

Valoración de Servicios Ecosistémicos del Parque Nacional Iztaccíhuatl–Popocatepetl

El presente documento fue elaborado en el marco del Proyecto de *Valoración de los Servicios Ecosistémicos de Áreas Naturales Protegidas Federales de México: una herramienta innovadora para el financiamiento de biodiversidad y cambio climático (EcoValor Mx)*, que implementa la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por conducto de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH* por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB), al amparo del Convenio de Cooperación Técnica entre el Gobierno de la República Federal de Alemania y el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, y su Acuerdo de Enmienda. El proyecto forma parte de la Iniciativa Internacional de Clima (IKI). El Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) apoya la Iniciativa por una decisión del Parlamento Alemán.

La coordinación y revisión técnica de este documento se realizó conjuntamente entre la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) y Conservación Estratégica (CSF) con la participación de:

Alejandro Del Mazo Maza
Comisionado Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Laura Martínez Pepin Lehalleur
Directora General de Desarrollo Institucional y Promoción – CONANP

Andreas Gettkant
Director del Proyecto EcoValor Mx – GIZ México

**Amado Fernández Islas, Daniel Sánchez Velásquez,
Gisela Bernabé Martínez, Ivana Fernández Stohanzlova**
(CONANP)

**Talia Cruz Castañeda, Alonso Martínez Caballero, Lucía Ruiz
Bustos, Anayeli Cabrera Murrieta, Octavio Tolentino Arévalo**
(Proyecto PNUD Sinergia)

**Lizzeth Moreno Islas, Celia Piguero Wirz, Silvia Ullrich,
Federico Starnfeld, Marina Kosmus y María Fernanda
Contreras del Valle**
(GIZ)

**Aaron Bruner, Ángela Mojica, José Alberto Lara,
Cecilia Simón, Felipe Vásquez**
(Conservación Estratégica)

Trabajo editorial a cargo de:

**Wendy González Montes de Oca, Nashieli González Pacheco,
Armando Rodríguez Briseño y Concepción Velazco Samperio**

La *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH* es una empresa federal que opera en todo el mundo. Asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania en su labor para alcanzar sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sustentable; así mismo, actúa a nivel mundial en el ámbito educativo internacional. Las opiniones expresadas en el documento no reflejan necesariamente la opinión de los financiadores.

PARA CITAR:

CONANP-GIZ. 2017. *Valoración de los Servicios Ecosistémicos del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl*. Ciudad de México. Proyecto de Valoración de Servicios Ecosistémicos de Áreas Naturales Protegidas Federales de México: una herramienta innovadora para el financiamiento de biodiversidad y cambio climático (EcoValor MX).

Ciudad de México, 2017



Contenido

Acrónimos y abreviaciones.....	5	5.5. Productos forestales no maderables.....	67
Agradecimientos.....	6	5.5.1. Enfoque metodológico	67
Prólogo.....	7	5.5.2. Resultados.....	69
Resumen ejecutivo.....	9	5.6. Actividades económicas	70
1. Introducción.....	16	5.6.1. Enfoque metodológico	70
2. Área de estudio.....	21	5.6.2. Resultados.....	73
3. Selección de servicios ecosistémicos a valorar.....	23	5.7. Resultados totales	77
3.1. Conceptos generales.....	23	6. Discusión y recomendaciones.....	79
3.2 Selección de servicios ecosistémicos a valorar.....	26	7. Bibliografía	84
4. Valoración económica de la recreación.....	31	ANEXO 1. Encuesta de Recreación Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl	93
4.1. Enfoque metodológico.....	31	ANEXO 2. Metodología para la generación de los escenarios.....	96
4.1.1. Recolección de datos primarios.....	34	ANEXO 3. Actividades y tipos de vegetación considerados en el escenario optimista	98
4.1.2. Resultados	35	ANEXO 4. Insumos para el modelo de control de la erosión.....	99
5. Análisis costo-beneficio.....	42	ANEXO 5. Insumos para el modelo de infiltración hídrica.....	102
5.1 Descripción de los escenarios para el análisis	42	ANEXO 6. Tablas de costos y beneficios.....	104
5.2. Almacenamiento de carbono	53	ANEXO 7. Identificación de los SE que provee el ANP.....	106
5.2.1. Enfoque metodológico	53		
5.2.2. Resultados	55		
5.3. Control de la erosión.....	58		
5.3.1. Enfoque metodológico	58		
5.3.2. Resultados	60		
5.4. Infiltración hídrica.....	63		
5.4.1. Enfoque metodológico	63		
5.4.2. Resultados.....	64		

