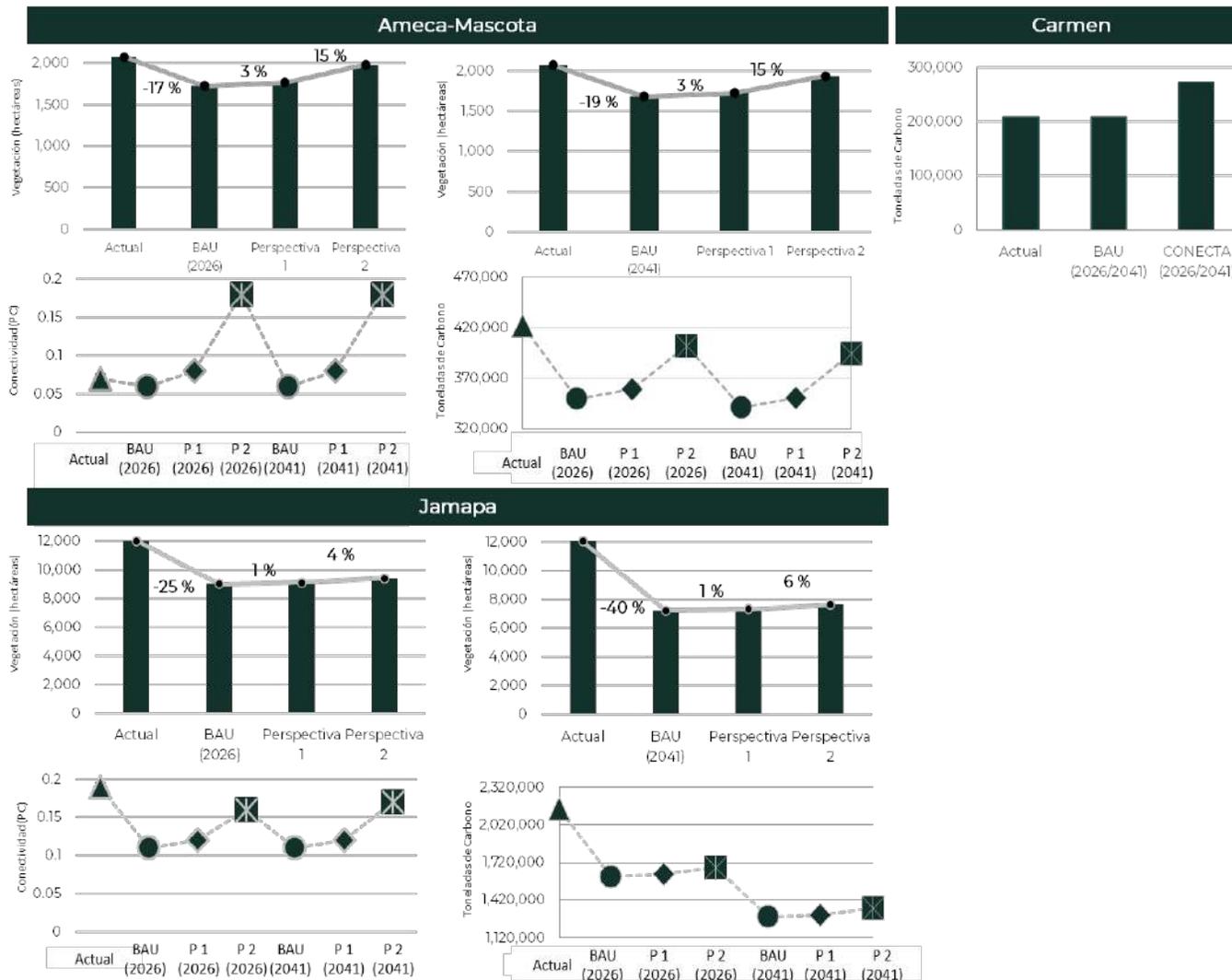
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la evaluación biofísica del escenario CONECTA y su comparación con el escenario BAU sugieren que las acciones CONECTA pueden beneficiar a la conectividad y al almacenamiento y secuestro de carbono. Estos beneficios están asociados al efecto diferenciado de ambos escenarios sobre la cobertura vegetal. Por ejemplo, bajo el escenario BAU en 2026 se espera una pérdida de superficie vegetal<sup>55</sup> de 17 % en Ameca-Mascota, de 25 % en Jamapa y 0.17 % en la cuenca del Carmen (). Sin embargo, si se implementaran las acciones CONECTA seleccionadas bajo la perspectiva 1, la pérdida de vegetación se reduciría en 3% en Ameca-Mascota y en 1% en Jamapa. Esta reducción sería aún más significativa bajo la segunda perspectiva. La comparación entre los escenarios BAU y CONECTA también se hizo para el año 2041 resultando que bajo el escenario BAU se perdería el 19% de vegetación en Ameca-Mascota y el 40% en Jamapa. De manera similar, la pérdida es menor bajo el escenario CONECTA (Figura 19).

<sup>55</sup> Esta tendencia fue analizada a partir de cadenas de Márkov.



**Figura 19.** Comparación biofísica de los escenarios BAU y CONECTA



Fuente: Elaboración propia.



También, en este análisis se destacó el efecto diferenciado entre las perspectivas 1 y 2, el cual es atribuido a de qué manera influyen en la distribución espacial de la vegetación y esta distribución es clave para la conectividad del paisaje. Por ejemplo, en términos de conectividad, la Perspectiva 2 tiene mayores beneficios que la Perspectiva 1 en Ameca-Mascota (Figura 19) porque el mayor número de parcelas intervenidas bajo la Perspectiva 2 permite que las acciones se distribuyan en todo el sitio prioritario. Lo mismo sucede en Jamapa donde el mayor número de fragmentos de vegetación permite la conexión entre los fragmentos restantes. De esta manera, la ubicación de las acciones permite conservar e incluso incrementar la conectividad del paisaje a pesar de la potencial pérdida de cobertura vegetal<sup>56</sup>.

En el caso del carbono, este se encuentra relacionado directamente con la permanencia o pérdida de la cobertura vegetal, por lo que el almacenamiento y secuestro de carbono se ve afectado por la pérdida de esta en el escenario BAU (Figura 19). Sin embargo, la Perspectiva 2 del escenario CONECTA logra revertir la tendencia en las tres cuencas. En la cuenca del Carmen, dadas sus características climáticas, se estimó el beneficio en el secuestro del carbono por implementar estrategias de rotación, las cuales tienen ventajas significativas. En este caso, se consideró que los pastizales bajo un manejo silvopastoril absorben en un 36 % más el carbono que cuando se encuentran bajo manejo tradicional (Peri et al., 2018).

### Evaluación económica

El escenario CONECTA se evaluó desde los puntos de vista privado y social. En cuanto al punto de vista privado, el análisis sugiere que la mayoría de las acciones CONECTA tiene un impacto positivo a mediano y largo plazo sobre los ingresos y costos en la producción ganadera y/o agroforestal. Desde el punto de vista social, se evaluaron el almacenamiento-captura de carbono y la conectividad del paisaje. Además, el análisis de sensibilidad mostró que es preferible tener una tasa de interés baja para tener un mayor retorno de la inversión desde el punto de vista privado; y desde el punto de vista social, una tasa baja implica tener mayor valor de los SE a mediano y largo plazo. A continuación, se presentan los resultados principales de los análisis costo beneficio privado (ACB-P) y social (ACB-S), así como del análisis de sensibilidad del ACB-P y ACB-S.

### Análisis Costo Beneficio Privado (ACB-P) de las Acciones CONECTA<sup>57</sup>

La primera actividad evaluada fue mantener la actividad de ganadería convencional (escenario BAU). En este caso, los resultados indicaron que no fue viable para la cuenca Ameca-Mascota en ninguno de los horizontes temporales (2022, 2026 y 2041). En contraste, la ganadería es viable en Jamapa y Carmen para todos los horizontes. Cabe

<sup>56</sup> En la cuenca del Carmen no se evaluó la conectividad, ya que actualmente no se cuenta con vegetación en los predios evaluados, por lo tanto, la conectividad se incrementa en un 100%.

<sup>57</sup> La información en extenso se puede encontrar en las tablas en el anexo 6, así como en informe "Valoración económica: informe ESV bajo los escenarios BAU y CONECTA".



mencionar que la ganadería es desarrollada con otras actividades complementarias para obtener mayores ingresos o presenta apoyos financieros gubernamentales, lo cual explica que siga siendo una actividad rentable.

Después, incluyendo los datos provenientes de la valoración biofísica se evaluaron las acciones asociadas a: cercos vivos<sup>58</sup>, árboles dispersos en pastizales, arbustos junto a las cercas, y restauración de vegetación riparia. Las primeras dos para las cuencas Ameca-Mascota y Jamapa, la tercera solo en la cuenca del Carmen y la última en las tres cuencas.

El establecimiento de arbustos junto a cercas, de cercos vivos, de árboles dispersos en pastizales y el manejo silvopastoril en agostaderos forestales – ganadería regenerativa fueron acciones viables desde el punto de vista privado, pero con algunas particularidades. Por ejemplo, establecer arbustos junto a las cercas en la cuenca del Carmen es viable hacia el 2026 y 2041, pero no así en un corto plazo (2022); ya que no permite recuperar la inversión y los costos por su implementación en ese periodo. En contraste, los cercos vivos son viables en los tres horizontes temporales pero el VAN es cercano a cero en el horizonte 2022, por ende, esta acción también es recomendable a un horizonte de mediano y largo plazo.

Por su parte, reforestar y/o restaurar la vegetación riparia de arroyos y ríos excluyendo al ganado o controlando puntos de acceso no es viable desde el punto de vista privado. Esto se debe a que, si bien la acción puede tener un impacto positivo sobre el ganado, no existe alguna medida en la literatura revisada. Por lo anterior, solo se consideró la inversión y los gastos de mantenimiento, excluyendo los ingresos financieros.

Entre las actividades que fueron evaluadas solo desde el punto de vista económico, se encuentran: manejo silvopastoril en agostaderos forestales - Ganadería regenerativa, establecer bancos de proteínas y/o energéticos para su enriquecimiento, establecer sistemas tradicionales de huertos caseros, líneas de distribución de agua en los predios (bombeo y gravedad), asesoría técnica para la implementación de monitoreo de la calidad del agua para consumo animal y asesoría técnica sobre el mejoramiento del manejo reproductivo del ganado.

De manera similar a los cercos vivos, los retornos del manejo silvopastoril en agostaderos forestales - Ganadería regenerativa y de la asesoría técnica asociada con el manejo reproductivo del ganado fueron positivos en los tres horizontes e incrementaron cuanto más lejano fue el horizonte temporal evaluado. Además, esta última es viable para las tres cuencas.

Un caso ligeramente distinto son los sistemas tradicionales de huertos caseros que no son viables en el corto plazo (2022) pero el VAN es mayor a cero en un horizonte de análisis a 2026 y 2041. Esto se debe a que los beneficios privados que se podrían obtener en 2022, como la reducción de compras de productos de autoconsumo, no alcanzarían a cubrir la inversión y los costos del primer año. No obstante, la situación cambia con el paso de los años y es viable desde 2026. En cambio, establecer bancos de proteínas y/o

<sup>58</sup> Los cercos vivos, el establecimiento de árboles aislados en pastizales y el establecimiento de arbustos junto a cercas, los ingresos considerados fueron la producción de algunos productos forestales no maderables.



energéticos para su enriquecimiento es viable financieramente solo cuando se calcula hacia el periodo 2041. Dado que el VAN es negativo en los horizontes 2022 y 2026, se considera no viable financieramente en el corto plazo.

También, se evaluaron dos acciones para las que no se logró incluir ningún ingreso financiero: líneas de distribución de agua en los predios (bombeo y gravedad) y asesoría técnica para la implementación de monitoreo de la calidad del agua para consumo animal. En ambos casos, el análisis evidenció que el VAN es menor a cero para los tres periodos en todas las cuencas. Sin embargo, es necesario indicar que solo se consideró la inversión y los gastos de mantenimiento.

El análisis de sensibilidad de las diferentes acciones CONECTA desde el punto de vista privado evidencia que a medida que la tasa de interés (costo de oportunidad de la inversión que se realice) va en aumento (de 6% a 10%), las diferentes acciones CONECTA se vuelven menos viables desde el punto de vista financiero. Por lo tanto, la meta sería conseguir una tasa de interés con el menor valor posible en el mercado para que las acciones sean más atractivas para los propietarios y/o inversores (Ver anexo 6).

#### Análisis Costo Beneficio Social (ACB-S) de las Acciones CONECTA

El análisis costo-beneficio social del SE de almacenamiento-captura de carbono muestra que las toneladas se reducirán, al comparar las que se tienen en el año 2022 con los años 2026 o 2041, ya sea bajo el escenario BAU o bajo el escenario CONECTA (ver anexo 6). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, dicha pérdida será mucho menor bajo el escenario CONECTA, en donde la Perspectiva 2 tendría los mayores beneficios<sup>59</sup>. Es así como la información sobre la cantidad de toneladas de almacenamiento-secuestro de carbono, que se obtuvo de las modelaciones biofísicas permitió estimar el impacto en términos económicos a través de los precios de mercado del carbono.

Al comparar el valor económico actualizado al año 2022 de la cantidad de toneladas almacenadas-secuestradas de carbono en las tres cuencas, los valores de los años 2026 y 2041 son menores a los del año 2022, debido al valor en el tiempo del dinero y a la pérdida de vegetación. Sin embargo, si se analiza cuanto se perdería económicamente, el escenario CONECTA es mucho más rentable que el BAU en todos los casos, siendo mucho más rentable en la cuenca del Carmen que en las otras dos cuencas.

Los beneficios del escenario CONECTA también se reflejan en el valor económico del SE de provisión de hábitat (proxy conectividad del paisaje), evaluado como la reducción de la fragmentación derivada de la implementación de las acciones CONECTA, que tendría efecto en los ingresos generados por turistas que disfrutan un paisaje conservado.

<sup>59</sup> La perspectiva 1 considera que si un propietario tiene un predio (por ejemplo, una hectárea), se puede pensar que las acciones actúan efectivamente en toda la superficie del predio, por lo cual se puede contabilizar la hectárea completa como superficie efectiva en la restauración. La perspectiva 2 contabiliza sólo la superficie donde se llevan a cabo las acciones.



De esa manera se calculó que en el escenario BAU se podrían generar alrededor de 260 mil pesos al año en Ameca-Mascota y 1.5 millones de pesos en Jamapa, por concepto de turismo ligado a la conectividad del paisaje en 2022. Esa cantidad en el escenario BAU disminuiría a 130 mil y 30 mil para el año 2026 (a valor presente del año 2022). Sin embargo, si se implementara el escenario CONECTA, las pérdidas se reducirían bajo las dos perspectivas, siendo mayores los beneficios de la perspectiva 2. Por ejemplo, en la perspectiva 1 el valor aumentaría hasta alrededor de 169 mil en Ameca-Mascota y a 875 mil en Jamapa para el año 2026. En contraste, el valor alcanzaría 304 mil en Ameca-Mascota y 1.3 millones en Jamapa bajo la perspectiva 2 del escenario CONECTA. Estas diferencias se acentúan siguiendo las mismas tendencias hacia el escenario 2041.

Finalmente, resalta que los valores hallados del ACB de los SE de almacenamiento-secuestro de carbono y conectividad generan beneficios adicionales al ACB de las diferentes acciones CONECTA que se estimaron desde un punto de vista privado. Por consiguiente, la importancia de las acciones CONECTA sobre el valor económico de estos SE (de mantener o aumentar) genera información que indica que dichas acciones son importantes tanto desde el punto de vista privado para los productores, así como para las organizaciones o grupos de personas productoras, y para la sociedad en general.

#### Talleres con personas expertas

En total, se contó con la participación de 31 personas expertas (14 mujeres y 17 hombres) provenientes de 17 instituciones<sup>60</sup> de diversos sectores. Los talleres se realizaron con un enfoque participativo, para lo cual, se prepararon pizarrones digitales y dos encuestas electrónicas para fomentar la participación y recuperar la información.

Durante los talleres, las personas expertas evaluaron la magnitud en la que las acciones CONECTA seleccionadas contribuyen (o podrían contribuir) al: manejo integrado del paisaje, transición hacia la ganadería y agroforestería sustentables, impulsar la participación de mujeres, adaptación al Cambio Climático y recuperación verde después de la pandemia. En general, todas las acciones CONECTA presentadas fueron percibidas como con impacto positivo en todos los temas evaluados. Sin embargo, la restauración de vegetación riparia, establecer cercos vivos y árboles en pastizales fueron percibidas como con mayores beneficios. Estas acciones concordaron con aquellas evaluadas desde el punto de vista biofísico y económico.

También, las personas expertas percibieron que todas las acciones son valiosas por sus contribuciones a la recuperación verde de la pandemia COVID-19 y la participación de mujeres. Sin embargo, la implementación de huertos de traspatio y la capacitación para el monitoreo del agua fueron percibidas como con mayor impacto positivo, especialmente en cuanto participación femenina. También, los expertos contribuyeron

<sup>60</sup> Las personas expertas que participaron pertenecieron a diferentes instituciones, por ejemplo: Banco Mundial, INECC, Espacios naturales y desarrollo a. C. (ENDESU), Estampa Verde A.C., Facultad de Economía UNAM, Ganadería Rancho la Luna, INECOL, INIFAP Veracruz, INIFAP Chihuahua, Pronatura Veracruz A.C., Rancho Los Frenos, SENDAS A.C., Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Autónoma de Chihuahua, Universidad de Guadalajara, Universidad Autónoma de Guadalajara, Universidad Iberoamericana, Universidad Veracruzana



con recomendaciones técnicas y metodológicas útiles para la presente consultoría y futuros esfuerzos<sup>61</sup>.

---

<sup>61</sup> Los resultados detallados del taller pueden encontrarse en el informe “Reporte: Valoración económica de servicios ecosistémicos” que incluye el reporte de los talleres participativos con expertos.



## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los principales hallazgos y recomendaciones derivadas de la presente consultoría técnica se presentan en la Figura 20. En esta figura se muestra un marco conceptual y analítico que tiene la finalidad de facilitar la integración de diferentes insumos como los resultados de la modelación biofísica y económica en la toma de decisiones sobre inversiones clave en las cuencas analizadas

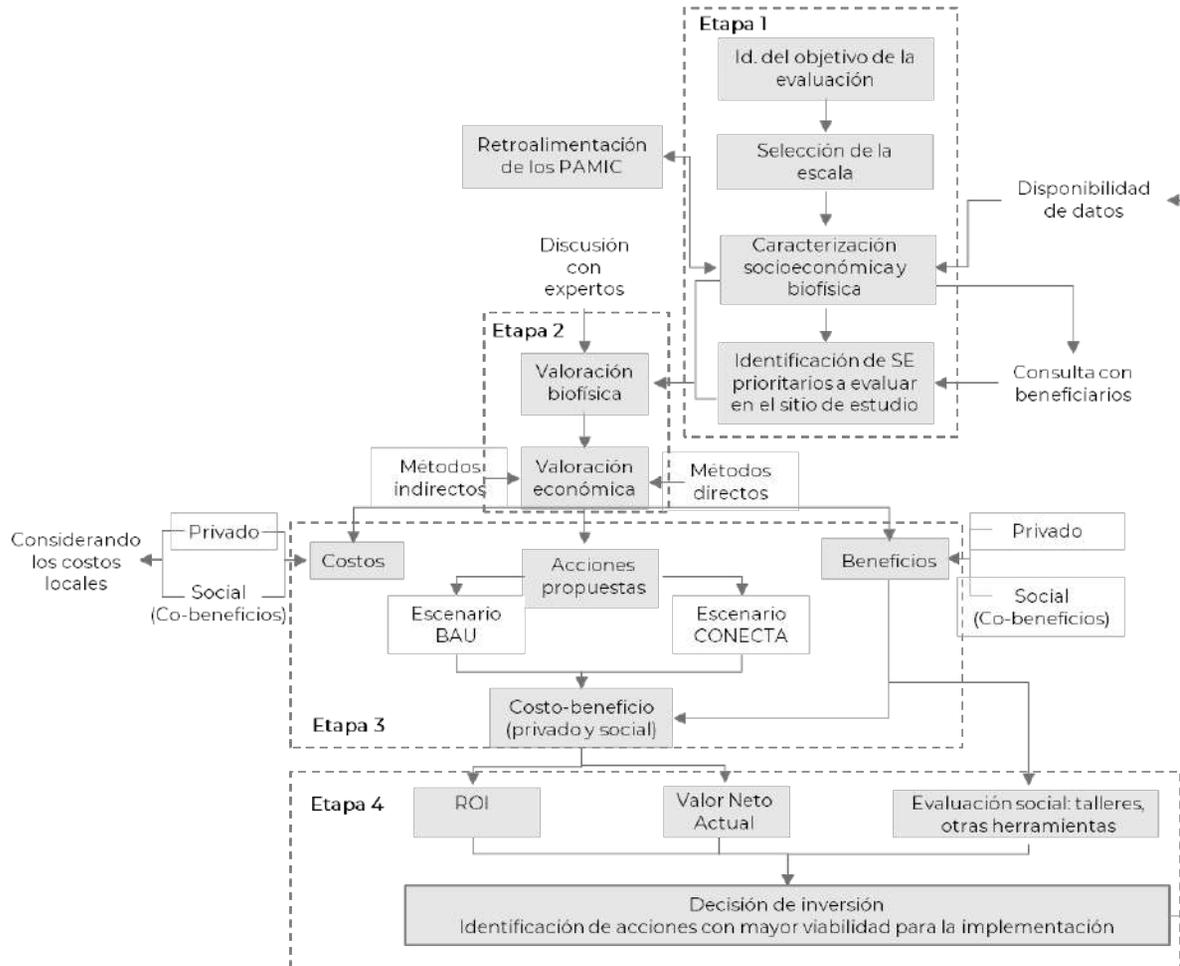
Un marco conceptual y analítico es un entorno de trabajo o marco de trabajo que consiste en desarrollar un conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular que sirve como referencia, para enfrentar y resolver nuevos problemas de índole similar. En este caso, se plantea un marco del proceso de valoración que se desarrolló en las cuencas Ameca-Mascota (Jalisco), Del Carmen (Chihuahua) y Jamapa (Veracruz) con la finalidad de apoyar en la toma de decisiones en inversiones para la identificación de acciones CONECTA con mayor viabilidad para su implementación (Figura 20).