**INSTRUMENTOS
DE FINANCIAMIENTO**

**DESARROLLO
DE CAPACIDADES**



TRANSVERSALIDAD

**CONOCIMIENTO
Y METODOLOGÍAS**

**COMUNICACIÓN
Y DIFUSIÓN**



Acrónimos y abreviaciones

ACB - Análisis costo-beneficio

ANP - Área natural protegida

BMUB - Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear

CONABIO - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CONAFOR - Comisión Nacional Forestal

CONANP - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

ENIGH - Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (México)

GIZ - Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)

ha - Hectárea

HRU - Unidad de respuesta hidrológica

INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía

INPC - índice nacional de precios al consumidor

kg - Kilogramo

km² - Kilómetro cuadrado

m - Metros

MEA - Millennium Ecosystem Assessment

MED - Modelo de elevación digital

MCV - Método de costo de viaje

mm - Milímetros

PFNM - Productos forestales no maderables

PNIP - Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl

PROFEPA - Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

REDD+ - Reducción de emisiones por deforestación y degradación, así como el aumento en la gestión sostenible de los bosques

SAGARPA - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SHCP - Secretaría de Hacienda y Crédito Público

SDR - Sediment Delivery Ratio

SE - servicios ecosistémicos

SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SSP - Sistema silvopastoril

SWAT - *Soil and water assessment tool*
ton - Tonelada

UNESCO - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

USDA - Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

USLE - Ecuación universal de pérdida de suelos

USV - Matriz de usos de suelo y vegetación

VET - Valor económico total

VPN - Valor presente neto

Agradecimientos

El Proyecto EcoValor Mx desea agradecer al personal del Área Natural Protegida (ANP) Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, en especial a Gloria Tavera (Directora Regional del Centro y Eje Neovolcánico), Amado Fernández (Director del ANP), Miguel Ángel Rodríguez, Agustín Tagle, Raymundo Omar Maldonado Pérez, Gisela Bernabé Martínez (Jefa del Departamento de Educación para la Conservación), y a todo el equipo de guardaparques por su gran disposición a compartir su conocimiento y perspectivas durante todo el proceso de esta investigación.