El marco conceptual y analítico planteado está dividido principalmente en cuatro etapas. La primera, la selección de las cuencas a analizar; la segunda, la realización de la valoración de servicios ecosistémicos (SE) de dichas cuencas desde el punto de vista biofísico como económico; una tercera etapa, que consiste en realizar un análisis costo-beneficio, tanto privado como social, para identificar la viabilidad de las diferentes acciones CONECTA; y finalmente la cuarta, que consiste a tomar la decisión de inversión, con base en las etapas previas.

En la primera etapa se aborda la selección de la(s) cuenca(s) en donde se subraya la necesidad de considerar la disponibilidad, en términos de calidad y cantidad, de información que sean de fuentes oficiales que servirán para realizar la caracterización socioeconómica y biofísica de la(s) cuenca(s). Paralelo a la identificación y selección de la información, se debe identificar y plantear el objetivo de la evaluación, que debe ir de la mano que los resultados deben servir para la planificación de política pública. Una vez que se identificó el objetivo de la evaluación y la cuenca, considerando la información, se debe considerar la escala del estudio, tanto desde el punto de vista espacial, como de la temporalidad.



**Figura 20.** Marco conceptual y analítico para la integración de la valoración de servicios ecosistémicos clave en la toma de decisiones de inversión en acciones climáticamente inteligentes



**PAMIC:** Plan de Manejo Integral de Cuenca; ROI: Retorno de la Inversión

Fuente: Elaboración propia.



Una vez priorizados los SE deben ser cuantificados o medidos en términos físicos para demostrar la importancia de éstos en los ecosistemas y/o cuencas seleccionadas, así como para tener mayores insumos para demostrar la importancia de su conservación y uso sostenible sobre el beneficio que pueden ofrecer a los usuarios de éstos. Estas valoraciones biofísicas deben ir de la mano con una discusión con otros expertos en el tema, para validar o reformular los modelos o técnicas que se desean emplear.

El siguiente paso es realizar la valoración económica de los SE priorizados, con base en los cálculos estimados en la valoración biofísica, así como con información secundaria. Esta valoración económica tiene el objetivo de medir en términos monetarios la importancia de los SE sobre el bienestar de la sociedad, en especial sobre grupos de personas que disfrutan de dichos SE y/o potenciales grupos de personas que podrían usarlos. Para realizar la valoración económica se puede recurrir a diferentes métodos de valoración que se tiene en la literatura, por lo general clasificados en métodos directos e indirectos. La selección de los métodos de valoración económica depende del SE en cuestión, del tipo de valor que se desea medir, del tipo de usuario o sector económico que usa o podría usar el SE, de los resultados obtenidos en la valoración biofísica, y de la información secundaria disponible. Los resultados de la valoración económica deben ser expresados en una moneda de referencia, por hectárea, por año, por ejemplo, pesos mexicanos o dólares por hectárea al año.

La tercera etapa del marco conceptual y analítico consiste en identificar diferentes alternativas de acciones CONECTA o soluciones para mejorar el manejo integrado de paisaje a través de prácticas productivas climáticamente inteligentes en las cuencas seleccionadas, con la finalidad de medir en términos monetarios su viabilidad en la implementación. En este caso, el proyecto “Conectando la salud de las cuencas con la producción ganadera y agroforestal sostenible” (CONECTA) ya tiene una lista potencial de dichas acciones. De esta lista de acciones CONECTA se seleccionan un par de ellas para medir su viabilidad a través de alguna herramienta financiero y/o económica, en este caso se recurre a un análisis costo beneficio (ACB) desde un punto de vista privado y social. La selección de dichas acciones está basada en la información disponible para su análisis, el tiempo disponible para realizar el análisis, el tipo de cuenca(s) que se considera(n), y tener una discusión-validación con otros expertos en el tema. Para dicha validación, se puede recurrir, como fue el caso de las cuencas Ameca-Mascota (Jalisco), Del Carmen (Chihuahua) y Jamapa (Veracruz), a una reunión con expertos de las cuencas, como a usuarios de las cuencas.

Dadas las propias características de las medidas de adaptación en territorio, es recomendable que el ACB considere tanto la perspectiva privada como la social. El enfoque privado incluye los ingresos y costos de las diferentes acciones CONECTA a nivel inversor; mientras que el análisis social, además, considera los beneficios y costos sociales de dichas acciones. En ese sentido, para el ACB social es crucial las estimaciones realizadas en la segunda etapa. Así mismo, como realizar dicho ACB, se debe considerar tanto un escenario “business as usual” (BAU) y un escenario donde se considera las acciones CONECTA, con la finalidad de compararlos. Finalmente, en dicho análisis es recomendable considerar diferentes periodos temporales de análisis, así como diferentes



tasas de interés. En este caso, se considera un año base o inicio donde se implementa las acciones CONECTA, un año a mediano plazo y un año a largo plazo.

Por último, la cuarta etapa del marco está destinado a la toma de decisiones de inversión en alguna o algunas acciones CONECTA. Para esto, tanto el ACB privado como social a través de diferentes indicadores financieros, como puede ser el valor actual neto (VAN), la relación beneficio costo (B/C) o el retorno sobre la inversión (ROI), permite tener argumentos medibles para tomar la decisión de que acción o acciones CONECTA son las más viables, ya sea desde el punto de vista privado y/o social, para su implementación.

Los resultados de la decisión de inversión en las diferentes acciones CONECTA debe ir acompañado de una evaluación social a través de metodologías participativas, como talleres o foros, para validar, dar mayor certeza y/o reducir un posible riesgo sobre los resultados esperados. Esta selección de acciones CONECTA, con base a decisiones de inversión, también permite tener mayores argumentos para la toma de decisiones en temas públicos, de asignación y priorización de presupuestos, u obtención de nuevas inversiones privadas o públicas para el beneficio de los usuarios de los servicios ecosistémicos presentes en las cuencas estudiadas. A su vez, es importante indicar que, si bien se propone un orden a seguir en estas cuatro etapas, debe existir constantemente una validación si se llegó o no al objetivo de cada etapa, y si en caso de no haberlo cumplido, se puede regresar a pasos anteriores para corregir o adicionar algo en este proceso de decisiones de inversiones.

Así mismo, es importante mencionar que este marco conceptual y analítico puede servir para retroalimentar y/o complementar los PAMIC, u otros estudios, particularmente en las secciones del modelado biofísico y económico de las acciones CONECTA, ya que al implementar los talleres y mostrar los distintos escenarios modelados permitirá ver de mejor manera las percepciones de las personas, ya sea propietarios, grupos de personas productoras, tomadores de decisión, entre otros. A su vez, es importante recalcar que la validación es una parte fundamental, por lo que, la generación de las bases de datos (espaciales/económicas) en la implementación de estas acciones es clave para poder evaluar la efectividad de los modelos/escenarios planteados en este informe.

Finalmente, se presenta una serie de recomendaciones desde el punto de vista de valoración biofísica, económica y de toma de decisiones de inversión en acciones CONECTA:

### **Valoración biofísica:**

- Existen múltiples insumos sobre el estado de los recursos naturales en el país, sin embargo, es importante justificar, con sus ventajas y desventajas y argumentar por qué se están utilizando esos insumos.
- El uso del software InVEST es recomendable dada su alta replicabilidad y la necesidad de pocos insumos para poder realizar los modelos. Sin embargo, al igual que otros softwares especializados, algunos de los modelos propuestos por InVEST



presentan limitaciones. En futuros trabajos, sería importante evaluar la viabilidad del uso de otros programas, que permitirían realizar comparaciones entre resultados. Así mismo es necesario evaluar la posibilidad de ejecutar trabajos de campo que permitan obtener muestras representativas, de preferencia que sean de una temporalidad alta (al menos 5 años) que permitan tener datos robustos de la variación de los SE del antes y después de implementar las estrategias CONECTA.

- Es relevante realizar los análisis con las escalas e insumos adecuados, dado que en ocasiones se han realizado análisis a escalas locales, pero con insumos a nivel regional, lo cual origina sesgos importantes y esto limita la toma de decisiones. Por lo tanto, es importante incluir métodos estadísticos que complementen la información proporcionada, así como poder cuantificar el nivel de incertidumbre que pudieran general los resultados obtenidos.
- El uso de imágenes satelitales con buena resolución espacial (menor o igual a 10 metros) es un buen insumo para el monitoreo de cobertura forestal, previo, durante y después de la implementación del proyecto CONECTA.
- Es importante la validación, con datos de campo, de los modelos generados durante el desarrollo del proyecto, particularmente el escenario CONECTA, esto permitirá a futuro tener mayor certeza en los modelos generados para otras zonas y así poder hacer una mejor toma de decisiones.

### **Valoración económica:**

- Antes de tomar una decisión con respecto a qué método de valoración económica de SE a emplear es necesario realizar o tener información de una modelación de una valoración biofísica que demuestre la importancia de dichos SE y que sea un insumo para la VE.
- Se debe considerar que, si bien los diferentes métodos de valoración económica de SE pueden ser replicados para diferentes cuencas, es necesario considerar las diferentes características económicas, ambientales y sociales de dichas cuencas, y adaptar los métodos a los contextos de las nuevas cuencas a evaluar. Así mismo, en la selección de métodos es fundamental la información previa que se tiene o información que se puede generar, tanto de mediciones biofísicas como socio-económicas. De igual manera es vital realizar una revisión previa de literatura para identificar métodos alternativos de valoración y/o formas de realizar las valoraciones con los métodos tradicionales.
- Dependiendo del tiempo y presupuesto que se tenga disponible para replicar este tipo de estudios se pueden seleccionar diferentes métodos de VE y/o diferentes medios para conseguir la información, ya sea primaria o secundaria, para llevarlos a cabo. Es decir, la valoración económica se puede sustentar en una valoración biofísica, pero esta última puede demandar mayor tiempo y presupuesto, y a lo



mejor, como segunda alternativa, se puede recurrir a información biofísica de otros estudios.

- Los resultados de las VE para las diferentes cuencas pueden ser actualizados a medida que pasa el tiempo, ya sea a través de replicar los ejercicios realizados y/o por medio de un ajuste inflacionario. Siempre es más recomendable la primera opción.
- Finalmente, una valoración económica a través de un análisis costo beneficio deberá considerar un análisis de sensibilidad, observando los posibles cambios en los resultados a consecuencia de variaciones en algunas variables claves, como puede ser la tasa de interés.

### **Decisiones de inversión en acciones CONECTA:**

- Es importante tratar de diversificar la inversión en diferentes acciones CONECTA. Es decir, si bien puede existir, a raíz del análisis costo beneficio realizado, una acción más viable que otras para su implementación, es recomendable invertir en una serie de acciones a fin de incrementar la sinergia entre ellas y tener mayor certidumbre en los resultados esperados, menor riesgo por variables exógenas, por ejemplo, el propio cambio climático.
- En caso en que la inversión para realizar las acciones CONECTA sean a través de fuentes financieras donde se considera una tasa de interés para su préstamo, es recomendable considerar una tasa de interés la más baja posible. Esto en el entendido que una tasa de interés más baja, da mayor peso a los beneficios futuros, algo que se espera por lo general en proyectos de inversión en temas sociales y/o ambientales.
- Así mismo, la medición financiera de las diferentes acciones CONECTA, a través de diferentes indicadores como: el valor actual neto, la relación beneficio costo, entre otros, ofrece una herramienta o insumo adicional para aumentar las posibilidades de conseguir (otras) fuentes de financiamiento. Por ejemplo, demostrar que dichas acciones son viables desde un punto de vista privado y social, permite tener acceso a otras fuentes de financiamiento que probablemente antes no se podía acceder. Adicionalmente, se identifica que este tipo de inversiones podría ser de interés para la banca privada con tasas preferenciales o bien se podrían identificar fuentes de inversión, particularmente aquellas que estén orientadas a los temas de la agenda internacional como de adaptación al cambio climático, la reducción de pérdidas y daños, el combate a la desertificación, la diversidad biológica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, por mencionar algunos.



## 5. LITERATURA CITADA

Alatorre, J.E., Caballero, K., Ferrer, J. & Galindo, L.M. (2019). El costo social del carbón: una visión agregada desde América Latina. *Estudios del Cambio Climático en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Banco Mundial. (2022). Proyecto "Mexico: Conectando la salud de las cuencas con la producción ganadera y agroforestal sostenible (CONNECTA)": valoración de servicios ecosistémicos de recreación en Jamapa, Veracruz. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/country/mexico/brief/proyecto-mexico-conectando-la-salud-de-las-cuencas-con-la-produccion-ganadera-y-agroforestal-sostenible#:~:text=La%20agroforester%C3%ADa%20es%20una%20alternativa,conservaci%C3%B3n%20ambiental%20al%20mismo%20tiempo>.

Buck, L., Scherr, S., Trujillo, L., Mecham, J., & Fleming, M. (2020). Using integrated landscape management to scale agroforestry: examples from Ecuador. *Sustainability Science*, 15(5), 1401-1415.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2021). Subdirección General Técnica. Disponible en: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferos>

CONAPO, 2011, Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. Disponible en: [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/La\\_Situacion\\_Demografica\\_de\\_Mexico\\_2011](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/La_Situacion_Demografica_de_Mexico_2011)

CONAPO, 2020. Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-2843721>

Cuervo-Robayo A. P., O. Téllez-Valdés, M. Gómez, C. Venegas-Barrera, J. Manjarrez y E. Martínez-Meyer. (2013). An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*. Doi: 10.1002/joc.3848

de Otálora, X. D., Epelde, L., Arranz, J., Garbisu, C., Ruiz, R., & Mandaluniz, N. (2021). Regenerative rotational grazing management of dairy sheep increases springtime grass production and topsoil carbon storage. *Ecological Indicators*, 125, 107484.

Dlamini, C. S. (2020). Contribution of forest ecosystem services toward food security and nutrition. *Zero Hunger*, 179-196.

dos Santos, J. S., Dodonov, P., Oshima, J. E. F., Martello, F., de Jesus, A. S., Ferreira, M. E., ... & Collevatti, R. G. (2021). Landscape ecology in the Anthropocene: an overview for integrating agroecosystems and biodiversity conservation. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(1), 21-32.



FAO (2003). "Tenencia de la Tierra y Desarrollo Rural", FAO Estudios sobre Tenencia de la Tierra N°3, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma. Disponible en: <https://www.fao.org/3/y4307s/y4307s00.htm>

Fondo de Conservación El Triunfo (FONCET), Apan-Salcedo, G.W. (2020). Diagnóstico ambiental y socioeconómico de la ganadería en Chiapas. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México, 90p.

Fondo Golfo de México (FGM). (2020). Zonas de intervención para la implementación de procesos de ganadería regenerativa en Veracruz: Diagnóstico ambiental y socioeconómico. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México, 155p.

Fondo Noroeste (FONNOR). (2021). Diagnóstico ambiental y socioeconómico de la ganadería en Jalisco para la implementación de acciones de ganadería regenerativa. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México, 164p.

Geneletti, D., Adem Esmail, B., Scolozzi, R., Assandri, G., Brambilla, M., & Pedrini, P. (2020). Modelling biodiversity and ecosystem services trade-offs in agricultural landscapes to support planning and policy-making. In *Landscape Modelling and Decision Support* (pp. 421-441). Springer, Cham.

Giannini, T.C., Cordeiro, G.D., Freitas, B.M., Saraica, A.M. & Imperatriz-Fonseca, V.I. (1997). The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. *Journal of Economic Entomology*, 108(3): 849-857.

Hasan, S. S., Zhen, L., Miah, M. G., Ahamed, T., & Samie, A. (2020). Impact of land use change on ecosystem services: A review. *Environmental Development*, 34, 100527.

INECC, FMCN. (2020). Marco de Gestión Ambiental y Social (MGAS). Proyecto "Conectando la salud de cuencas con la producción ganadera y agroforestal sostenible". México: INECC. 320p

INEGI, 1993. Uso de suelo y vegetación Serie II. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

INEGI, 2002. Uso de suelo y vegetación Serie III. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

INEGI, 2014. Uso de suelo y vegetación serie VI. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825004223>

INEGI, 2018. Uso de suelo y vegetación Serie VI. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

INEGI, 2019. Censo Económico. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>



INEGI, 2020. Censo de Población y Vivienda. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

IPBES. *Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*; IPBES: Bonn, Germany, 2019

Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.

Kumari, T., & Raghubanshi, A. S. (2020). The link between ecosystem health and future pandemic risk: An awakening facet. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 8(2), 247-253.

Lara-Pulido, J. A., Guevara-Sanginés, A., Torres-Rojo, J. M., Núñez-Hernández, J. M., Riojas, J., Pérez-Cirera, V., ... & Jiménez-Quiroga, C. (2021). Honey-Guacamole: Assessment of pollination environmental service in avocado production in Michoacan, Mexico. *Acta universitaria*, 31.

Laterra, P., Nahuelhual, L., Vallejos, M., Berrouet, L., Pérez, E. A., Enrico, L., ... & Villegas-Palacio, C. (2019). Linking inequalities and ecosystem services in Latin America. *Ecosystem Services*, 36, 100875.

Metcalf, G. E., & Stock, J. (2015). The role of integrated assessment models in climate policy: A user's guide and assessment. Department of Economics, Tufts University.

Nordhaus, W. (2007) A review of the stern review on the economics of climate change. *J Econ Lit* XLV:686–702.

ONU (2021). Libertad de expresión, acceso a la información y empoderamiento. Link: <https://www.un.org/es/observances/press-freedom-day/background>. (Consultado el 15 de octubre del 2021)

Paulin, M. J., Remme, R. P., Van der Hoek, D. C. J., De Knegt, B., Koopman, K. R., Breure, A. M., ... & De Nijs, T. (2020). Towards nationally harmonized mapping and quantification of ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 703, 134973.

Peri, P. L., Rosas, Y. M., Ladd, B., Toledo, S., Lasagno, R. G., & Martínez Pastur, G. (2018). Modelling soil carbon content in South Patagonia and evaluating changes according to climate, vegetation, desertification and grazing. *Sustainability*, 10(2), 438.

Plieninger, T., Muñoz-Rojas, J., Buck, L. E., & Scherr, S. J. (2020). Agroforestry for sustainable landscape management. *Sustainability Science*, 15(5), 1255-1266.

Registro Agrario Nacional, 2021. Núcleos agrarios certificados. Disponible en: <https://sig.ran.gob.mx/registro.php>



SADER, 2016. Veracruz, un mar de riquezas. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/veracruz-un-mar-de-riquezas>

Schmeller, D. S., Courchamp, F., & Killeen, G. (2020). Biodiversity loss, emerging pathogens and human health risks. *Biodiversity and Conservation*, 29(11), 3095-3102.

Vega-López, E. (2008). Valor económico potencial de las Áreas Naturales Protegidas federales de México como sumideros de carbono. The Nature Conservancy-México.

Vergara, C. H., & Badano, E. I. (2009). Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(1-3), 117-123.

Vergara, C. H., & Badano, E. I. (2009). Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(1-3), 117-123.



## Anexo 1. Criterios, subcriterios e indicadores utilizados en la identificación de cuencas prioritarias.

### Criterio: Viabilidad

#### Condiciones para la valoración económica

Objetivo	Definición	Método y/o fuente	Función
<b>Evaluar la suficiencia de datos para hacer una valoración económica evitando redundancias.</b>	Ofrece información útil para identificar mecanismos económicos que permitan emitir señales de mercado para el cambio de comportamiento de los consumidores y proveedores.	Metaanálisis cualitativo de casos de VE en México.  <b>Fuente:</b> INECC, 2020.  <b>Unidad de agregación:</b> Estatal.	<b>Tipo:</b> Costo Los valores menores son deseables porque maximizarán el uso de recursos, evitando redundancias.  <b>Nota:</b> La VE en lugares con poca información favorecen la maximización de recursos y proveen información mínima necesaria para el manejo de las cuencas.

#### Participación de beneficiarios directos

Objetivo	Definición	Método y/o fuente	Función
<b>Evaluar la factibilidad de involucrar a los beneficiarios directos (ganaderos) y la posibilidad de fomentar mejores prácticas.</b>	El índice considera que la organización de los ganaderos es necesaria para promover mejores condiciones de producción, incluyendo la transferencia tecnológica y la comercialización de los productos e incrementa la resiliencia de los ganaderos al facilitar la gestión de apoyos.	El índice “organización y fomento a la productividad ganadera” combina el porcentaje de cobertura general del Programa de Fomento Ganadero y la ocurrencia de organización de productores.  <b>Fuente:</b> Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, INECC (2019).  <b>Unidad de agregación:</b> Municipal	<b>Tipo:</b> Beneficio Valores más altos son deseables porque en cuencas con mayor participación organizada de beneficiarios directos hay mayor facilidad de obtención de datos para la VE y probabilidad de tener éxito en posteriores iniciativas relacionadas con CONECTA.



## Interés potencial de la ciudadanía

Objetivo	Definición	Método y/o fuente	Función
<p><b>Evaluar la factibilidad de involucrar a los habitantes de la cuenca en acciones relacionadas con su manejo integral.</b></p>	<p>El interés de los habitantes de un sitio dado en involucrarse en acciones de manejo de cuenca que tengan un impacto positivo en la provisión de servicios hidrológicos es potencialmente mayor en lugares con menor disponibilidad de agua.</p>	<p>La disponibilidad de agua es evaluada con el indicador "volumen medio anual de agua subterránea". Este indicador refleja, cuando es positivo, la cantidad de agua que puede ser extraída de un acuífero para diversos usos, adicionales a los concesionados, sin comprometer a los ecosistemas. En cambio, cuando el valor es negativo indica déficit.</p> <p><b>Fuente:</b> Sistema Nacional de Información del Agua (CONAGUA, 2021. Subdirección General Técnica).</p> <p><b>Unidad de agregación:</b> Cuenca</p>	<p><b>Tipo:</b> Costo Valores más bajos son deseables porque en cuencas con menor disponibilidad de agua, la ciudadanía podría estar más interesada en participar.</p>



## Criterio: Deterioro ambiental

### Indicador: Integridad ecosistémica

Objetivo	Definición	Método y/o fuente	Función
<b>Evaluar la pérdida de integridad ecosistémica que puede afectar la provisión de servicios de los que dependen la ganadería y la agroforestería</b>	La integridad es el conjunto local de componentes biológicos cuyo funcionamiento optimiza flujos de materiales y energía. Por lo tanto, se usa a la integridad ecosistémica para evaluar el estado de conservación de un ecosistema. El nivel de conservación está relacionado con la provisión servicios ecosistémicos de los que depende la ganadería y la agroforestería.	El índice se realiza mediante redes bayesianas a partir de atributos de función, estructura y composición del paisaje. Este índice incluye diferentes presiones antrópicas que actúan sobre los ecosistemas.  <b>Fuente:</b> Proyecto Gamma, INECOL  <b>Unidad de agregación:</b> Cuenca	<b>Tipo:</b> Costo A menor valor de integridad, mayor deterioro ambiental y urgencia de VE que oriente futuras acciones CONECTA.  <b>Nota:</b> Este índice permite, de manera cuantitativa, conocer la condición de los ecosistemas, la cual emerge del efecto de factores naturales y antropogénicos que operan concurrentemente sobre los ecosistemas. El deterioro de los ecosistemas afecta a la provisión y valor de servicios clave.

### Indicador: Índice de presión económica de la deforestación (IRDef)

Objetivo	Definición	Método y/o fuente	Función
<b>Evaluar la presión económica a la deforestación (IRDef) que suele estar relacionada con el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas</b>	Es un modelo económico espacialmente explícito que refleja la probabilidad de que un predio forestal sea deforestado.	Se realiza mediante una regresión de variables explicativas (biogeográficas y socioeconómicas) que están relacionadas con la deforestación.  <b>Fuente:</b> Vulnerabilidades definidas en el Atlas de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2018).  <b>Unidad de agregación:</b> Cuenca	<b>Tipo:</b> Beneficio Mayor probabilidad de deforestación, mayor degradación ambiental.  <b>Nota:</b> Instrumento que funciona para dirigir esfuerzos (focalización) hacia donde existe mayor potencial de deforestación derivado de una presión económica.



**Indicador: Vulnerabilidad máxima de la ganadería al Cambio Climático**

Objetivo	Definición	Método y/o fuente	Función
<p><b>Considerar los efectos del CC que se suman a los efectos de la degradación ambiental en la ganadería.</b></p>	<p>Aborda la máxima vulnerabilidad de la producción ganadera por inundaciones calculada en el ANVCC con respecto a cuatro modelos de circulación (CNRMC-M5, MPI-ESM-LR, GFDLCM3, HADGEM2-ES), para 2015-2039 incluida en el ANVCC.</p>	<p>Este indicador es el máximo valor de cuatro escenarios que consideran tres variables: exposición (frecuencia potencial de inundaciones, índice de estacionalidad de la precipitación), sensibilidad (respuesta hidrológica de la cuenca, UPP susceptibles a inundaciones, resiliencia de los ecosistemas, condiciones de producción) y capacidad adaptativa (instrumentos para la gestión del riesgo, protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones; organización y fomento de la productividad ganadera).</p> <p><b>Fuente:</b> Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, INECC (2019).</p> <p><b>Unidad de agregación:</b> Municipio</p>	<p><b>Tipo:</b> Beneficio Mayor vulnerabilidad al CC, mayor degradación ambiental.</p> <p><b>Nota:</b> Considerar la vulnerabilidad de la producción ganadera es importante como instrumento para gestionar recursos para la protección y conservación.</p>



## Criterio: Beneficios

### Indicador: Oportunidad de abonar en la recuperación verde

Objetivo	Definición	Método y/o fuente	Función
<b>Evaluar la posibilidad de abonar en la recuperación verde a través de la atención al desempleo derivado de la pandemia en las actividades económicas: ganadería, cultivo de café y cacao.</b>	Oportunidad para recuperar los empleos perdidos en ganadería, café y cacao durante la primera fase de la pandemia COVID-19 (primer trimestre de 2020 y primer trimestre de 2021).	Encuestas entre la población objetivo  <b>Fuente:</b> DataMexico.org (Secretaría de Economía) con datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), 2021.  <b>Unidad de agregación:</b> Estatal	<b>Tipo:</b> Beneficio A mayor proporción de empleos perdidos, mayores beneficios potenciales derivados de CONECTA.  <b>Nota:</b> La pandemia COVID-19 ha tenido efectos diferenciados, afectando a sectores que ya eran vulnerables. En este sentido, CONECTA podría favorecer la diversificación de los ingresos familiares, así como de los pequeños y medianos productores. De esta manera, se reduciría la vulnerabilidad a futuras crisis y combatiría simultáneamente el desempleo y degradación ambiental.

### Indicador: Importancia de la actividad ganadera

Objetivo	Definición	Método y/o fuente	Función
<b>Evaluar la importancia de la ganadería en cada cuenca</b>	Proporción de que superficie de territorio es utilizada para actividades ganaderas.	La proporción de superficie dedicada a la ganadería puede inferirse cómo la importancia que tiene esta actividad dentro de la cuenca.  <b>Fuente:</b> GANARE: FGM (2020), FONCET, Apan-Salcedo (2020), FONNOR (2021), Banda-Villanueva et al. (2020).  <b>Unidad de agregación:</b> Cuenca	<b>Tipo:</b> Costo Cuencas con menor impacto o proporción de superficie ganadera, tienen mayores oportunidades en el marco del proyecto CONECTA.  <b>Nota:</b> Todas las cuencas CONECTA fueron seleccionadas por su alta importancia ganadera. Sin embargo, las cuencas con una menor transformación presentan una mayor oportunidad de planeación. Además, el paisaje podría estar menos fragmentado y



		facilitar resultados a corto plazo.
--	--	-------------------------------------

**Indicador: Oportunidad de abonar en la regeneración ambiental**

Objetivo	Definición	Método y/o fuente	Función
<b>Evaluar la capacidad de incrementar la conectividad del paisaje a través de acciones de ganadería regenerativa.</b>	La conectividad del paisaje se puede definir como la facilidad o el impedimento que presenta el paisaje para el desplazamiento de las especies entre parches de vegetación.	<p>Primero: Se uso el mapa de uso de suelo y vegetación Serie VI de INEGI, para determinar el hábitat natural disponible.</p> <p>Segundo: Se uso el software Graphab para calcular el índice de probabilidad de conectividad.</p> <p><b>Unidad de agregación:</b> Cuenca</p>	<p><b>Tipo:</b> Costo A menor conectividad, mayores beneficios potenciales a obtener por parte de CONECTA.</p> <p><b>Nota:</b> El conocer el nivel de conectividad nos permite entender la factibilidad que tienen las especies para desplazarse en el paisaje. Un nivel bajo de conectividad genera problemas de movilidad de múltiples especies. Por lo tanto, los proyectos dentro de cuencas en donde la conectividad del paisaje es menor podrían beneficiar significativamente a la conservación y recuperación de la biodiversidad de estas.</p>

**Anexo 2. Uso de suelo y vegetación (caracterización)**

**Recategorizaciones de las series VII, VI, III y II de uso de suelo y vegetación de INEGI.**

Serie VI	
Uso de suelo y vegetación determinado por INEGI	Reclasificación
Agricultura de riego anual	Agricultura
Agricultura de riego anual y permanente	Agricultura
Agricultura de riego anual y semipermanente	Agricultura
Agricultura de riego permanente	Agricultura
Agricultura de riego semipermanente	Agricultura
Agricultura de riego semipermanente y permanente	Agricultura
Agricultura de temporal anual	Agricultura
Agricultura de temporal anual y permanente	Agricultura
Agricultura de temporal anual y semipermanente	Agricultura
Agricultura de temporal permanente	Agricultura
Agricultura de temporal semipermanente	Agricultura
Agricultura de temporal semipermanente y permanente	Agricultura
Agua	Agua



VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE EN CUENCAS DE MÉXICO

Bosque de encino	Bosque de encino-pino
Bosque de encino-pino	Bosque de encino-pino
Bosque de galería	Bosque de galería
Bosque de mezquite	Bosque de pino-encino
Bosque de oyamel	Bosque de pino-encino
Bosque de pino	Bosque de pino-encino
Bosque de pino-encino	Bosque de pino-encino
Bosque de táscate	Bosque de pino-encino
Bosque mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña
Manglar	Manglar
Matorral desértico micrófilo	Matorral
Matorral desértico rosetófilo	Matorral
Mezquital xerófilo	Matorral
Pastizal cultivado	Pastizal inducido
Pastizal halófilo	Pastizal natural
Pastizal inducido	Pastizal inducido
Pastizal natural	Pastizal natural
Popal	Matorral
Pradera de alta montaña	Pastizal natural
Sabanoide	Pastizal natural
Selva baja caducifolia	Selva baja
Selva mediana caducifolia	Selva mediana
Selva mediana subcaducifolia	Selva mediana
Sin vegetación aparente	Sin vegetación aparente
Urbano construido	Zona urbana
Vegetación de desiertos arenosos	Vegetación en zonas arenosas
Vegetación de dunas costeras	Vegetación en zonas arenosas
Vegetación de galería	Bosque de galería
Vegetación halófila xerófila	Vegetación halófila
Veg. sec. arbórea de bosque de encino	Veg. sec. de encino-pino
Veg. sec. arbórea de bosque de encino-pino	Veg. sec. de encino-pino
Veg. sec. arbórea de bosque de pino	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbórea de bosque de pino-encino	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbórea de bosque mesófilo de montaña	Veg. sec. de mesófilo de montaña
Veg. sec. arbórea de selva alta subperennifolia	Veg. sec. de selva alta
Veg. sec. arbórea de selva baja caducifolia	Veg. sec. de selva baja
Veg. sec. arbórea de selva mediana subcaducifolia	Veg. sec. de selva mediana
Veg. sec. arbustiva de bosque de encino	Veg. sec. de encino-pino
Veg. sec. arbustiva de bosque de encino-pino	Veg. sec. de encino-pino
Veg. sec. arbustiva de bosque de mezquite	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbustiva de bosque de pino	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbustiva de bosque de pino-encino	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbustiva de bosque mesófilo de montaña	Veg. sec. de mesófilo de montaña
Veg. sec. arbustiva de matorral desértico micrófilo	Veg. sec. en zonas arenosas
Veg. sec. arbustiva de matorral desértico rosetófilo	Veg. sec. en zonas arenosas
Veg. sec. arbustiva de pastizal halófilo	Pastizal natural



VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE EN CUENCAS DE MÉXICO

Veg. sec. arbustiva de pastizal natural	Pastizal natural
Veg. sec. arbustiva de selva baja caducifolia	Veg. sec. de selva baja
Veg. sec. arbustiva de selva mediana caducifolia	Veg. sec. de selva mediana
Veg. sec. arbustiva de selva mediana subcaducifolia	Veg. sec. de selva mediana
Veg. sec. arbustiva de vegetación de dunas costeras	Veg. sec. en zonas arenosas
Veg. sec. arbustiva de vegetación halófila xerófila	Veg. sec. Halófila
<b>Serie III</b>	
Agricultura de riego anual	Agricultura
Agricultura de riego anual y permanente	Agricultura
Agricultura de riego anual y semipermanente	Agricultura
Agricultura de riego plantación agrícola permanente	Agricultura
Agricultura de riego semipermanente	Agricultura
Agricultura de riego semipermanente y permanente	Agricultura
Agricultura de temporal anual	Agricultura
Agricultura de temporal anual y permanente	Agricultura
Agricultura de temporal anual y semipermanente	Agricultura
Agricultura de temporal plantación agrícola permanente	Agricultura
Agricultura de temporal semipermanente	Agricultura
Agricultura de temporal semipermanente y permanente	Agricultura
Asentamientos humanos	Zona urbana
Bosque de encino	Bosque de encino-pino
Bosque de encino-pino	Bosque de encino-pino
Bosque de galería	Bosque de pino-encino
Bosque de mezquite	Bosque de pino-encino
Bosque de oyamel	Bosque de pino-encino
Bosque de pino	Bosque de pino-encino
Bosque de pino-encino	Bosque de pino-encino
Bosque de táscate	Bosque de pino-encino
Bosque mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña
Cuerpo de agua	Agua
Manglar	Manglar
Matorral desértico micrófilo	Matorral
Matorral desértico rosetófilo	Matorral
Mezquital desértico	Matorral
Pastizal cultivado permanente	Pastizal inducido
Pastizal halófilo	Pastizal natural
Pastizal inducido	Pastizal inducido
Pastizal natural	Pastizal natural
Popal	Matorral
Pradera de alta montaña	Pastizal natural
Sabanoide	Pastizal natural
Selva baja caducifolia	Selva baja
Selva mediana caducifolia	Selva mediana
Selva mediana subcaducifolia	Selva mediana
Sin vegetación aparente	Sin vegetación aparente



## VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE EN CUENCAS DE MÉXICO

Vegetación de desiertos arenosos	Vegetación en zonas arenosas
Vegetación de dunas costeras	Vegetación en zonas arenosas
Vegetación de galería	Bosque de galería
Vegetación halófila hidrófila	Vegetación halófila
Vegetación halófila xerófila	Vegetación halófila
Veg. sec. arbórea de bosque de encino-pino	Veg. sec. de encino-pino
Veg. sec. arbórea de bosque de pino	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbórea de bosque de pino-encino	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbórea de bosque mesófilo de montaña	Veg. sec. de mesófilo de montaña
Veg. sec. arbórea de selva alta subperennifolia	Veg. sec. de selva alta
Veg. sec. arbórea de selva baja caducifolia	Veg. sec. de selva baja
Veg. sec. arbórea de selva mediana subcaducifolia	Veg. sec. de selva mediana
Veg. sec. arbustiva de bosque de encino	Veg. sec. de encino-pino
Veg. sec. arbustiva de bosque de encino-pino	Veg. sec. de encino-pino
Veg. sec. arbustiva de bosque de mezquite	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbustiva de bosque de pino	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbustiva de bosque de pino-encino	Veg. sec. de pino-encino
Veg. sec. arbustiva de bosque mesófilo de montaña	Veg. sec. de mesófilo de montaña
Veg. sec. arbustiva de matorral desértico micrófilo	Veg. sec. en zonas arenosas
Veg. sec. arbustiva de matorral desértico rosetófilo	Veg. sec. en zonas arenosas
Veg. sec. arbustiva de pastizal halófilo	Pastizal natural
Veg. sec. arbustiva de pastizal natural	Pastizal natural
Veg. sec. arbustiva de selva baja caducifolia	Veg. sec. de selva baja
Veg. sec. arbustiva de selva mediana caducifolia	Veg. sec. de selva mediana
Veg. sec. arbustiva de selva mediana subcaducifolia	Veg. sec. de selva mediana
Veg. sec. arbustiva de vegetación halófila xerófila	Veg. sec. halófila
Veg. sec. herbácea de bosque mesófilo de montaña	Veg. sec. de mesófilo de montaña
Zona urbana	Zona urbana

**Fuente:** Elaboración propia con base en los datos de las series VI y III de uso de suelo y vegetación de INEGI.

Superficies y porcentajes de los tipos de usos de suelo y vegetación en las tres cuencas. También, se indica el cambio que existe entre la Serie III y VI, donde valores en positivo reflejan aumento del tipo de uso o cobertura, mientras que valores negativos reflejan disminución en el uso o cobertura de suelo.