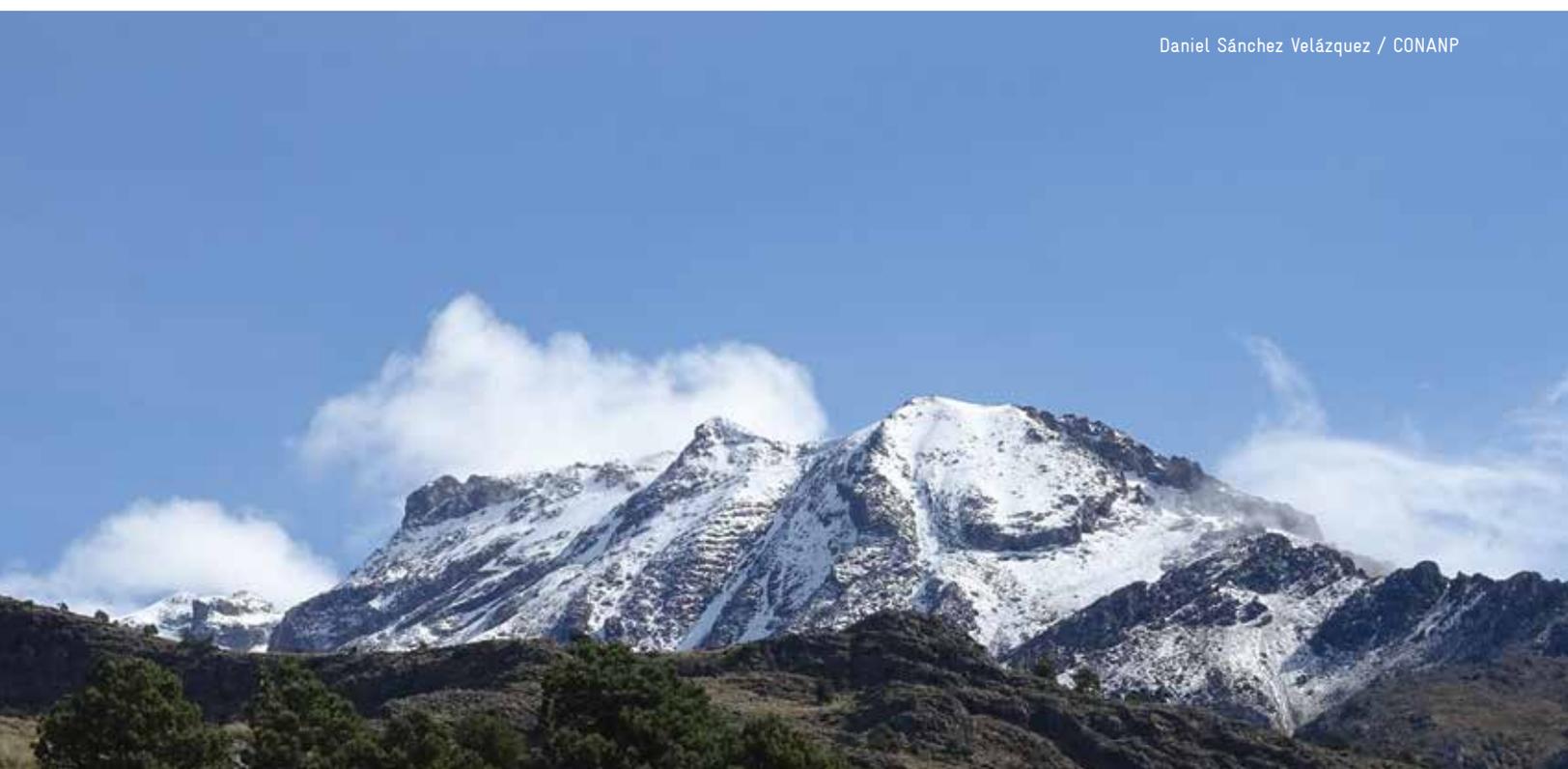
Al Subconsejo Académico, en especial al Dr. Gerardo Cruz, por su disposición a colaborar con este estudio.

A los estudiantes Samuel Caballero Padrón y César Eduardo Villeda Elizalde, de la Universidad Iberoamericana, por el apoyo brindado para la recopilación de información en campo.

A Karen Hernández, Nicandro Aguilar Martínez, Leoncio Tlaltenco Meléndez, Bartolomé Flores Prado, Gregorio de la Cruz Morales y a Rafael Parrilla, pobladores de la zona, que muy amablemente nos compartieron su visión y perspectivas relacionadas con el uso y manejo de los recursos naturales de la región.

A Alfonso Malky y a Cristian Vallejo de Conservación Estratégica por todo su apoyo en la fase de diseño, análisis y redacción de este estudio.





Prólogo

Las áreas naturales protegidas competencia de la Federación tienen por misión conservar los ecosistemas más representativos del país y su biodiversidad, fomentando el desarrollo sustentable de las comunidades asentadas en su entorno. Más allá de su importancia para las comunidades y usuarios locales, su riqueza biológica y cultural, las áreas naturales protegidas son generadoras de beneficios que rebasan todas las fronteras y favorecen el bienestar humano. A estos beneficios se los denomina *servicios ecosistémicos*, y son el sustento para garantizar la calidad de vida de la sociedad y los insumos esenciales para el de-

sarrollo productivo del país. Algunos de estos servicios son la provisión de alimentos, fibras e insumos para la producción, procesos de regulación del clima, el control natural de plagas, la protección contra eventos climáticos, la belleza escénica y el ciclo de nutrientes, entre muchos otros.