Cuenca Ameca-Mascota				
Tipo de uso de suelo/vegetación	Serie III (km <sup>2</sup> )	Serie VI (km <sup>2</sup> )	Cambio (km <sup>2</sup> )	% de cambio
Agricultura	390.55	426.73	36.19	9.27
Agua	2.57	2.65	0.07	2.88
Bosque de encino-pino	390.42	380.01	-10.41	-2.67
Bosque de pino-encino	715.58	672.58	-43.00	-6.01
Bosque mesófilo de montaña	15.78	16.91	1.13	7.15



VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE EN CUENCAS DE MÉXICO

Vegetación secundaria de encino-pino	359.08	330.04	-29.04	-8.09
Vegetación secundaria de mesófilo de montaña	8.64	10.00	1.37	15.81
Vegetación secundaria de pino-encino	131.38	162.00	30.61	23.30
Vegetación secundaria de selva baja	69.85	75.75	5.90	8.44
Vegetación secundaria de selva mediana	238.64	195.69	-42.95	-18.00
Manglar	1.36	1.36	0.00	0.02
Pastizal inducido	88.61	101.59	12.98	14.64
Pastizal natural	27.42	55.45	28.02	102.19
Selva baja	10.00	10.03	0.03	0.33
Selva mediana	286.36	285.89	-0.47	-0.16
Zona urbana	8.60	18.26	9.66	112.34
<b>Cuenca del Carmen</b>				
<b>Tipo de uso de suelo/vegetación</b>	<b>Serie III (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Serie VI (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Cambio (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% de cambio</b>
Agricultura	1,635.61	1,865.50	229.89	14.06
Agua	3.31	3.31	0.00	0.00
Bosque de encino-pino	1,272.70	1,318.62	45.93	3.61
Bosque de galería	18.31	35.09	16.78	91.62
Bosque de pino-encino	420.52	426.37	5.85	1.39
Vegetación secundaria de encino-pino	223.83	263.07	39.24	17.53
Vegetación secundaria de pino-encino	201.01	200.04	-0.97	-0.48
Matorral	3,968.38	3,869.06	-99.32	-2.50
Pastizal inducido	262.89	280.69	17.80	6.77
Pastizal natural	5,410.29	5,218.91	-191.38	-3.54
Sin vegetación aparente	119.81	121.69	1.88	1.57
Vegetación en zonas arenosas	907.60	877.29	-30.31	-3.34
Vegetación halófila	545.01	517.60	-27.40	-5.03
Vegetación secundaria halófila	26.23	25.12	-1.12	-4.27
Vegetación secundaria en zonas arenosas	965.68	911.10	-54.58	-5.65
Zona urbana	26.63	74.35	47.73	179.23
<b>Cuenca Jamapa</b>				
<b>Tipo de uso de suelo/vegetación</b>	<b>Serie III (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Serie VI (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Cambio (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% de cambio</b>
Agricultura	2,223.00	2,286.90	63.90	2.87
Agua	19.68	22.91	3.23	16.43
Bosque de encino-pino	18.55	16.22	-2.34	-12.59
Bosque de pino-encino	155.70	154.76	-0.94	-0.60

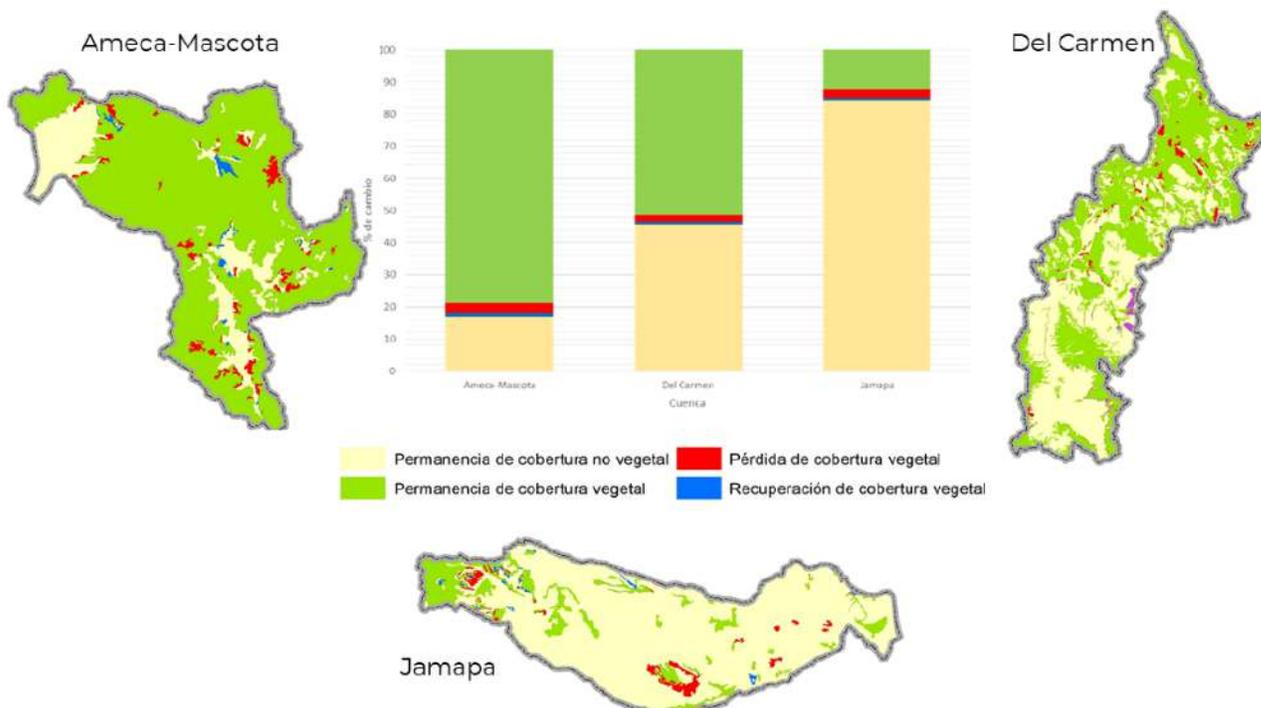


## VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE EN CUENCAS DE MÉXICO

Bosque mesófilo de montaña	47.16	22.72	-24.44	-51.82
Vegetación secundaria de mesófilo de montaña	69.70	92.72	23.02	33.02
Vegetación secundaria de pino-encino	31.69	20.33	-11.36	-35.86
Vegetación secundaria de selva alta	18.29	18.30	0.00	0.01
Vegetación secundaria de selva baja	193.34	135.29	-58.04	-30.02
Manglar	6.94	8.41	1.47	21.22
Matorral	0.17	2.01	1.83	1,047.39
Pastizal inducido	1,047.62	1,020.62	-27.01	-2.58
Pastizal natural	30.92	34.64	3.71	12.01
Sin vegetación aparente	7.94	7.91	-0.03	-0.38
Vegetación en zonas arenosas	7.19	6.97	-0.22	-3.09
Vegetación secundaria en zonas arenosas	2.50	1.72	-0.78	-31.34
Zona urbana	38.07	69.50	31.43	82.55

**Fuente:** Elaboración propia con base en las series de uso de suelo y vegetación de INEGI III y VI del 2002 y 2014.

### Cambios de transición en la cubierta vegetal entre los años 2002-2014 en las tres cuencas



**Fuente:** Elaboración propia con base en las series de uso de suelo y vegetación de INEGI III y VI del 2003 y 2014.



### **Anexo 3. Uso de suelo y vegetación (caracterización)**

#### **Modelando la conectividad entre zonas prioritarias en las tres cuencas: Ameca-Mascota, del Carmen y Jamapa.**

##### **Introducción**

Un paisaje puede percibirse como un mosaico de hábitat y no hábitat, donde, por ejemplo, pequeños fragmentos forestales pueden facilitar la dispersión en un paisaje perturbado, mientras que los caminos pueden actuar como barreras (Fahrig et al., 2011). Por lo tanto, los elementos de la heterogeneidad del paisaje pueden influir en una variedad de respuestas ecológicas, incluida la función del ecosistema, el movimiento de los animales, la persistencia de la población y las interacciones entre especies (Boraschi, 2009).

Los cambios en la superficie y distribución de la cubierta forestal tienen efectos importantes en el suministro de los servicios ecosistémicos (Hobbs, 1993; Mitchell et al., 2013, 2015). Por ejemplo, en el caso para la conservación de la biodiversidad en regiones dominadas por actividades humanas, es particularmente importante entender la relación entre el espacio heterogeneidad y biodiversidad en los paisajes agrícolas (Fahring et al., 2011). Para entender esta relación existen varios factores que inducen o generan una resistencia a la correcta funcionalidad del paisaje.

La conectividad del paisaje se considera un factor de importancia que afecta a diversos procesos ecológicos. Sin embargo, las obstrucciones antropogénicas (tales como carreteras, ciudades, campos de cultivo, etc.) han favorecido la falta de “comunicación ecológica” (Tillmann, 2005). Por lo tanto, garantizar la conectividad entre “parches” o “islas” de diferentes hábitats es importante, tanto para la dispersión de especies como para la protección de los propios hábitats y la provisión de bienes y servicios de estos.

Una solución para mejorar esta conectividad del paisaje, es el desarrollo de la conectividad a través de corredores ecológicos (Roy et al., 2010). Un corredor ecológico permite conectar dos o más regiones con el objetivo de mantener la conectividad entre los extremos para evitar la aislación del paisaje (CONABIO, 2022). Sin embargo, el análisis y planificación implica la comprensión de las complejidades de los paisajes naturales y humanos, así como la incorporación de las evaluaciones de conectividad en la planificación local y regional (Huber et al., 2012).

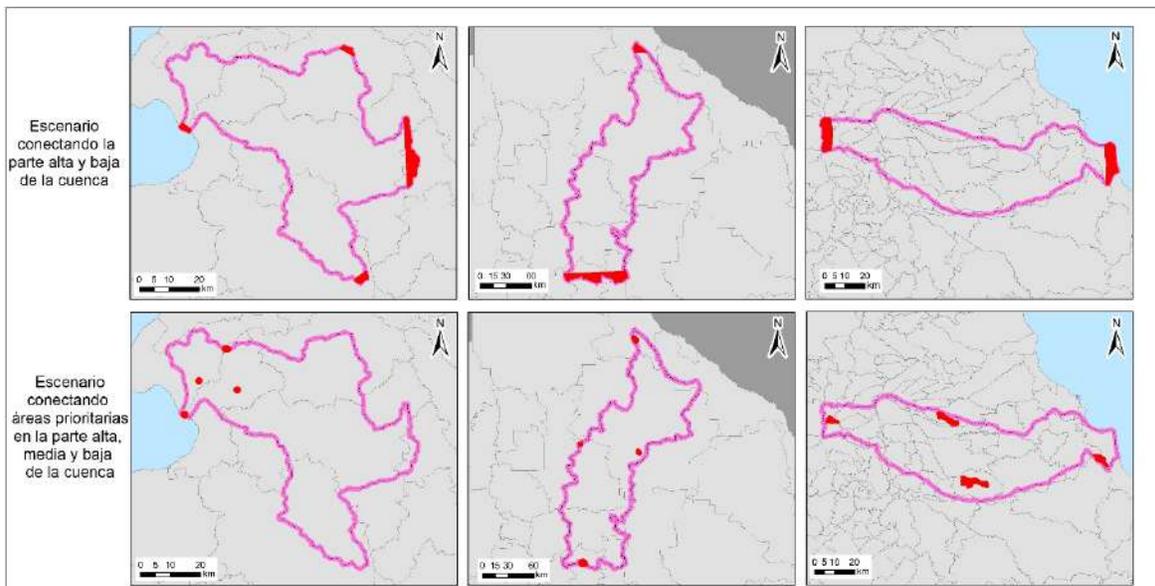


## Métodos

El análisis se realizó utilizando los kits de herramientas Gnarly y Linkage Mapper (McRae y Kavanaugh, 2011; McRae et al. 2013). Gnarly Landscape Utilities es una caja de herramientas de ArcGIS que permite generar mapas de resistencia que evalúen la calidad de hábitats y la fricción territorial ante el desplazamiento de especies. En este caso se utilizaron siete variables para determinar el mapa de resistencia: distancia a áreas naturales protegidas, elevación, distancia a localidades, distancia a corrientes de agua, distancia a caminos y pendiente.

Posterior se seleccionaron las áreas que se buscan conectar, por lo tanto, se generaron dos escenarios: a) conectar la parte alta y baja de cada cuenca (Figura 1a) y b) conectar los 4 sitios prioritarios para la adecuación de prácticas productivas con mayor superficie en la zona alta, media y baja de la cuenca (Figura 1b). Posteriormente, se utilizaron el mapa de resistencias y los sitios prioritarios se utilizó el Linkage Mapper para la generación de los principales corredores. Por último, se unieron los dos principales corredores de ambos escenarios para generar un único corredor.

**Figura 1.** Escenarios para conectar distintos sitios prioritarios



**Fuente:** Elaboración propia



## Resultados

Los modelos resultantes fueron reclasificados en cinco categorías a partir del método de intervalos naturales (Natural breaks -Jenks-) este método permite ver agrupaciones y patrones de distribución inherentes a los datos, ya que ArcMap identifica los puntos de interrupción y escoge los saltos de clase más importantes, el programa asigna grupos similares y maximiza las diferencias entre clases (Figura 2, 3 y 4). A partir de los corredores identificados se detectó el corredor principal que funcionaría para conectar los diferentes sitios prioritarios.

En el caso de la cuenca de Ameca-Mascota el corredor prioritario tipo 1 (arriba-abajo) tiene una superficie de 1,129.24 km<sup>2</sup> (41% de la cuenca). Actualmente, ese corredor está compuesto por 88% vegetación natural y 12% otros usos de suelo en donde son necesarias las acciones. Es decir, interviniendo 139.95 km<sup>2</sup> (la de los otros usos) se recuperaría la conectividad de la parte alta con la baja. En el caso del corredor tipo 2 (conectando las áreas prioritarias para la adecuación de las actividades productivas) tiene una superficie de 386.93 km<sup>2</sup> (14% de la cuenca). Actualmente, ese corredor está compuesto por 41% vegetación natural y 59% otros usos de suelo en donde son necesarias las acciones. Es decir, interviniendo 229.36 km<sup>2</sup> (la de los otros usos) se recuperaría la conectividad entre los sitios prioritarios para la adecuación de las actividades productivas. Finalmente, si se unen los dos corredores principales de ambos escenarios y hacer un único escenario, el corredor prioritario tiene una superficie de 1,428.66 km<sup>2</sup> (52% de la cuenca), este corredor está compuesto por el 78% de vegetación y 22% de otros usos de suelo. Es decir, interviniendo 304.93 km<sup>2</sup> se recuperaría la conectividad entre los sitios prioritarios (Figura 2 y 5).

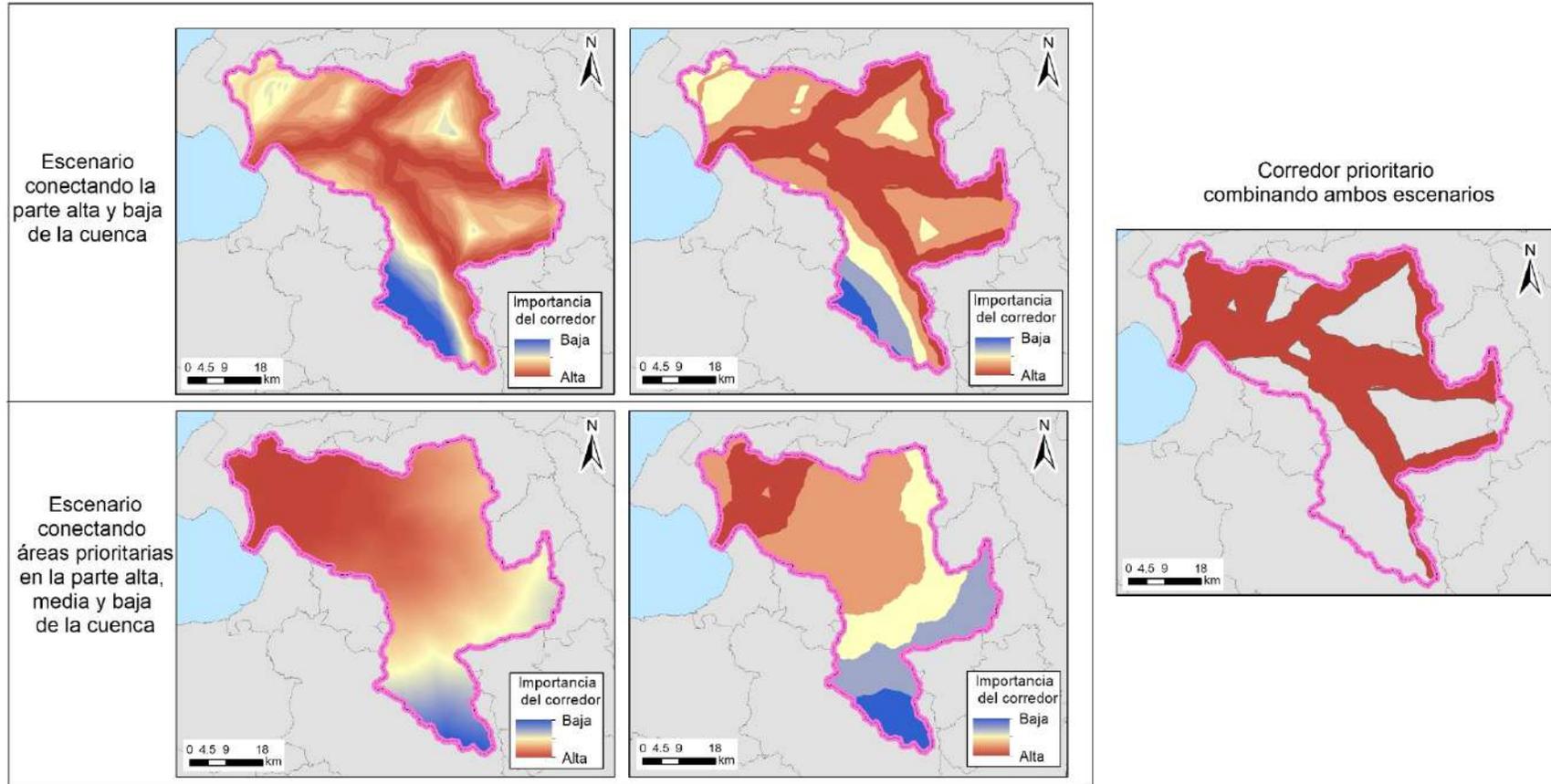
En el caso de la cuenca del Carmen el corredor prioritario tipo 1 (arriba-abajo) tiene una superficie de 6,535.70 km<sup>2</sup> (40% de la cuenca). Actualmente, ese corredor está compuesto por 69% vegetación natural y 31% otros usos de suelo en donde son necesarias las acciones. Es decir, interviniendo 2,056.14 km<sup>2</sup> (la de los otros usos) se recuperaría la conectividad de la parte alta con la baja. En el caso del corredor tipo 2 (conectando las áreas prioritarias para la adecuación de las actividades productivas) tiene una superficie de 7,270.89 km<sup>2</sup> (45% de la cuenca). Actualmente, ese corredor está compuesto por 69% vegetación natural y 31% otros usos de suelo en donde son necesarias las acciones. Es decir, interviniendo 2,267.81 km<sup>2</sup> (la de los otros usos) se recuperaría la conectividad entre los sitios prioritarios para la adecuación de las actividades productivas. Finalmente, si se unen los dos corredores principales de ambos escenarios y hacer un único escenario, el corredor prioritario tiene una superficie de 10,272.48 km<sup>2</sup> (63% de la cuenca), este corredor está compuesto por el 67% de vegetación y 33% de otros usos de suelo. Es decir, interviniendo 3,388.73 km<sup>2</sup> se recuperaría la conectividad entre los sitios prioritarios (Figura 3 y 5).



En el caso de la cuenca de Jamapa el corredor prioritario tipo 1 (arriba-abajo) tiene una superficie de 666.13 km<sup>2</sup> (17% de la cuenca). Actualmente, ese corredor está compuesto por 18% vegetación natural y 82% otros usos de suelo en donde son necesarias las acciones. Es decir, interviniendo 547.41 km<sup>2</sup> (la de los otros usos) se recuperaría la conectividad de la parte alta con la baja. En el caso del corredor tipo 2 (conectando las áreas prioritarias para la adecuación de las actividades productivas) tiene una superficie de 1,549.59 km<sup>2</sup> (40% de la cuenca). Actualmente, ese corredor está compuesto por 25% vegetación natural y 75% otros usos de suelo en donde son necesarias las acciones. Es decir, interviniendo 1,166.58 km<sup>2</sup> (la de los otros usos) se recuperaría la conectividad entre los sitios prioritarios para la adecuación de las actividades productivas. Finalmente, si se unen los dos corredores principales de ambos escenarios y hacer un único escenario, el corredor prioritario tiene una superficie de 1,865.78 km<sup>2</sup> (48% de la cuenca), este corredor está compuesto por el 22% de vegetación y 78% de otros usos de suelo. Es decir, interviniendo 1,448.90 km<sup>2</sup> se recuperaría la conectividad entre los sitios prioritarios (Figura 4 y 5).

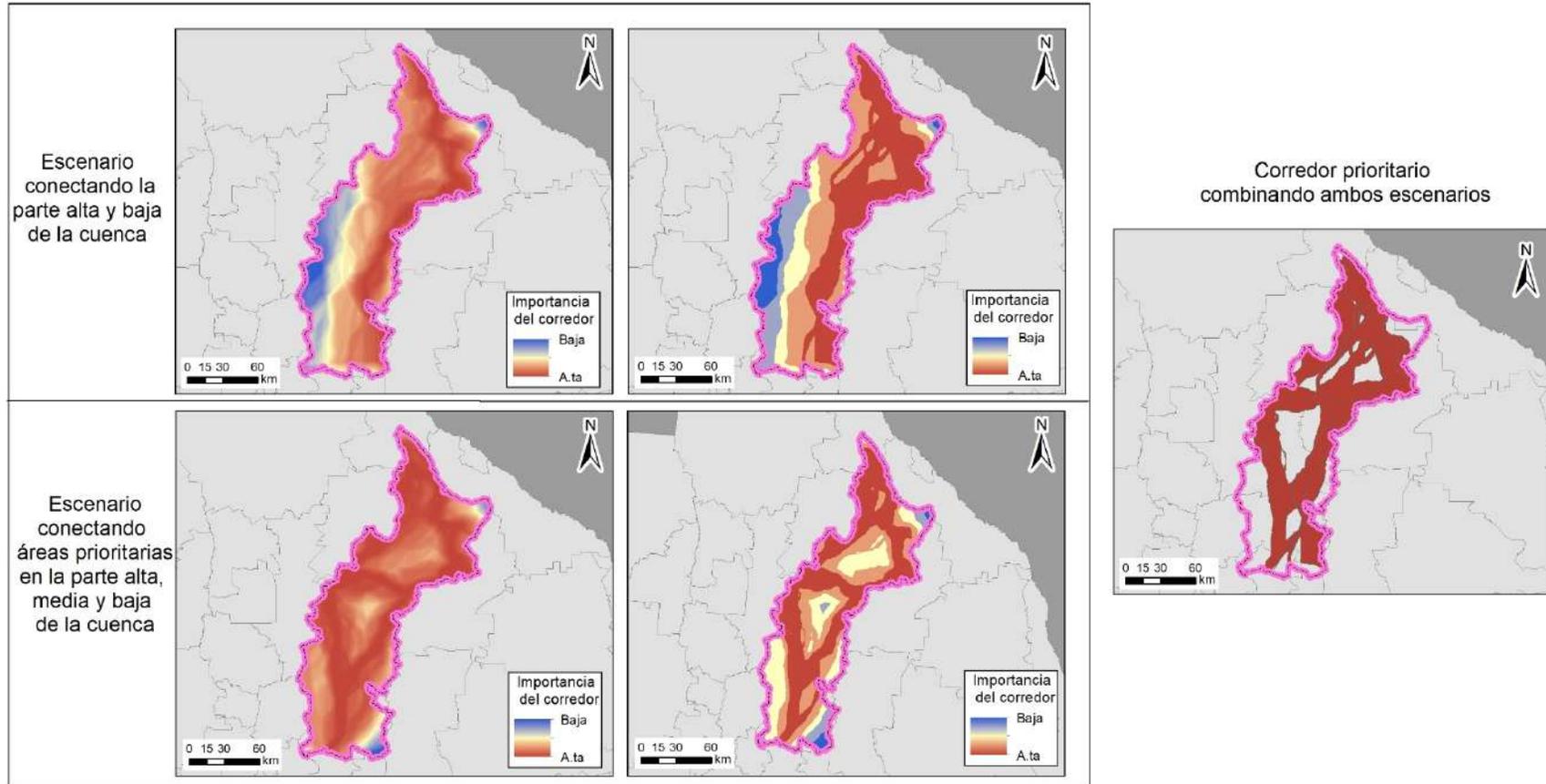


**Figura 2.** Corredores ecológicos en la cuenca de Ameca-Mascota.



**Fuente:** Elaboración propia

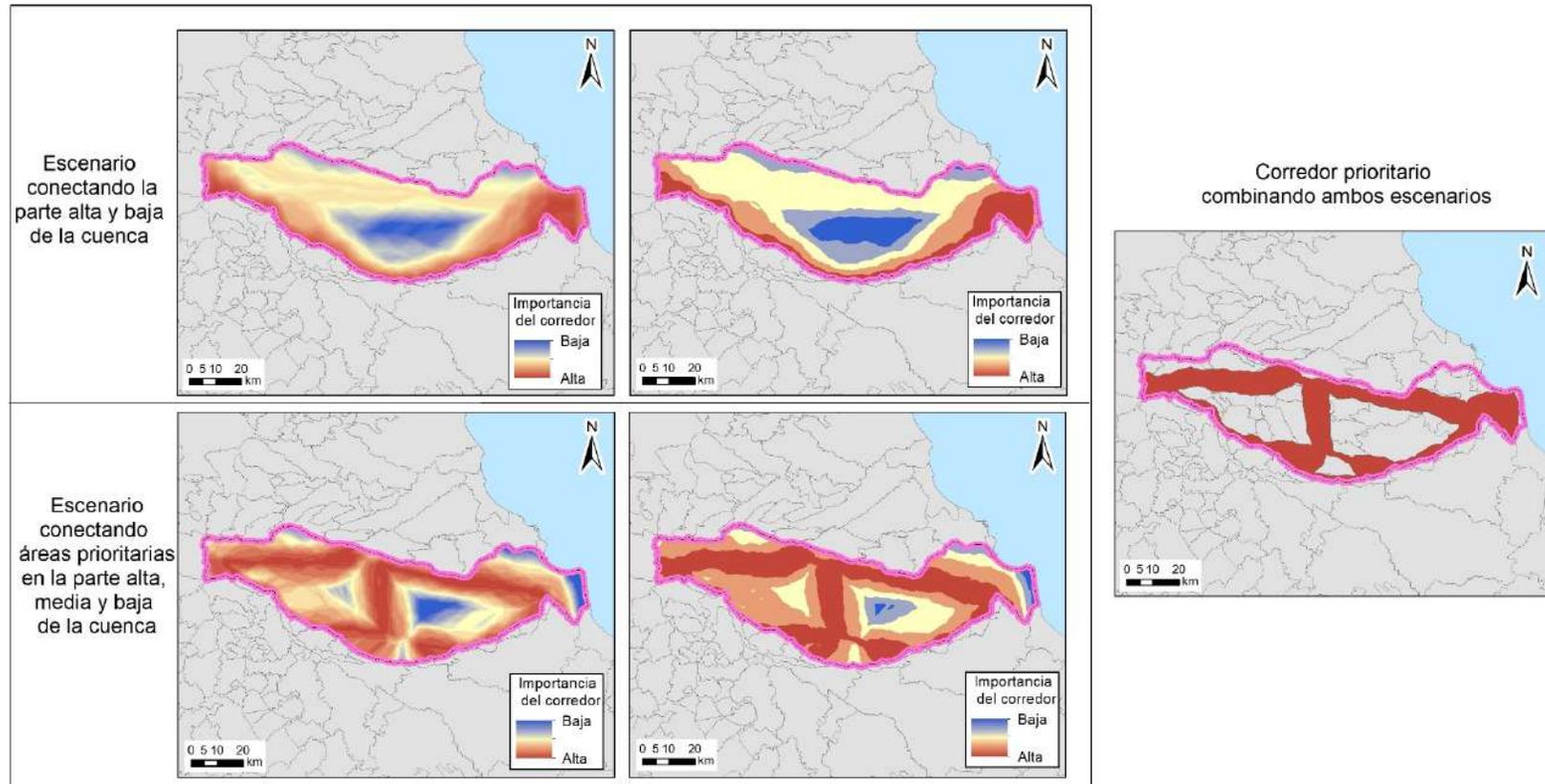
**Figura 3.** Corredores ecológicos en la cuenca del Carmen



**Fuente:** Elaboración propia

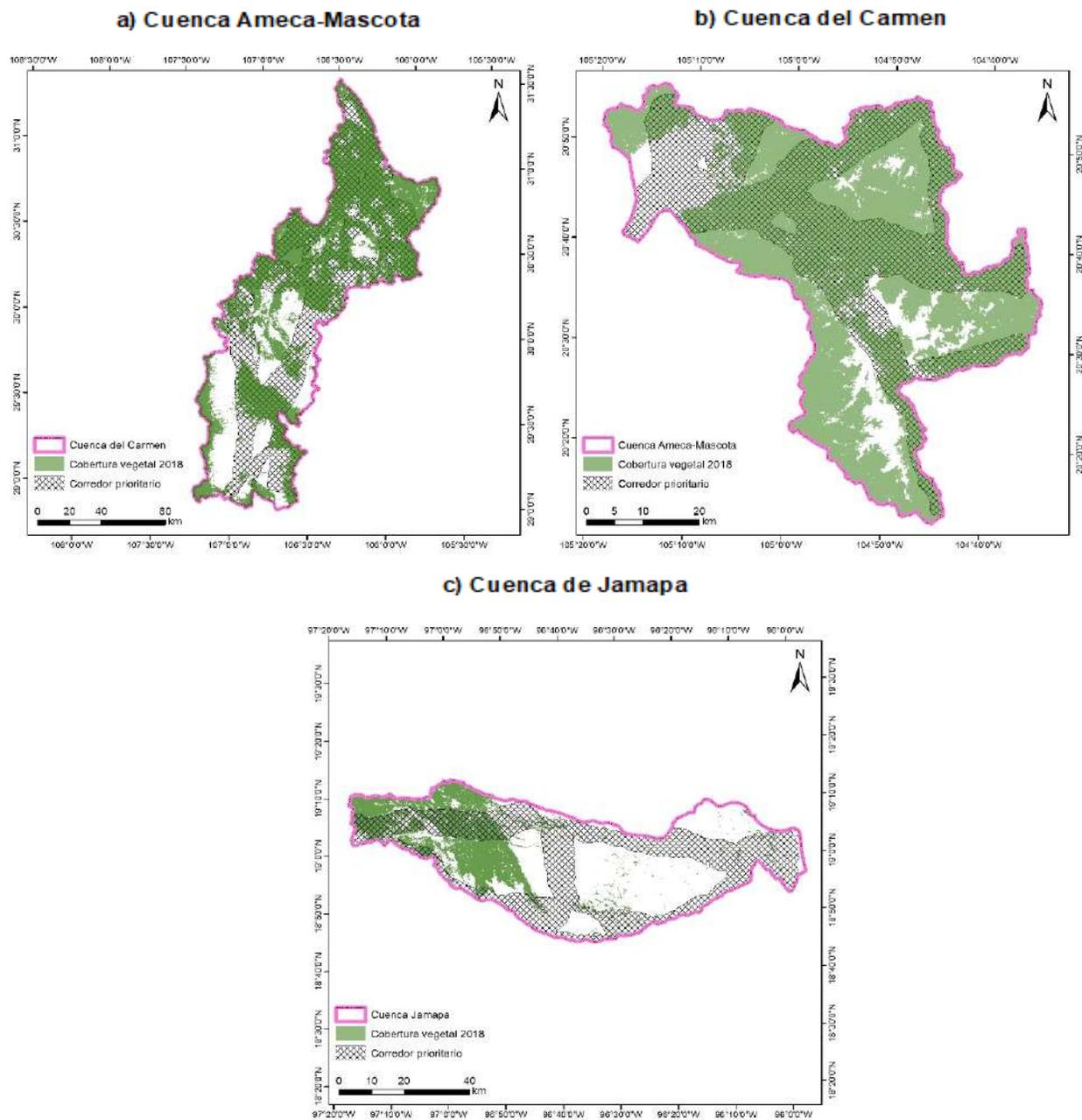
**Figura 4.** Corredores ecológicos en la cuenca del Carmen





Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.** Vegetación presente en los corredores prioritarios combinados.



**Fuente:** Elaboración propia



El tipo de cobertura restante en los corredores prioritarios son: pastizales, tierras agrícolas, asentamientos humanos, suelos desnudos y agua (Tabla 1). En los tres tipos de corredores en las cuencas de Ameca-Mascota y Jamapa la cobertura dominante es tierras agrícolas y en el caso del Carmen son pastizales.

**Tabla 1.-** Tipos de uso de suelo

Uso de suelo	Ameca-Mascota		
	Corredor Tipo 1	Corredor Tipo 2	Corredor Combinado
	Superficie (km <sup>2</sup> )		
Pastizales	16.62	30.89	44.68
Tierras agrícolas	109.47	176.61	234.20
Asentamientos humanos	6.10	14.31	14.39
Suelo desnudo	0.48	0.52	0.65
Agua	7.28	7.03	11.01
Carmen			
Pastizales	1,399.12	1,612.38	2,279.86
Tierras agrícolas	554.06	510.19	958.39
Asentamientos humanos	2.78	11.20	13.55
Suelo desnudo	99.54	118.30	120.78
Agua	0.63	15.75	16.16
Jamapa			
Pastizales	64.59	105.17	130.94
Tierras agrícolas	436.31	1,034.06	1,255.41
Asentamientos humanos	17.49	20.52	27.55
Suelo desnudo	4.32	0.09	4.33
Agua	24.69	6.75	30.66

**Fuente:** Elaboración propia



## Conclusiones

La importancia de tener un corredor ecológico en las cuencas es de alta importancia dado que permite asegurar el mantenimiento de los procesos ecológicos, evolutivos y biodiversidad (Boraschi, 2009). Por lo que es importante tener una buena cantidad y distribución de vegetación dentro de la cuenca. A su vez, es importante conocer la situación actual porque eso implica los costos que puede tener la rehabilitación o recuperación de los corredores.

En este informe se presentan distintos escenarios de corredores ecológicos en las tres cuencas, sin embargo, sin importar el escenario que se elija en el caso de la cuenca de Ameca y Mascota las acciones CONECTA deben estar enfocadas en la zona alta y baja de la cuenca para poder mejorar la conectividad en el paisaje. En el caso de la cuenca del Carmen las acciones CONECTA deberían estar enfocadas en la zona alta y media de la cuenca. Mientras que en el caso de la cuenca de Jamapa las acciones deben concentrarse en la zona media y baja del corredor.

## Referencias

Boraschi, S. F. (2009). Corredores biológicos: una estrategia de conservación en el manejo de cuencas hidrográficas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 6(17), 1-5.

CONABIO (2022). ¿Qué es un corredor biológico?. <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/que-es-corredor>

Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., ... & Martin, J. L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology letters*, 14(2), 101-112.

Hobbs, R. J. (1993). Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the Western Australian wheatbelt. *Biological conservation*, 64(3), 193-201.

Huber, P. R., Shilling, F., Thorne, J. H., & Greco, S. E. (2012). Municipal and regional habitat connectivity planning. *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2), 15-26.

McRae BH, Kavanagh DM. 2011. Linkage Mapper Connectivity Analysis Software. The Nature Conservancy, Seattle, WA. Available from <https://linkagemapper.org>.

McRae, B.H., A.J. Shirk, and J.T. Platt. 2013. Gnarly Landscape Utilities: Resistance and Habitat Calculator User Guide. The Nature Conservancy, Fort Collins, CO. Available at: <https://.org/gnarly-landscape-utilities/>.

Mitchell, M. G., Bennett, E. M., & Gonzalez, A. (2013). Linking landscape connectivity and ecosystem service provision: current knowledge and research gaps. *Ecosystems*, 16(5), 894-908.



Mitchell, M. G., Bennett, E. M., & Gonzalez, A. (2015). Strong and nonlinear effects of fragmentation on ecosystem service provision at multiple scales. *Environmental Research Letters*, 10(9), 094014.

Roy, A., Devi, B. S. S., Debnath, B., & Murthy, M. S. R. (2010). Geospatial modelling for identification of potential ecological corridors in Orissa. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 38(3), 387-399.

Tillmann, J. E. (2005). Habitat fragmentation and ecological networks in Europe. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 14(2), 119-123.



### Anexo 3. Superficies deforestadas entre 2002 y 2018 y su importancia en la conectividad

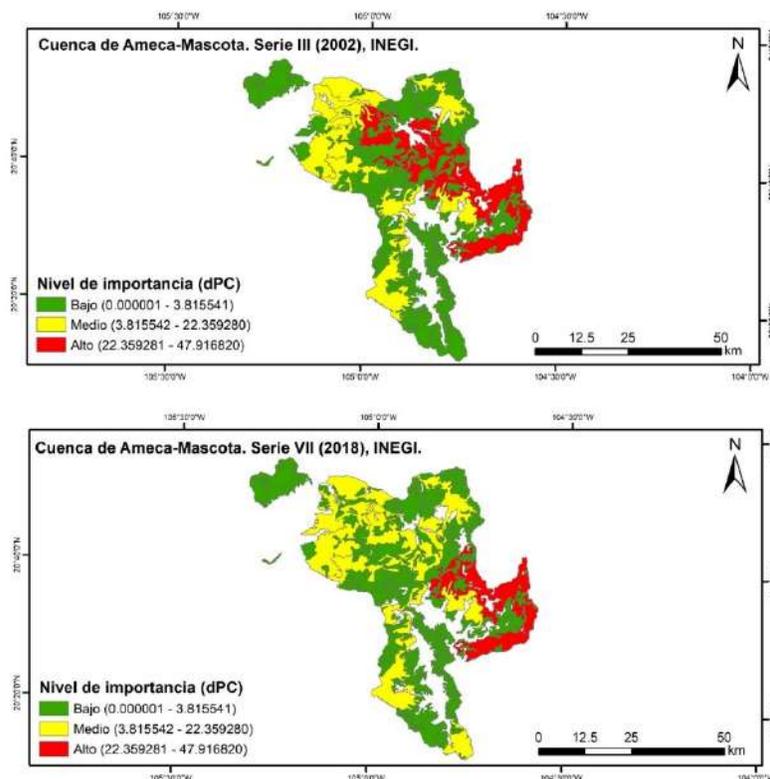
#### Superficies deforestadas entre 2002 y 2018 y su importancia en la conectividad de la cuenca Ameca-Mascota

Tipo de Uso de suelo y vegetación	dPC (cualitativo)	Área (km <sup>2</sup> )
Bosque de encino-pino	Bajo	4.09
Bosque de encino-pino	Medio	0.42
Bosque de pino-encino	<b>Alto</b>	<b>10.77</b>
Bosque de pino-encino	Bajo	0.21
Bosque de pino-encino	Medio	0.74
Vegetación secundaria de encino-pino	Bajo	41.55
Vegetación secundaria de encino-pino	Medio	6.41
Vegetación secundaria de pino-encino	Bajo	4.48
Vegetación secundaria de selva baja	Bajo	0.88
Vegetación secundaria de selva baja	Medio	0.19
Vegetación secundaria de selva mediana	Bajo	9.25
Vegetación secundaria de selva mediana	Medio	8.18
Manglar	Bajo	0.03
Pastizal natural	Bajo	2.68
Selva baja	Bajo	0.01
Selva mediana	Medio	0.22

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de los análisis de conectividad y la serie VII de INEGI



### Niveles de importancia de conectividad en la cuenca Ameca-Mascota



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de los análisis de conectividad y las series III y VII de INEGI

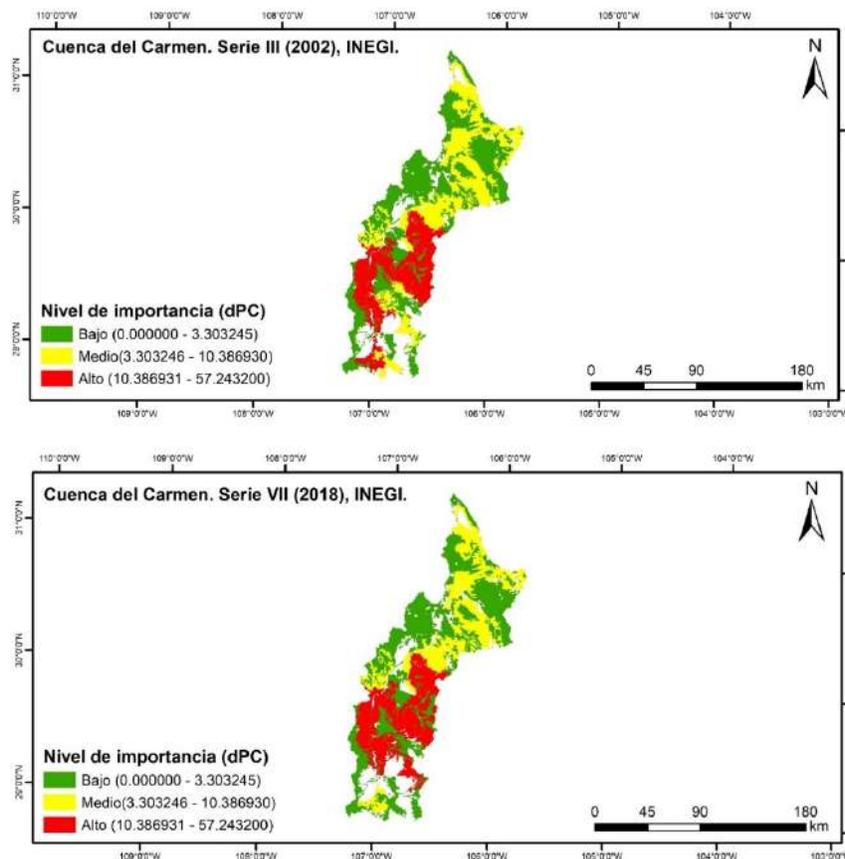
### Superficies deforestadas entre 2002 y 2018 y su importancia en la conectividad de la cuenca del Carmen