Conscientes de la dificultad de visibilizar la importancia de estos servicios, desde 2013, en un esfuerzo de cooperación técnica entre los gobiernos de México y Alemania, surge el Proyecto Valoración de Servicios Ecosistémicos en Áreas Naturales Protegidas Federales en México: una herramienta innovadora para el

financiamiento de biodiversidad y cambio climático. Este proyecto, implementado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear de Alemania, representa una iniciativa pionera que busca valorar y difundir la importancia de las áreas naturales protegidas a nivel nacional y su contribución global.

En este contexto, y ante la necesidad de contar con datos y valores propios generados en las áreas naturales protegidas, decidimos desarrollar estudios de valoración de los servicios ecosistémicos de tres de ellas. Estamos orgullosos de este informe, que no sólo incluye la selección de las metodologías y modelos econométricos, sino que también resume largas sesiones de trabajo, talleres de análisis, visitas de campo, revisiones documentales y reuniones con actores clave, entrevistas y encuestas que se realizaron con la participación de personal de las áreas naturales protegidas, de Oficinas Centrales y Regionales de nuestra institución y de asesores de la GIZ que participan en los Proyectos EcoValor Mx y ValuES.

Desde un principio, el proyecto decidió impulsar estos análisis en un formato participativo, que incluyera

las reflexiones y necesidades de información orientadas a la toma de decisiones y considerando la agenda de colaboración con otras instancias del gobierno federal y de los gobiernos estatales y locales, representantes de comunidades locales y científicos. Estos análisis contribuirán sin duda a visibilizar la aportación de las áreas naturales protegidas al desarrollo sustentable de México.

En particular, la presente publicación se enfoca en una de las áreas naturales protegidas piloto, el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl. Esta área natural protegida destaca por ser emblemática desde su creación hace más de 80 años y por su importancia social, ecológica y económica para los estados de Puebla, Morelos y el Estado de México.

El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl fábrica de agua y lugar de montañas icónicas. Forma parte de la Reserva de la Biosfera Los Volcanes, designada como tal desde 2010 por el Programa del Hombre y la Biosfera (MaB) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

Con esta publicación esperamos aportar una nueva luz sobre el valor de esta área natural protegida, joya del patrimonio natural de los mexicanos y verdadera inversión para las futuras generaciones.



Resumen ejecutivo

Las áreas naturales protegidas (ANP) en México representan la estrategia más importante del país para lograr la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos (SE). La valoración económica de estos servicios permite asignarles valores económicos, revelando información sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas para el bienestar humano, con el fin de promover una toma de decisiones informada sobre el uso y manejo sostenible de los recursos naturales de estas áreas.

El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, localizado entre los estados de México, Puebla y Morelos y con una superficie de 39,819.086 hectáreas, está ubicado en una región de alta diversidad ecosistémica que provee importantes servicios ecosistémicos a la sociedad. Entre éstos se encuentran valores de provisión (p. ej., productos forestales no maderables), valores de regulación y mantenimiento (p. ej., servicios hidrológicos, captura de carbono, control de la erosión, polinización y dispersión de semillas) y valores culturales (recreativos, científicos, educacionales, estéticos y de existencia).

El Parque Nacional también enfrenta varias amenazas, como la degradación



a pequeña escala de los ecosistemas dentro del polígono del área protegida por perturbaciones causadas por la extracción forestal y un presupuesto insuficiente para su efectivo manejo. Fuera del Parque Nacional, las principales amenazas están relacionadas con la degradación y cambio de uso de suelo, a consecuencia de la implementación de actividades agrícolas y pecuarias no sostenibles, el crecimiento urbano y la intensificación del uso y tala ilegal del bosque. A su vez, en la región hay una falta de coordinación entre las políticas y programas de diferentes secretarías y gobiernos locales, lo que limita la implementación de planes de desarrollo rural sostenible.



El presente estudio busca generar información relevante y argumentos sólidos que sirvan a los tomadores de decisiones para promover un manejo sostenible de los ecosistemas del Parque Nacional y de la región aledaña. Para ello, se realizaron dos ejercicios de valoración: primero, se cuantificó la derrama económica local de la actividad de recreación dentro del Parque Nacional y, segundo, se llevó a cabo un análisis costo-beneficio para el Parque Nacional y la región adyacente, en el cual se contabilizaron varios servicios ecosistémicos.

Como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) está piloteando en el Parque Nacional el estudio de los valores económicos del Sistema de Áreas Naturales Protegidas, se espera también que los resultados de este estudio generen lecciones aprendidas y capacidades



Se valoró la contribución del turismo del Parque a la economía local

para otras ANP a nivel federal y que, a su vez, los resultados sirvan a niveles estatal y regional.

El valor de recreación se calculó utilizando el método de costo de viaje, un enfoque de preferencias reveladas, que permitió obtener el valor económico actual del servicio ecosistémico. Para la aplicación de este método se recopilaron 346 encuestas *in situ* a visitantes del Parque Nacional. El resultado sugiere que el servicio de recreación del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl genera un valor para la economía local de 9.2 millones de pesos (USD 0.51 millones) al año.



Almacenamiento
de carbono



Infiltración
hídrica



Control de
la erosión



Provisión de productos
forestales no maderables

Para el análisis costo-beneficio se cuantificó el valor de cuatro servicios ecosistémicos (almacenamiento de carbono, control de la erosión, infiltración hídrica y la provisión de productos forestales no maderables) y tres actividades productivas (agricultura, ganadería, y silvicultura) bajo diferentes trayectorias de desarrollo y manejo que incluyen: 1) un escenario tendencial (*business as usual*), 2) un escenario en donde hay modificaciones positivas en las políticas y decisiones privadas (escenario optimista) y 3) un escenario en donde hay modificaciones negativas (escenario pesimista). El plazo de análisis fue de 10 años. El área de estudio incluye el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, el polígono de la Reserva de la Biosfera los Volcanes, designada por UNESCO, y un radio de 10 km circundante al polígono del Parque Nacional. Para los cálculos se distingue el Parque

Nacional del resto del área de estudio (zona circundante de 10 km).

El valor del almacenamiento de carbono se calculó a través del módulo Carbon, de la plataforma INVEST, considerando un mercado voluntario para el aumento de *stocks* de carbono y deforestación evitada por tonelada de dióxido de carbono equivalente. Se observa que en el escenario optimista se podría tener un ingreso potencial de 154.9 millones de pesos (USD 8.5 millones) al año en la zona de estudio y de 6.3 millones de pesos (USD 0.35 millones) al año para el Parque Nacional, que proviene de incrementar el *stock* de carbono por tener mayor cobertura de bosque, pero también porque se estaría evitando la deforestación que ocurriría en el escenario tendencial. En un escenario pesimista se tendría una pérdida de 72.2 millones de pesos

(USD 3.9 millones) al año para la zona de estudio y de 30.2 millones de pesos (USD 1.66 millones) al año en el Parque Nacional en comparación con el escenario tendencial.

El valor del control de la erosión se modeló utilizando el módulo Sediment Delivery Ratio (SDR) de la plataforma InVEST, considerando un enfoque de costo de reemplazo (en este caso, la construcción de gaviones) para asignar un valor económico a este servicio. Si continúan las tendencias actuales se generarían costos económicos para la sociedad de 473 mil pesos (USD 26 mil) al año, y si aumenta la deforestación, los costos podrían alcanzar hasta 1.3 millones de pesos (USD 72 mil) al año. Por el contrario, si se toman medidas que resulten en una mayor cobertura forestal, se generaría un ahorro a la sociedad de 473 mil pesos (USD 26 mil) al año.

Para obtener el valor de la infiltración hídrica se utilizó el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool). El estudio arroja que actualmente el valor económico de este servicio provisto por el Parque Nacional es de 199 millones de pesos (USD 11 millones) al año y de 1,168 millones de pesos (USD 64 millones) en toda la zona de estudio. Si se detiene la deforestación y se aumenta la cobertura vegetal, este valor económico puede verse incrementado en 41 mi-

llones de pesos (USD 2.3 millones) al año para el Parque Nacional y en 211 millones de pesos (USD 11 millones) al año para la zona de estudio.