Tipo de Uso de suelo y vegetación	dPC (cualitativo)	Área (km <sup>2</sup> )
Bosque de encino-pino	Bajo	20.16
Bosque de encino-pino	Medio	11.04
Bosque de galería	Bajo	0.80
Bosque de pino-encino	Bajo	0.15
Vegetación secundaria de encino-pino	Bajo	0.26
Vegetación secundaria de pino-encino	Bajo	0.56
Matorral	Bajo	36.88
Matorral	Medio	91.86
Vegetación en zonas arenosas	Bajo	7.94
Vegetación en zonas arenosas	Medio	29.14
Vegetación halófila	Bajo	29.77
Vegetación secundaria halófila	Bajo	25.36
Vegetación secundaria en zonas arenosas	Bajo	66.02

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de los análisis de conectividad y la serie VII de INEGI



### Niveles de importancia de conectividad en la cuenca del Carmen



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de los análisis de conectividad y las series III y VII de INEGI

### Superficies deforestadas entre 2002 y 2018 y su importancia en la conectividad en la cuenca Jamapa

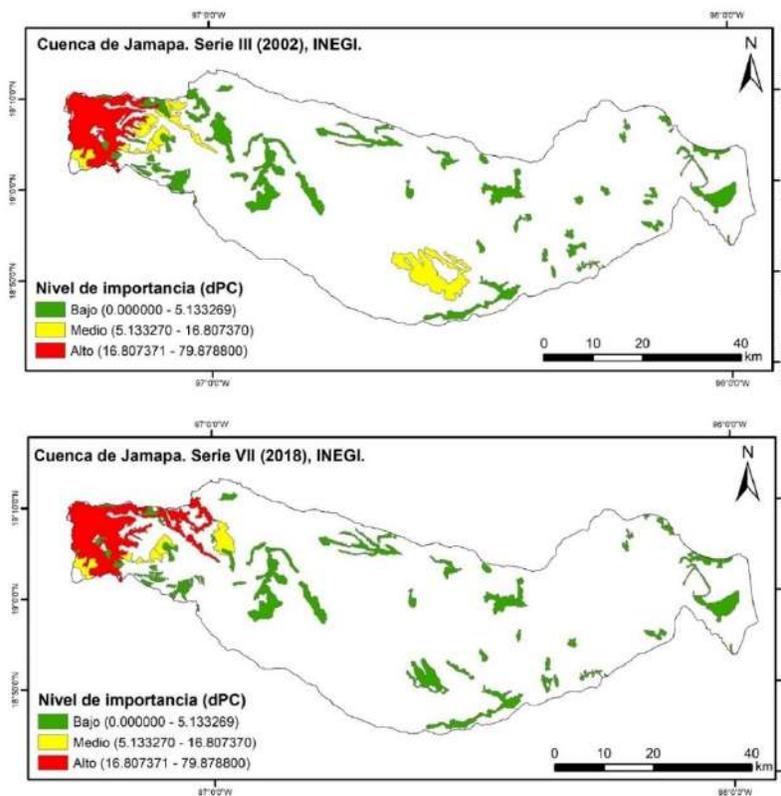
Tipo de Uso de suelo y vegetación	dPC (cualitativo)	Área (km <sup>2</sup> )
Bosque de encino-pino	Bajo	18.55
Bosque de pino-encino	Alto	145.75
Bosque de pino-encino	Bajo	3.85
Bosque de pino-encino	Medio	6.10
Bosque mesófilo de montaña	Bajo	33.22
Bosque mesófilo de montaña	Medio	13.94
Vegetación secundaria de mesófilo de montaña	Bajo	64.75
Vegetación secundaria de mesófilo de montaña	Medio	4.95
Vegetación secundaria de pino-encino	Bajo	10.11
Vegetación secundaria de pino-encino	Medio	21.59
Vegetación secundaria de selva alta	Bajo	18.29
Vegetación secundaria de selva baja	Bajo	120.85
Vegetación secundaria de selva baja	Medio	72.49
Manglar	Bajo	6.94
Matorral	Bajo	0.17



Pastizal natural	Bajo	19.81
Pastizal natural	Medio	11.12
Vegetación en zonas arenosas	Bajo	7.19
Vegetación halófila	Bajo	2.50

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de los análisis de conectividad y la serie VII de INEGI

### Niveles de importancia de conectividad en la cuenca de Jamapa



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de los análisis de conectividad y las series III y VII de INEGI



## Anexo 4. Valores e insumos utilizados para el cálculo de carbono en las tres cuencas

Los valores utilizados para el cálculo de carbono se obtuvieron a partir de la revisión de literatura científica de estudios realizados en las distintas regiones de las cuencas. Para los diferentes almacenes de carbono se recopiló información de Hughes et al. (1999), Jaramillo et al. (2013), Torres-Rivera et al. (2011), Álvarez-Arteaga et al. (2013), Orihuela-Belmonte et al. (2013), Cartus et al. (2014), González-Molina et al. (2014) [51], Mokondoko et al. (2018) y Prieto-Amparán (2020). Las estimaciones del almacenamiento de carbono para pastizales agrícolas y manejados se encontraron en IPCC (2006) y Hernández et al. (2015). Los datos de carbono del suelo se encontraron en Campos et al. (2007), Campos et al. (2014) y López-Santiago et al. (2019).

**Tabla biofísica de los almacenes de carbono (ton/ha) para las coberturas presentes en las tres cuencas**

Tipo de uso de suelo y vegetación	Carbono aéreo	Carbono subterráneo	Carbono en el suelo	Carbono muerto
Agricultura	3	2	79	1
Agua	0	0	0	0
Bosque de encino-pino	120	13	109	4
Bosque de pino-encino	120	13	109	4
Bosque mesófilo de montaña	207.3	39.4	158.2	14.9
Bosque secundario de encino-pino	116.2	24.2	107	11.2
Bosque secundario de mesófilo de montaña	136.3	26.3	127	22.6
Bosque secundario de pino-encino	116.2	24.2	107	11.2
Bosque secundario de selva baja	58.3	6.7	76.2	15.41
Bosque secundario de selva mediana	103.8	26.3	109	11.5
Manglar	207.3	39.4	158.2	14.9
Pastizal inducido	9.7	2.2	112.5	1
Pastizal natural	9.7	2.2	112.5	1
Selva baja	30	10	8	13
Selva mediana	82.2	21.3	38	8
Zona urbana	5	5	15	2

Fuente: Elaboración propia con base en estudios regionales de las tres cuencas

### Limitaciones de los insumos y métodos utilizados

**Insumos.** Los mapas de uso de suelo y vegetación proporcionan información clave sobre la permanencia, recuperación o pérdida de la vegetación. Sin embargo, dependiendo de las características técnicas con las que se realizaron pueden presentar sesgos en la

identificación de la vegetación. Dos de los principales insumos a nivel nacional para la identificación de la vegetación son las series de uso de suelo y vegetación de INEGI y los mapas de MadMex. Las series de uso de suelo y vegetación son insumos generados en distintos intervalos de tiempo entre 1985-2018, con una escala 1:250,000 y, para desarrollarlas, se aplican técnicas de fotointerpretación con imágenes satelitales (principalmente Landsat; 30 metros de resolución espacial). Además, estas series están apoyadas con trabajos de campo por parte de INEGI. En cambio, el mapa de uso de suelo y vegetación MadMex de CONABIO fue generado a partir de imágenes satelitales RapidEye (5 metros de resolución espacial) para el año 2015 y se realizó a una escala 1:20,000. El proceso de clasificación de imágenes se obtuvo a partir de un algoritmo de segmentación y una clasificación supervisada. A continuación, se muestran las principales ventajas y desventajas entre estos insumos de INEGI y MadMex.

**Tabla comparativa de las principales ventajas y desventajas de cada insumo.**

Mapa de uso de suelo y vegetación de INEGI		Mapa de uso de suelo y vegetación de MadMex	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Resolución temporal. Amplio periodo evaluado de los cambios de uso de suelo y vegetación	Escala de 1:250,000, lo que en ocasiones no permite detectar fragmentos de vegetación menores a 25 ha.	Escala de 1:20,000, lo que permite detectar fragmentos a partir de 0.5 ha.	Baja resolución temporal, la clasificación de imágenes RapidEye sólo existe para el 2015.
Identificación de categorías con degradación (vegetación primaria y secundaria)	Derivado del método de fotointerpretación, pueden existir inconsistencias entre el tipo de vegetación declarado entre las series (es decir, en una serie puede existir bosque de galería, pero a la siguiente serie derivado de la revisión se puede recategorizar en otro tipo de cobertura y "desaparecer" el bosque de galería.	Tener una aproximación más precisa de la superficie vegetal y no vegetal.	No identifica niveles de degradación en sus categorías.

En este informe se utilizaron los mapas de INEGI, debido principalmente a la resolución temporal y para poder comparar estos resultados con los PAMIC e informes de proyectos interconectados con el proyecto CONECTA. Sin embargo, como un ejercicio para saber cuánto se está subestimando o sobreestimando (en términos de cobertura vegetal) al utilizar las series de INEGI, se calculó la superficie de uso de suelo y vegetación reportada en la clasificación de Mad-Mex (realizado a partir de imágenes RapidEye de 5 metros de resolución espacial) para el 2015 en caso de la cuenca de Jamapa. Estas superficies se compararon con la Serie VI (2014) de INEGI. Dada las resoluciones espaciales y temporales de los insumos previamente mencionados se esperaba conocer las diferencias de utilizar un insumo u otro, y determinar las ventajas y desventajas al emplear un insumo u otro.

La superficie de la vegetación natural de la serie VI de INEGI tiene una superficie similar en las cuencas de Ameca-Mascota y del Carmen (0.85 % y 5.96 % de diferencia entre las superficies identificadas por INEGI y Mad-Mex, siendo mayor la superficie identificada en INEGI en ambos casos). Sin embargo, en el caso de Jamapa las series de INEGI identifican

en un 120.63 % menos la cobertura vegetal natural, es decir, el mapa de Mad-Mex identifica poco más del doble de cobertura vegetal natural.

Las diferencias antes mencionadas implican que dependiendo de la región pueden existir sesgos. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta las ventajas y desventajas de los insumos utilizados en cada análisis y así tratar de disminuir, en la medida de lo posible, el sesgo asociado a cada uno de estos. El uso de insumos con mayor detalle espacial nos permite conocer con mayor precisión las superficies; sin embargo, el tiempo de procesamiento y disponibilidad temporal de estas imágenes es una limitante al usar este tipo de recursos. MadMex puede ser usado como un mecanismo para validar las Series de INEGI, y en casos donde se presente un paisaje muy distinto (como en el caso de Jamapa), será necesario evaluar la pertinencia de realizar una clasificación alternativa.

Por tal motivo, es necesario tener cautela con los resultados obtenidos a partir de las series de INEGI, dado que pueden tener un sesgo importante dependiendo de la zona donde se esté evaluando. Por lo tanto, resulta importante evaluar el insumo a utilizar.

**Métodos.** Los modelos son una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades, por lo tanto, todos cuentan con limitaciones y simplificaciones. En este estudio se utilizó el modelo de carbono del InVEST debido a que a nivel internacional ha tenido una aceptación en su uso, así como por los objetivos del trabajo, donde se quería tener una estimación del almacenamiento y secuestro del carbono total en las tres cuencas del estudio. Sin embargo, las principales limitaciones y simplificaciones de este método son:

- El modelo asume que ninguno de los tipos de uso de suelo y vegetación en el paisaje gana o pierde carbono con el tiempo. En cambio, se supone que todos los tipos de uso de suelo y vegetación se encuentran en algún nivel de almacenamiento fijo igual al promedio de los niveles de almacenamiento medidos dentro de ese tipo de uso de suelo y vegetación. Bajo este supuesto, los únicos cambios en el almacenamiento de carbono a lo largo del tiempo se deben a cambios de un tipo de uso de suelo y vegetación a otro tipo de cobertura.
- El modelo se basa en estimaciones de almacenamiento de carbono para cada tipo de uso de suelo y vegetación, los resultados son tan detallados y confiables como la clasificación de uso de suelo y vegetación utilizada y los valores del depósito de carbono proporcionados. El almacenamiento de carbono difiere claramente entre los tipos de uso de suelo y vegetación (por ejemplo, bosque tropical frente a selvas bajas), pero a menudo también puede haber una variación significativa dentro de un tipo de uso de suelo y vegetación. Por supuesto, este enfoque más detallado requiere datos que describan la cantidad de carbono almacenado en cada una de los almacenes de carbono para cada una de las clases.
- Otra limitación del modelo es que no captura el carbono que se mueve de un almacén a otro. Por ejemplo, si los árboles de un bosque mueren debido a una enfermedad, gran parte del carbono almacenado en la biomasa aérea se convierte en carbono almacenado en otra materia orgánica (muerta). Sin embargo, el



modelo supone que el carbono de la madera cortada entra “instantáneamente” a la atmósfera.

Otro método utilizado para la estimación del secuestro del carbono es el método usado en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, donde, en resumen, a partir del Sistema Satelital de Monitoreo Forestal (SAMOF) el cual ha generado cartografía e información sobre la cobertura forestal y sus cambios a través del tiempo mediante la fotointerpretación con imágenes de alta y muy alta resolución se crean matrices multitemporales para la identificación de pérdida, ganancia o permanencia de las categorías forestales anuales y así tener una cuantificación más precisa de los cambios de uso de suelo y vegetación (comparado por ejemplo con las series de INEGI y Mad-Mex). Actualmente, en diciembre de 2022 en la página web de SAMOF (<https://snmf.cnf.gob.mx/cobertura-del-suelo/>) se cuenta con los mapas de cobertura de uso de suelo para los estados de Campeche, Chiapas, Jalisco, Quintana Roo y Yucatán. Se espera que la información para el resto del país, incluyendo los estados de interés (Chihuahua, Nayarit y Veracruz) estén disponibles próximamente. Para el caso de la estimación de contenidos de carbono utilizan el primer y segundo ciclo del INFYS para los almacenes de biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y para el carbono orgánico del suelo utiliza los datos generados por la Universidad de Delaware (*Soil Organic Carbon Estimates for 30-cm Depth, in Mexico and the conterminous USA, 1991-2011*). A partir de estos datos, obtuvieron valores para poder calcular

Ambos métodos desde el punto de vista técnico son correctos, pero la elección de uno u otro dependerá de la aplicación que se quiera dar a los resultados. En la Consultoría GPS se consideraron los beneficios totales de implementar acciones que promuevan un manejo más sustentable de actividades productivas como la agroforestería y la ganadería regenerativa en las cuencas analizadas. En consecuencia, el uso del modelo InVEST nos permite entender cuáles serán los beneficios totales. No obstante, se reconoce que para llegar a estos resultados existe un proceso anual de ganancias, así como su gran utilidad en estudios como el Inventario Nacional de Emisiones.

## Referencias

- Álvarez-Arteaga, G., García Calderón, N. E., Krasilnikov, P., & García-Oliva, F. (2013). Almacenes de carbono en bosques montanos de niebla de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Agrociencia*, 47(2), 171-180.
- Campos, A., Oleschko, K., Etchevers, J., & Hidalgo, C. 2007. Exploring the effect of changes in land use on soil quality on the eastern slope of the Cofre de Perote Volcano (Mexico). *Forest Ecology and Management*, 248(3); 174-182.
- Campos, A., Aguilar, G., & Landgrave, R. 2014. Soil organic carbon stocks in Veracruz State (Mexico) estimated using the 1: 250,000 soil database of INEGI: biophysical contributions. *Journal of soils and sediments*, 14(5): 860-87.



Cartus, O., Kellndorfer, J., Walker, W., Franco, C., Bishop, J., Santos, L. et al. 2014. A national, detailed map of forest aboveground carbon stocks in Mexico. *Remote Sensing*, 6(6): 5559-5588

González-Molina, L., Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., Báez-Pérez, A., & González-Camacho, J. M. 2014. Cambios de carbono orgánico del suelo bajo escenarios de cambio de uso de suelo en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(7): 1275-1285.

Hernandez, M. E., Marín-Muñiz, J. L., Moreno-Casasola, P., & Vázquez, V. (2015). Comparing soil carbon pools and carbon gas fluxes in coastal forested wetlands and flooded grasslands in Veracruz, Mexico. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(1), 5-16.

Hughes, R. F., Kauffman, J. B., & Jaramillo, V. J. 1999. Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of Mexico. *Ecology*, 80(6): 1892-1907.

Jaramillo, V. J., Ahedo-Hernández, R., & Kauffman, J. B. 2003. Root biomass and carbon in a tropical evergreen forest of Mexico: changes with secondary succession and forest conversion to pasture. *Journal of Tropical Ecology*, 19(04): 457-464.

López-Santiago, J. G., Casanova-Lugo, F., Villanueva-López, G., Díaz-Echeverría, V. F., Solorio-Sánchez, F. J., Martínez-Zurimendi, P., ... & Chay-Canul, A. J. (2019). Carbon storage in a silvopastoral system compared to that in a deciduous dry forest in Michoacán, Mexico. *Agroforestry Systems*, 93(1), 199-211.

Mokondoko, P., Manson, R. H., Ricketts, T. H., Geissert, D. (2018). Spatial analysis of ecosystem service relationships to improve targeting of payments for hydrological services. *PloS one*, 13(2), e0192560.

Orihuela-Belmonte, D. E., De Jong, B. H. J., Mendoza-Vega, J., Van der Wal, J., Paz-Pellat, F., Soto-Pinto, L., et al. 2013. Carbon stocks and accumulation rates in tropical secondary forests at the scale of community, landscape and forest type. *Agriculture, ecosystems & environment*, 171: 72-84.

Prieto-Amparán, J. A. 2020. Valoración de servicios ambientales de las áreas naturales de valor ambiental (ANVA) y de preservación ecológica primaria (PEP) del centro de población de la ciudad de Chihuahua. Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua (IMPLAN), Chihuahua, Chih., México

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, HS, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>>.



Torres-Rivera, J. A., Espinoza-Domínguez, W., Reddiar-Krishnamurthy, L., & Vázquez-Alarcón, A. 2011. Secuestro de carbono en potreros arbolados, potreros sin árboles y bosque caducifolio de Huatusco, Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(3): 543-549.



## Anexo 5. Valor económico del SE de polinización para diferentes productos agrícolas

Valor económico del SE de polinización para diferentes productos agrícolas ubicados en la cuenca Jamapa (pesos mexicanos - MXN - y dólares americanos - USD -) (con valores actualizados a 2021)

PRODUCTO	Valor Producción (2020)		Porcentaje	Tasa de Dependencia	Valor de Polinización en la Producción (2020)		
	Pesos Mexicanos	Dólares Americanos			Pesos Mexicanos	Dólares Americanos	Porcentaje
<b>Aguacate</b>	\$ 142,228,408	\$ 6,968,565	2.0%	65.0%	\$ 92,448,465	\$ 4,529,567	5.0%
<b>Ajonjolí</b>	\$ 5,524,516	\$ 270,677	0.1%	5.0%	\$ 276,226	\$ 13,534	0.0%
<b>Alfalfa verde</b>	\$ 1,170,056	\$ 57,328	0.0%	65.0%	\$ 760,536	\$ 37,263	0.0%
<b>Arroz palay</b>	\$ 78,452,928	\$ 3,843,848	1.1%	25.0%	\$ 19,613,232	\$ 960,962	1.1%
<b>Avena forrajera en verde</b>	\$ 2,173,147	\$ 106,475	0.0%	5.0%	\$ 108,657	\$ 5,324	0.0%
<b>Brócoli</b>	\$ 704,536	\$ 34,519	0.0%	65.0%	\$ 457,948	\$ 22,437	0.0%
<b>Café cereza</b>	\$ 415,420,810	\$ 20,353,788	5.9%	65.0%	\$ 270,023,526	\$ 13,229,962	14.6%
<b>Calabacita</b>	\$ 1,595,826	\$ 78,188	0.0%	95.0%	\$ 1,516,035	\$ 74,279	0.1%
<b>Caña de azúcar</b>	\$ 3,183,860,029	\$ 155,995,102	45.5%	25.0%	\$ 795,965,007	\$ 38,998,775	43.1%
<b>Cebada grano</b>	\$ 990,835	\$ 48,547	0.0%	5.0%	\$ 49,542	\$ 2,427	0.0%
<b>Chile verde</b>	\$ 33,783,364	\$ 1,655,236	0.5%	5.0%	\$ 1,689,168	\$ 82,762	0.1%
<b>Durazno</b>	\$ 3,727,215	\$ 182,617	0.1%	65.0%	\$ 2,422,690	\$ 118,701	0.1%
<b>Elote</b>	\$ 15,575,301	\$ 763,121	0.2%	5.0%	\$ 778,765	\$ 38,156	0.0%
<b>Fresa</b>	\$ 600,537	\$ 29,424	0.0%	65.0%	\$ 390,349	\$ 19,125	0.0%
<b>Frijol</b>	\$ 122,333,381	\$ 5,993,796	1.7%	65.0%	\$ 79,516,698	\$ 3,895,968	4.3%
<b>Lechuga</b>	\$ 179,622	\$ 8,801	0.0%	5.0%	\$ 8,981	\$ 440	0.0%
<b>Limón</b>	\$ 501,027,768	\$ 24,548,151	7.2%	25.0%	\$ 125,256,942	\$ 6,137,038	6.8%
<b>Maíz forrajero en verde</b>	\$ 42,122,261	\$ 2,063,805	0.6%	5.0%	\$ 2,106,113	\$ 103,190	0.1%
<b>Maíz grano</b>	\$ 1,062,026,970	\$ 52,034,638	15.2%	5.0%	\$ 53,101,349	\$ 2,601,732	2.9%
<b>Mango</b>	\$ 179,280,957	\$ 8,783,976	2.6%	25.0%	\$ 44,820,239	\$ 2,195,994	2.4%
<b>Manzana</b>	\$ 11,116,392	\$ 544,654	0.2%	25.0%	\$ 2,779,098	\$ 136,164	0.2%
<b>Melón</b>	\$ 2,044,022	\$ 100,148	0.0%	65.0%	\$ 1,328,614	\$ 65,096	0.1%
<b>Naranja</b>	\$ 9,964,064	\$ 488,195	0.1%	65.0%	\$ 6,476,641	\$ 317,327	0.4%
<b>Nopalitos</b>	\$ 1,348,716	\$ 66,081	0.0%	5.0%	\$ 67,436	\$ 3,304	0.0%
<b>Nuez</b>	\$ 226,009	\$ 11,073	0.0%	5.0%	\$ 11,300	\$ 554	0.0%
<b>Papa</b>	\$ 194,064,215	\$ 9,508,291	2.8%	65.0%	\$ 126,141,740	\$ 6,180,389	6.8%
<b>Papaya</b>	\$ 321,158,741	\$ 15,735,362	4.6%	25.0%	\$ 80,289,685	\$ 3,933,841	4.3%



VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE EN CUENCAS DE MÉXICO

<b>Pepino</b>	\$ 60,567,918	\$ 2,967,561	0.9%	5.0%	\$ 3,028,396	\$ 148,378	0.2%
<b>Pera</b>	\$ 1,494,118	\$ 73,205	0.0%	65.0%	\$ 971,177	\$ 47,583	0.1%
<b>Piña</b>	\$ 357,064,149	\$ 17,494,569	5.1%	25.0%	\$ 89,266,037	\$ 4,373,642	4.8%
<b>Plátano</b>	\$ 27,975,199	\$ 1,370,661	0.4%	5.0%	\$ 1,398,760	\$ 68,533	0.1%
<b>Sandía</b>	\$ 84,906,154	\$ 4,160,027	1.2%	25.0%	\$ 21,226,538	\$ 1,040,007	1.1%
<b>Sorgo forrajero en verde</b>	\$ 4,134,800	\$ 202,587	0.1%	5.0%	\$ 206,740	\$ 10,129	0.0%
<b>Sorgo grano</b>	\$ 3,085,658	\$ 151,184	0.0%	5.0%	\$ 154,283	\$ 7,559	0.0%
<b>Tejocote</b>	\$ 425,983	\$ 20,871	0.0%	5.0%	\$ 21,299	\$ 1,044	0.0%
<b>Tomate rojo (jitomate)</b>	\$ 16,360,046	\$ 801,570	0.2%	25.0%	\$ 4,090,011	\$ 200,393	0.2%
<b>Tomate verde</b>	\$ 58,380,241	\$ 2,860,374	0.8%	25.0%	\$ 14,595,060	\$ 715,094	0.8%
<b>Toronja (pomelo)</b>	\$ 42,166,771	\$ 2,065,986	0.6%	5.0%	\$ 2,108,339	\$ 103,299	0.1%
<b>Trigo grano</b>	\$ 617,113	\$ 30,236	0.0%	5.0%	\$ 30,856	\$ 1,512	0.0%
<b>Zanahoria</b>	\$ 1,864,282	\$ 91,342	0.0%	25.0%	\$ 466,071	\$ 22,835	0.0%
<b>Zempoalxochitl</b>	\$ 1,295,000	\$ 63,449	0.0%	5.0%	\$ 64,750	\$ 3,172	0.0%
<b>Total general</b>	\$ 6,993,038,057	\$ 342,628,028	100.0%		\$ 1,846,033,300	\$ 90,447,491	100.0%

Fuente: Elaboración propia con base en Klein et al. (2007), Vergara et al. (2008), Vergara y Badano (2009) y Giannini et al. (2015)



## Anexo 6. Valoración económica de escenarios CONECTA y BAU

### Análisis Costo Beneficio Privado (ACB-P) de las Acciones CONECTA

#### ACB de mantener la actividad de ganadería convencional

Escenario BAU - Económico	Mantener la actividad de ganadería convencional		Número de hectáreas				
		Ameca-Mascota	2	10	15	20	1000
1 hectárea (ha)	VAN	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$
	2022	1,945.3	3,890.6	19,452.9	29,179.4	38,905.9	1,945,292.9
	VAN	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$
	2026	7,781.2	3,890.6	19,452.9	29,179.4	38,905.9	1,945,292.9
1 hectárea	VAN	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$
	2041	36,960.6	73,921.1	369,605.7	554,408.5	739,211.3	36,960,565.3
	Jamapa		2	10	15	20	1000
	VAN	\$	\$	\$	\$	\$	\$
1 hectárea	2022	8,181.5	16,362.9	81,814.7	122,722.1	163,629.4	8,181,472.4
	VAN	\$	\$	\$	\$	\$	\$
	2026	32,725.9	65,451.8	327,258.9	490,888.3	654,517.8	32,725,889.7
	VAN	\$	\$	\$	\$	\$	\$
1 hectárea	2041	155,448.0	310,896.0	1,554,479.8	2,331,719.6	3,108,959.5	155,447,976.0
	Del Carmen		2	10	15	20	1000
	VAN	\$	\$	\$	\$	\$	\$
	2022	441.9	883.7	4,418.5	6,627.8	8,837.1	441,852.7
1 hectárea	VAN	\$	\$	\$	\$	\$	\$
	2026	1,767.4	3,534.8	17,674.1	26,511.2	35,348.2	1,767,410.7
	VAN	\$	\$	\$	\$	\$	\$
	2041	8,395.2	16,790.4	83,952.0	125,928.0	167,904.0	8,395,201.0

Fuente: Elaboración propia.

#### ACB de establecer bancos de proteínas para su enriquecimiento

Acción 1 - Económico	Establecer bancos de proteínas y/o energéticos para su enriquecimiento		Número de hectáreas				
		Ameca-Mascota / Jamapa / Del Carmen	2	10	15	20	1000
1 ha	VAN	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$
	2022	6,875.5	13,751	68,755	103,132	137,509	6,875,455
	VAN	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$	-\$
	2026	2,730.9	5,462	27,309	40,963	54,617	2,730,867
1 ha	VAN	\$	\$	\$	\$	\$	\$
	2041	5,335.3	10,671	53,353	80,030	106,707	5,335,328

Fuente: Elaboración propia.



## ACB manejo silvopastoril y ganadería regenerativa

Acción 2 y 11 - Biofísico y Económico	Manejo silvopastoril en agostaderos forestales - Ganadería regenerativa		Número de hectáreas						
	1 ha	Ameca-Mascota (Sil.)	2	10	15	20	1000		
		VAN 2022	\$ 253.4	\$ 506.7	\$ 2,533.6	\$ 3,800.4	\$ 5,067.1	\$ 253,357.3	
		VAN 2026	\$ 1,013.4	\$ 2,026.9	\$ 10,134.3	\$ 15,201.4	\$ 20,268.6	\$ 1,013,429.1	
		VAN 2041	\$ 4,813.8	\$ 9,627.6	\$ 48,137.9	\$ 72,206.8	\$ 96,275.8	\$ 4,813,788.3	
	1 ha	Jamapa (Sil.)	2	10	15	20	1000		
		VAN 2022	\$ 15,121.0	\$ 30,241.9	\$ 151,209.5	\$ 226,814.3	\$ 302,419.0	\$ 15,120,951.0	
		VAN 2026	\$ 60,483.8	\$ 120,967.6	\$ 604,838.0	\$ 907,257.1	\$ 1,209,676.1	\$ 60,483,803.9	
		VAN 2041	\$ 287,298.1	\$ 574,596.1	\$ 2,872,980.7	\$ 4,309,471.0	\$ 5,745,961.4	\$ 287,298,068.4	
	1 ha	Del Carmen (G.Reg.)	2	10	15	20	1000	1670.4	
VAN 2022		\$ 364.7	\$ 729.4	\$ 3,647.1	\$ 5,470.7	\$ 7,294.3	\$ 364,714.3	\$ 609,233.3	
VAN 2026		\$ 1,458.9	\$ 2,917.7	\$ 14,588.6	\$ 21,882.9	\$ 29,177.1	\$ 1,458,857.1	\$ 2,436,933.2	
VAN 2041		\$ 6,929.6	\$ 13,859.1	\$ 69,295.7	\$ 103,943.6	\$ 138,591.4	\$ 6,929,571.1	\$ 11,575,432.7	

Fuente: Elaboración propia.



## ACB establecer líneas de distribución de agua en los predios

Acción 3 - Económico	Establecer líneas de distribución de agua en los predios		Número de metros			
			100	500	700	1000
1 metro	Acueducto ganadero por bombeo - Ameca-Mascota / Jamapa / Del Carmen					
	VAN 2022	-\$ 16.10	-\$ 1,610	-\$ 8,048	-\$ 11,267	-\$ 16,096
	VAN 2026	-\$ 18.04	-\$ 1,804	-\$ 9,020	-\$ 12,628	-\$ 18,041
	VAN 2041	-\$ 22.04	-\$ 2,204	-\$ 11,022	-\$ 15,430	-\$ 22,043
	Acueducto ganadero por gravedad - Ameca-Mascota / Jamapa / Del Carmen					
	VAN 2022	-\$ 12.28	-\$ 1,228	-\$ 6,140	-\$ 8,596	-\$ 12,280
	VAN 2026	-\$ 13.96	-\$ 1,396	-\$ 6,980	-\$ 9,771	-\$ 13,959
	VAN 2041	-\$ 17.42	-\$ 1,742	-\$ 8,708	-\$ 12,191	-\$ 17,416

Fuente: Elaboración propia.

Acción 4 - Económico	Asesoría técnica y/o implementación de monitoreo de la calidad del agua para consumo animal						
	Ameca-Mascota / Jamapa / Del Carmen						
	Por asesoría	<table border="1"> <thead> <tr> <th>VAN 2022</th> <td>-\$ 28,581.8</td> </tr> <tr> <th>VAN 2026</th> <td>Tabla 5. ACB de asesoría técnica y/o implementación de monitoreo de la calidad del agua para consumo animal.-\$ 99,660.6</td> </tr> <tr> <th>VAN 2041</th> <td>-\$ 239,135.1</td> </tr> </thead> </table>	VAN 2022	-\$ 28,581.8	VAN 2026	Tabla 5. ACB de asesoría técnica y/o implementación de monitoreo de la calidad del agua para consumo animal.-\$ 99,660.6	VAN 2041
VAN 2022	-\$ 28,581.8						
VAN 2026	Tabla 5. ACB de asesoría técnica y/o implementación de monitoreo de la calidad del agua para consumo animal.-\$ 99,660.6						
VAN 2041	-\$ 239,135.1						

Fuente: Elaboración propia.



## ACB asesoría técnica y mejoramiento reproductivo del ganado

Acción 5 - Económico	Asesoría técnica y mejoramiento del manejo reproductivo del ganado		Número de hectáreas					
	1 hectárea	Ameca-Mascota		2	10	15	20	1000
		VAN 2022	\$ 9,294.4	\$ 18,589	\$ 92,944	\$ 139,416	\$ 185,888	\$ 9,294,424.3
		VAN 2026	\$ 40,856.2	\$ 81,712	\$ 408,562	\$ 612,843	\$ 817,124	\$ 40,856,217.4
		VAN 2041	\$ 135,352.9	\$ 270,706	\$ 1,353,529	\$ 2,030,293	\$ 2,707,058	\$ 135,352,890.9
	1 hectárea	Jamapa		2	10	15	20	1000
		VAN 2022	\$ 12,589.1	\$ 25,178	\$ 125,891	\$ 188,836	\$ 251,781	\$ 12,589,050.3
		VAN 2026	\$ 55,338.7	\$ 110,677	\$ 553,387	\$ 830,080	\$ 1,106,773	\$ 55,338,659.2
		VAN 2041	\$ 183,331.9	\$ 366,664	\$ 1,833,319	\$ 2,749,978	\$ 3,666,638	\$ 183,331,888.5
	1 hectárea	Del Carmen		2	10	15	20	1000
VAN 2022		\$ 1,463.1	\$ 2,926	\$ 14,631	\$ 21,947	\$ 29,262	\$ 1,463,108.7	
VAN 2026		\$ 6,431.5	\$ 12,863	\$ 64,315	\$ 96,472	\$ 128,630	\$ 6,431,499.7	
VAN 2041		\$ 21,307.0	\$ 42,614	\$ 213,070	\$ 319,605	\$ 426,139	\$ 21,306,967.0	

Fuente: Elaboración propia.

## ACB de establecer sistemas tradicionales de huertos caseros

Acción 6 - Económico	Establecer sistemas tradicionales de huertos caseros (milpa con frutales, bosque comestible)		
	Ameca-Mascota / Jamapa / Del Carmen		
	Por huerto	VAN 2022	-\$ 805.6
		VAN 2026	\$ 1,678.9
VAN 2041		\$ 6,168.9	

Fuente: Elaboración propia.



## ACB de establecer cercos vivos simples o multiestrato

Acción 7 - Biofísico y Económico	Establecer cercos vivos simples o multiestrato			Número de hectáreas/ Número de metros			
				Ameca-Mascota		Jamapa	
				Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2
				38.32	235.86	83.1	376.68
400	2462	867	3932				
1 metro	VAN 2022	\$ 47.6	\$ 19,039.4	\$ 117,187.7	\$ 41,288.5	\$ 187,154.5	
	VAN 2026	\$ 211.0	\$ 84,398.3	\$ 519,472.5	\$ 183,024.5	\$ 829,623.1	
	VAN 2041	\$ 531.0	\$ 212,411.9	\$ 1,307,397.5	\$ 460,632.3	\$ 2,087,978.0	

Fuente: Elaboración propia.

## ACB reforestar y/o restaurar la vegetación riparia de arroyos y ríos

Acción 8 - Biofísico y Económico	Reforestar y/o restaurar la vegetación riparia de arroyos y ríos excluyendo al ganado o controlando puntos de acceso			Número de hectáreas			
				Ameca-Mascota		Jamapa	
				Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2
				1.66	39.3356	7.55	18.699931
1 hectárea	VAN 2022	-\$ 9,059.8	-\$ 15,039.3	-\$ 356,373.6	-\$ 68,401.7	-\$ 169,418.1	
	VAN 2026	-\$ 9,961.4	-\$ 16,535.9	-\$ 391,837.7	-\$ 75,208.6	-\$ 186,277.5	
	VAN 2041	-\$ 11,817.3	-\$ 19,616.7	-\$ 464,841.2	-\$ 89,220.7	-\$ 220,983.0	

Fuente: Elaboración propia.

## ACB de colocar árboles dispersos en pastizales

Acción 9 - Biofísico y Económico	Colocar árboles dispersos en pastizales			Hectáreas			
				Ameca-Mascota		Jamapa	
				Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2
				3.927	3.927	3.927	3.927
1 hectárea	VAN 2022	\$ 2,918.2	\$ 11,459.7	\$ 11,459.7	\$ 11,459.7	\$ 11,459.7	
	VAN 2026	\$ 19,620.8	\$ 77,050.9	\$ 77,050.9	\$ 77,050.9	\$ 77,050.9	
	VAN 2041	\$ 52,371.2	\$ 205,661.7	\$ 205,661.7	\$ 205,661.7	\$ 205,661.7	

Fuente: Elaboración propia.

## ACB de establecer arbustos al lado de las cercas



Acción 10 - Biofísico y Económico	Establecer arbustos al lado de las cercas			Hectáreas		
				Del Carmen		
			54.4			
	1 hectárea	VAN 2022	-\$	1,172.7	-\$	63,737.7
		VAN 2026	\$	5,356.4	\$	291,120.5
VAN 2041		\$	18,143.8	\$	986,117.9	

## Análisis Costo Beneficio Social (ACB-S) de las Acciones CONECTA

### ACB de las acciones CONECTA con impacto en el SE de almacenamiento - secuestro de carbono de la cuenca Ameca-Mascota

Captura de carbono	2022			ESCENARIO	2026		2041	
					Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2
Toneladas	259,415.16			Sin proyecto	215,314.16		210,125.86	
				Con proyecto	220,941.78	247,652.04	215,752.61	242,462.87
MXN	Mercado	Por ha	Total	ESCENARIOS	Total			
				Sin proyecto	113,511,536.1		110,776,312.9	
	Social	527.2	136,761,158.3	Con proyecto	116,478,360.8	130,559,753	113,742,680.9	127,824,073.2
				Sin proyecto - actualizado	77,529,906.5		18,112,812.4	
				Con proyecto - actualizado	79,556,287.7	89,174,068.1	18,597,837.2	20,900,257.4
				Sin proyecto	610,844,116.1		596,124,951.6	
	Suecia	2,837.0	735,958,227	Con proyecto	626,809,606.9	702,586,359.8	612,087,984.6	687,864,737.5
				Sin proyecto - actualizado	417,214,750.5		97,471,193.1	
				Con proyecto - actualizado	428,119,395.4	479,875,937.3	100,081,276.6	112,471,381.2
				Sin proyecto	65,918,429.8		64,330,030.7	
	California	306.2	79,419,952.6	Con proyecto	67,641,324.5	75,818,671.9	66,052,660.2	74,230,007.6
				Sin proyecto - actualizado	45,023,174.5		10,518,474.1	
				Con proyecto - actualizado	46,199,934.8	51,785,173.1	10,800,137.8	12,137,199.4
				Sin proyecto	21,972,809.9		21,443,343.6	
	México	102.1	26,473,317.5	Con proyecto	22,547,108.2	25,272,890.6	22,017,553.4	24,743,335.9
				Sin proyecto - actualizado	15,007,724.8		3,506,158.0	
				Con proyecto - actualizado	15,399,978.3	17,261,724.4	3,600,045.9	4,045,733.1
				Sin proyecto				

Fuente: Elaboración propia.



**ACB de las acciones CONECTA con impacto en el SE de almacenamiento - secuestro de carbono de la cuenca Jamapa**

Captura de carbono	2022			ESCENARIOS	2026		2041	
					Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2
Toneladas	2,145,151.04			Sin proyecto	1,608,863.28		1,287,090.62	
				Con proyecto	1,625,734.46	1,680,091.65	1,287,090.62	1,287,090.62
MXN	Mercado	Por ha	Total	ESCENARIOS	Total			
	Social	527.2	1,130,902,819.3	Sin proyecto	848,177,114.5		678,541,691.6	
				Con proyecto	857,071,437.2	885,728,021.0	678,541,691.6	678,541,691.6
				Sin proyecto - actualizado	579,316,381.7		110,946,988.7	
				Con proyecto - actualizado	585,391,323.8	604,964,156.1	110,946,988.7	110,946,988.7
	Suecia	2,837.0	6,085,772,043.7	Sin proyecto	4,564,329,032.7		3,651,463,226.2	
				Con proyecto	4,612,192,402.8	4,766,403,210.1	3,651,463,226.2	3,651,463,226.2
				Sin proyecto - actualizado	3,117,498,144.1		597,043,415.7	
				Con proyecto - actualizado	3,150,189,469.9	3,255,517,526.2	597,043,415.7	597,043,415.7
	California	306.2	656,737,990.3	Sin proyecto	492,553,492.7		394,042,794.2	
				Con proyecto	497,718,604.6	514,360,058.6	394,042,794.2	394,042,794.2
				Sin proyecto - actualizado	336,420,663.0		64,429,145.6	
				Con proyecto - actualizado	339,948,503.9	351,314,841.0	64,429,145.6	64,429,145.6
	México	102.1	218,912,663.4	Sin proyecto	164,184,497.6		131,347,598.1	
				Con proyecto	165,906,201.5	171,453,352.9	131,347,598.1	131,347,598.1
				Sin proyecto - actualizado	112,140,221.0		21,476,381.9d	
				Con proyecto - actualizado	113,316,168.0	117,104,947.0	21,476,381.9	21,476,381.9

Fuente: Elaboración propia.



### ACB de las acciones CONECTA con impacto en el SE de almacenamiento - secuestro de carbono de la cuenca del Carmen

Captura de carbono	2022			ESCENARIOS	2026	2041
Toneladas	208,772.2			Sin proyecto	208,772.18	
				Con proyecto	273,491.56	
MXN	Mercado	Por hectárea	Total	ESCENARIOS	Total	
	Social	527.2	110,062,668.0	Sin proyecto	110,062,668.0	110,062,668.0
				Con proyecto	144,182,095.1	144,182,095.1
				Sin proyecto - actualizado	75,174,283.2	17,996,125.7
				Con proyecto - actualizado	98,478,311.0	23,574,924.7
	Suecia	2,837.0	592,284,585.8	Sin proyecto	592,284,585.8	592,284,585.8
				Con proyecto	775,892,807.4	775,892,807.4
				Sin proyecto - actualizado	404,538,341.5	96,843,262.6
				Con proyecto - actualizado	529,945,227.4	126,864,674.0
	California	306.2	63,915,602.8	Sin proyecto	63,915,602.8	63,915,602.8
				Con proyecto	83,729,439.7	83,729,439.7
				Sin proyecto - actualizado	43,655,216.7	10,450,711.8
				Con proyecto - actualizado	57,188,333.9	13,690,432.5
	México	102.1	21,305,200.9	Sin proyecto	21,305,200.9	21,305,200.9
				Con proyecto	27,909,813.2	27,909,813.2
				Sin proyecto - actualizado	14,551,738.9	3,483,570.6
Con proyecto - actualizado				19,062,778.0	4,563,477.5	

Fuente: Elaboración propia.



### ACB de las Acciones CONECTA con impacto en el SE de conectividad de la cuenca Ameca-Mascota

Conectividad	2022	ESCENARIOS	2026		2041	
			Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2
dpc	0.07	Sin proyecto	0.06		0.06	
		Con proyecto	0.08	0.18	0.08	0.18
MXN total	260,411.5	Sin proyecto	190,368.2		185,781.0	
		Con proyecto	248,555.1	446,241.3	242,717.4	436,891.0
		Sin proyecto - actualizado	130,024.0		30,376.7	
		Con proyecto - actualizado	169,766.5	304,788.8	39,686.2	71,435.2

Fuente: Elaboración propia.

### ACB de las Acciones CONECTA con impacto en el SE de conectividad de la cuenca Jamapa

Conectividad	2022	ESCENARIOS	2026		2041	
			Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2
dpc	0.19	Sin proyecto	0.11		0.12	
		Con proyecto	0.12	0.15	0.17	0.19
MXN total	1,508,749	Sin proyecto	996,633.0		797,306.4	
		Con proyecto	1,281,412.0	2,031,147.0	1,014,491.2	1,624,917.6
		Sin proyecto - actualizado	680,713.7		130,366.0	
		Con proyecto - actualizado	875,221.6	1,387,300.8	165,877.4	265,687.0

Fuente: Elaboración propia.



## Análisis de Sensibilidad del Análisis Costo Beneficio Privado (ACB-P) y Social (ACB-S)

### Sensibilidad del ACB privado de la acción CONECTA: establecer líneas de distribución de agua en los predios

Acción 3 - Económico	Establecer líneas de distribución de agua en los predios	Tasa de Interés		
		6%	9%	10%
		Número de metros		
	Acueducto ganadero por bombeo - Ameca-Mascota / Jamapa / Del Carmen	1000	1000	1000
	VAN 2022	-\$ 16,096	-\$ 16,096	-\$ 16,096
	VAN 2026	-\$ 16,269	-\$ 17,695	-\$ 18,041
	VAN 2041	-\$ 19,992	-\$ 21,460	-\$ 22,043
	Acueducto ganadero por gravedad - Ameca-Mascota / Jamapa / Del Carmen	1000	1000	1000
	VAN 2022	-\$ 12,280	-\$ 12,280	-\$ 12,280
	VAN 2026	-\$ 11,757	-\$ 13,006	-\$ 13,959
	VAN 2041	-\$ 15,498	-\$ 17,275	-\$ 17,416

Fuente: Elaboración propia

### Sensibilidad del ACB privado de la acción CONECTA: asesoría técnica y/o implementación de monitoreo de calidad de agua



Acción 4 - Económico	Asesoría técnica y/o implementación de monitoreo de la calidad del agua para consumo animal		Tasa de Interés		
	Ameca-Mascota / Jamapa / Del Carmen		6%	9%	10%
	Por asesoría	VAN 2022	-\$ 28,581.8	-\$ 28,581.8	-\$ 28,581.8
	VAN 2026	-\$ 97,342.9	\$ 98,856.8	-\$ 99,660.6	
	VAN 2041	-\$ 235,353.1	-\$ 238,428.0	-\$ 239,135.1	

Fuente: Elaboración propia.

### Sensibilidad del ACB privado de la acción CONECTA: asesoría técnica y mejoramiento del manejo reproductivo del ganado

Acción 5 - Económico	Asesoría técnica y mejoramiento del manejo reproductivo del ganado	Tasa de Interés		
		6%	9%	10%
		Hectáreas		



Ameca-Mascota		20	20	20
	<b>VAN 2022</b>	\$ 185,888	\$ 185,888	\$ 185,888
	<b>VAN 2026</b>	\$ 1,150,468	\$ 836,397	\$ 817,124
	<b>VAN 2041</b>	\$ 4,540,799	\$ 2,891,671	\$ 2,707,058
Jamapa		20	20	20
	<b>VAN 2022</b>	\$ 251,781	\$ 251,781	\$ 251,781
	<b>VAN 2026</b>	\$ 1,356,161	\$ 1,132,878	\$ 1,106,773
	<b>VAN 2041</b>	\$ 5,368,905	\$ 3,916,691	\$ 3,666,638
Del Carmen		20	20	20
	<b>VAN 2022</b>	\$ 29,262	\$ 29,262	\$ 29,262
	<b>VAN 2026</b>	\$ 141,476	\$ 131,664	\$ 128,630
	<b>VAN 2041</b>	\$ 561,582	\$ 455,201	\$ 426,139

Fuente: Elaboración propia.

### Sensibilidad del ACB privado de la acción CONECTA: establecimiento de huertos caseros

Acción 6 - Económico	Establecer sistemas tradicionales de huertos caseros (milpa con frutales, bosque comestible)		Tasa de Interés		
	Ameca-Mascota / Jamapa / Del Carmen		6%	9%	10%
	Por huerto	VAN 2022	-\$ 805.6	-\$ 805.6	-\$ 805.6
	VAN 2026	\$ 2,003.4	\$ 1,755.7	\$ 1,678.9	
	VAN 2041	\$ 8,344.4	\$ 6,638.5	\$ 6,168.9	

Fuente: Elaboración propia.

### Sensibilidad del ACB privado de la acción CONECTA: establecimiento de cercos vivos simples

Estable	Tasa de Interés
---------	-----------------



cer cercos vivos simples o multies trato	6%				9%				10%			
	Ameca-Mascota		Jamapa		Ameca-Mascota		Jamapa		Ameca-Mascota		Jamapa	
	Perspe ctiva 1	Perspec tiva 2	Perspe ctiva 1	Perspec tiva 2	Perspe ctiva 1	Perspec tiva 2	Perspe ctiva 1	Perspec tiva 2	Perspe ctiva 1	Perspec tiva 2	Perspe ctiva 1	Perspec tiva 2
	Número de hectáreas / Número de metros											
	38.32	235.86	83.1	376.68	38.32	235.86	83.1	376.68	38.32	235.86	83.1	376.68
	400	2462	867	3932	400	2462	867	3932	400	2462	867	3932
<b>VAN 2022</b>	\$ 19,039.4	\$ 117,187.7	\$ 41,288.5	\$ 187,154.5	\$ 19,039.4	\$ 117,187.7	\$ 41,288.5	\$ 187,154.5	\$ 19,039.4	\$ 117,187.7	\$ 41,288.5	\$ 187,154.5
<b>VAN 2026</b>	\$ 92,965.9	\$ 572,206. 0	\$ 201,604 .0	\$ 913,841.1	\$ 86,425. 5	\$ 531,949. 9	\$ 187,420 .6	\$ 849,550. 0	\$ 84,398. 3	\$ 519,472. 5	\$ 183,024. 5	\$ 829,623.1
<b>VAN 2041</b>	\$ 273,127. 8	\$ 1,681,104 .5	\$ 592,299 .6	\$ 2,684,80 6.3	\$ 225,522. 0	\$ 1,388,09 0.0	\$ 489,06 2.5	\$ 2,216,84 7.9	\$ 212,411. 9	\$ 1,307,39 7.5	\$ 460,632 .3	\$ 2,087,97 8.0

Fuente: Elaboración propia.



## Sensibilidad del ACB privado de la acción CONECTA: reforestación de vegetación riparia de arroyos y ríos

Acción 8 - Biofísico y Económico	Reforestar y/o restaurar la vegetación riparia de arroyos y ríos excluyendo al ganado o controlando puntos de acceso	Tasa de Interés											
		6%				9%				10%			
		Ameca-Mascota		Jamapa		Ameca-Mascota		Jamapa		Ameca-Mascota		Jamapa	
		Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2
		Número de hectáreas											
		1.66	39.3356	7.55	18.699931	1.66	39.3356	7.55	18.699931	1.66	39.3356	7.55	18.699931
<b>VAN 2022</b>	-\$ 15,039.3	-\$ 356,373.6	-\$ 68,401.7	-\$ 169,418.1	-\$ 15,039.3	-\$ 356,373.6	-\$ 68,401.7	-\$ 169,418.1	-\$ 15,039.3	-\$ 356,373.6	-\$ 68,401.7	-\$ 169,418.1	
<b>VAN 2026</b>	-\$ 14,711.8	-\$ 394,005.9	-\$ 74,008.6	-\$ 186,259.1	-\$ 15,577.5	-\$ 391,822.8	-\$ 74,397.7	-\$ 185,745.8	-\$ 16,535.9	-\$ 391,837.7	-\$ 75,208.6	-\$ 186,277.5	
<b>VAN 2041</b>	-\$ 17,116.3	-\$ 461,375.6	-\$ 83,041.1	-\$ 215,875.8	-\$ 19,437.5	-\$ 463,442.8	-\$ 88,679.8	-\$ 219,596.7	-\$ 19,616.7	-\$ 464,841.2	-\$ 89,220.7	-\$ 220,983.0	

Fuente: Elaboración propia.



**Sensibilidad del ACB privado de la acción CONECTA: colocar árboles dispersos en pastizales**

Acción 9 - Biofísico y Económico	Colocar árboles dispersos en pastizales	Tasa de Interés											
		6%				9%				10%			
		Ameca-Mascota		Jamapa		Ameca-Mascota		Jamapa		Ameca-Mascota		Jamapa	
		Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2	Perspectiva 1	Perspectiva 2
		Hectáreas											
		3.927	3.927	3.927	3.927	3.927	3.927	3.927	3.927	3.927	3.927	3.927	3.927
<b>VAN 2022</b>	\$ 12,470.1	\$ 12,470.1	\$ 12,470.1	\$ 12,470.1	\$ 11,705.3	\$ 11,705.3	\$ 11,705.3	\$ 11,705.3	\$ 11,459.7	\$ 11,459.7	\$ 11,459.7	\$ 11,459.7	
<b>VAN 2026</b>	\$ 85,629.6	\$ 85,629.6	\$ 85,629.6	\$ 85,629.6	\$ 79,080.6	\$ 79,080.6	\$ 79,080.6	\$ 79,080.6	\$ 77,050.9	\$ 77,050.9	\$ 77,050.9	\$ 77,050.9	
<b>VAN 2041</b>	\$ 266,697.4	\$ 266,697.4	\$ 266,697.4	\$ 266,697.4	\$ 218,838.0	\$ 218,838.0	\$ 218,838.0	\$ 218,838.0	\$ 205,661.7	\$ 205,661.7	\$ 205,661.7	\$ 205,661.7	

Fuente: Elaboración propia.

**Sensibilidad del ACB privado de la acción CONECTA: establecer arbustos al lado de las cercas**

Acción 10 - Biofísico y Económico	Establecer arbustos al lado de las cercas / Cuenca del Carmen	Tasa de Interés		
		6%	9%	10%
		Hectáreas		
		54.4	54.4	54.4
<b>VAN 2022</b>	-\$ 63,737.7	-\$ 63,737.7	-\$ 63,737.7	
<b>VAN 2026</b>	\$ 337,642.0	\$ 302,128.1	\$ 291,120.5	
<b>VAN 2041</b>	\$ 1,315,740.5	\$ 1,057,292.2	\$ 986,117.9	

Fuente: Elaboración propia.



## Análisis de sensibilidad del ACB Social de las acciones CONECTA

## Sensibilidad del ACB de las acciones CONECTA con impacto en el SE de almacenamiento-secuestro de carbono de la cuenca Ameca-Mascota

Sensibilidad	2022	Tasa 6%				Tasa 9%				Tasa 10%			
		2026		2041		2026		2041		2026		2041	
		Perspect iva 1	Perspect iva 2										
Social	Sin proyecto actualizado	89,911,768		36,613,013		80,414,434		21,544,849		77,529,907		18,112,812	
	Con proyecto actualizado	92,261,771	103,415,553	37,593,436	42,247,519	82,516,207	92,491,821	22,121,776	24,860,462	79,556,288	89,174,068	18,597,837	20,900,257
Suecia	Sin proyecto actualizado	483,845,754		197,027,052		432,737,372		115,940,145		417,214,750		97,471,193	
	Con proyecto actualizado	496,491,918	556,514,203	202,303,042	227,348,245	444,047,728	497,729,890	119,044,790	133,782,586	428,119,395	479,875,937	100,081,277	112,471,381
California	Sin proyecto actualizado	52,213,571		21,261,912		46,698,278		12,511,526		45,023,175		10,518,474	
	Con proyecto actualizado	53,578,264	60,055,490	21,831,264	24,533,983	47,918,820	53,711,859	12,846,560	14,436,970	46,199,935	51,785,173	10,800,138	12,137,199
México	Sin proyecto actualizado	17,404,524		7,087,304		15,566,093		4,170,509		15,007,725		3,506,158	
	Con proyecto actualizado	17,859,421	20,018,497	7,277,088	8,177,994	15,972,940	17,903,953	4,282,187	4,812,323	15,399,978	17,261,724	3,600,046	4,045,733



### Sensibilidad del ACB de las acciones CONECTA con impacto en el SE de almacenamiento-secuestro de carbono de la cuenca Jamapa

Sensibilidad		2022	Tasa 6%				Tasa 9%				Tasa 10%			
			2026		2041		2026		2041		2026		2041	
			Perspectiva 1	Perspectiva 2										
Social	Sin proyecto - actualizado	1,130,902,819.3	671,835,718		224,266,857		600,870,051		131,969,350		579,316,382		110,946,989	
	Con proyecto - actualizado		678,880,854	701,579,553	224,266,857	224,266,857	607,171,014	627,472,060	131,969,350	131,969,350	585,391,324	604,964,156	110,946,989	110,946,989
Suecia	Sin proyecto - actualizado	6,085,772,043.7	3,615,376,104		1,206,856,104		3,233,485,758		710,171,877		3,117,498,144		597,043,416	
	Con proyecto - actualizado		3,653,288,376	3,775,437,779	1,206,856,104	1,206,856,104	3,267,393,376	3,376,640,200	710,171,877	710,171,877	3,150,189,470	3,255,517,526	597,043,416	597,043,416
California	Sin proyecto - actualizado	656,737,990.3	390,148,500		130,236,270		348,937,312		76,637,253		336,420,663		64,429,146	
	Con proyecto - actualizado		394,239,753	407,421,343	130,236,270	130,236,270	352,596,408	364,385,633	76,637,253	76,637,253	339,948,504	351,314,841	64,429,146	64,429,146
México	Sin proyecto - actualizado	218,912,663.4	130,049,500		43,412,090		116,312,437		25,545,751		112,140,221		21,476,382	
	Con proyecto - actualizado		131,413,251	135,807,114	43,412,090	43,412,090	117,532,136	121,461,878	25,545,751	25,545,751	113,316,168	117,104,947	21,476,382	21,476,382

Fuente: Elaboración propia.



**Sensibilidad del ACB de las acciones CONECTA con impacto en el SE de almacenamiento-secuestro de carbono de la cuenca del Carmen**

Sensibilidad		2022	Tasa 6%		Tasa 9%		Tasa 10%	
			2026	2041	2026	2041	2026	2041
Social	Sin proyecto - actualizado	110,062,668.0	87,179,942	36,377,144	77,971,169	21,406,052	75,174,283	17,996,126
	Con proyecto - actualizado		114,205,724	47,654,058	102,142,231	28,041,928	98,478,311	23,574,925
Suecia	Sin proyecto - actualizado	592,284,585.8	469,144,867	195,757,762	419,589,333	115,193,234	404,538,342	96,843,263
	Con proyecto - actualizado		614,579,776	256,442,668	549,662,026	150,903,136	529,945,227	126,864,674
California	Sin proyecto - actualizado	63,915,602.8	50,627,144	21,124,938	45,279,424	12,430,924	43,655,217	10,450,712
	Con proyecto - actualizado		66,321,559	27,673,669	59,316,046	16,284,511	57,188,334	13,690,432
México	Sin proyecto - actualizado	21,305,200.9	16,875,715	7,041,646	15,093,141	4,143,641	14,551,739	3,483,571
	Con proyecto - actualizado		22,107,186	9,224,556	19,772,015	5,428,170	19,062,778	4,563,477

**Fuente:** Elaboración propia.



## Sensibilidad del ACB de las acciones CONECTA con impacto en el SE de conectividad de la cuenca Ameca-Mascota

Sensibilidad		2022	Tasa 6%				Tasa 9%				Tasa 10%			
			2026		2041		2026		2041		2026		2041	
			Perspe ctiva 1	Perspe ctiva 2										
Conect ividad	Sin proyecto - actualizado	260,	150,789		61,403		134,862		36,132		130,024		30,377	
	Con proyecto - actualizado	411.5	196,87 9	353,46 5	80,221	144,39 8	176,08 3	316,129	47,206	84,971	169,76 6	304,78 9	39,686	71,435

Fuente: Elaboración propia.

## Sensibilidad del ACB de las acciones CONECTA con impacto en el SE de conectividad de la cuenca Jamapa

Sensibilidad		2022	Tasa 6%				Tasa 9%				Tasa 10%			
			2026		2041		2026		2041		2026		2041	
			Perspe ctiva 1	Perspe ctiva 2										
Conect ividad	Sin proyecto - actualizado	1,508,	789,427		263,520		706,040		155,068		680,714		130,366	
	Con proyecto - actualizado	749.0	1,014,9 98	1,608,8 59	335,30 3	537,05 6	907,78 5	1,438,9 16	197,30 8	316,03 0	875,22 2	1,387,3 01	165,87 7	265,68 7

Fuente: Elaboración propia.





# MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



# INECC

INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA Y  
CAMBIO CLIMÁTICO