El valor de los productos forestales no maderables se calculó utilizando información de la literatura para dos productos, leña y hongos. Los resultados indican que el valor actual de la extracción de leña es de 26.9 millones de pesos (USD 1.5 millones) al año, mientras que el valor de los



hongos se estimó en 6.8 millones de pesos (USD 375 mil) al año. En el escenario optimista, la producción de estos productos podría generar un valor adicional de 11.8 millones de pesos (USD 650 mil) al año (un incremento de 37%).

Por otro lado, el análisis de las actividades productivas sugiere que, en un escenario optimista, donde hay una reconversión de 3,125 hectáreas de agricultura de temporal a milpa mejorada y de 14,315 hectáreas de ganadería extensiva a sistemas silvopastoriles, se tendría un beneficio neto de 41.8 millones de pesos (USD 2.3 millones) al año que serían recibidos por los pobladores locales, de los cuales 28.1 millones de pesos se derivan de la agricultura y 13.8 millones se deriva de actividades pecuarias. Respecto al manejo sostenible de los bosques, se identifican 37,855 hectáreas con potencial para establecer esta práctica (fuera del Parque Nacional), lo que generaría un beneficio de 6.1 millones de pesos (USD 336 mil) al año. Cabe mencionar que este estudio no considera las hectáreas que ya se encuentran bajo un manejo sostenible y que cuentan con la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

En el escenario pesimista, esta misma área que se transformaría en el escenario optimista se mantendría bajo las prácticas actuales, lo que

generaría un valor de 3.7 millones de pesos (USD 204 mil) al año, de los cuales una pérdida de 2.4 millones (USD 132 mil) corresponden a la agricultura de temporal y una ganancia de 3.9 millones (USD 214 mil) corresponden a la ganadería extensiva. En ese escenario se asume que el manejo forestal sostenible se mantiene bajo tendencias actuales, es decir, no hay ni un incremento ni una disminución en el número de hectáreas bajo estas prácticas.

Los resultados del análisis costo-beneficio indican que promover cambios en el manejo en toda la zona de estudio que conllevan a un aumento en la cobertura vegetal de la región tienen beneficios de aproximadamente 426 millones de pesos (USD 23.5 millones) al año en comparación con las tendencias actuales por los cuatro servicios aquí cuantificados en un escenario optimista. Específicamente para el Parque Nacional, detener la deforestación dentro del polígono tiene beneficios de 47.5 millones de pesos (USD 2.6 millones) por año en un escenario optimista. Por otro lado, en un escenario pesimista, si la deforestación se duplica en 10 años, se generarían pérdidas por 73.2 millones de pesos (USD 4.0 millones) por año en la región. Con relación al PNIP, si las tendencias de deforestación continúan, se tendrían pérdidas por 20 millones de pesos (USD 1.1 millones) por año.

Los resultados se resumen a continuación:

ESCENARIO OPTIMISTA VERSUS TENDENCIAL

VALORES ANUALES	ZONA DE ESTUDIO	PNIP
Captura de Carbono	\$154,899,260.91	\$6,325,121.07
Control de la Erosión	\$473,007.37	
Infiltración Hídrica	\$210,869,281.50	\$41,212,665.00
PFNM	\$11,790,000.00	
TOTAL SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	\$378,031,549.78	\$47,537,786.07
Milpa Mejorada	\$28,086,030.00	
Sistemas Silvopastoriles	\$13,573,125.00	
Manejo Forestal Sostenible	\$6,132,510.00	
TOTAL ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	\$47,791,665.00	
TOTAL	\$425,823,214.78	\$47,537,786.07

ESCENARIO PESIMISTA VERSUS TENDENCIAL

VALORES ANUALES	ZONA DE ESTUDIO	PNIP
Captura de Carbono	-\$72,206,079.81	-\$30,249,744.66
Control de la Erosión	-\$1,283,877.14	
Infiltración Hídrica	\$1,298,635.00	\$10,193,664.00
PFNM	-\$1,010,000.00	
TOTAL SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	-\$73,201,321.95	-\$20,056,080.66
Milpa Mejorada	-\$2,419,235.00	
Sistemas Silvopastoriles	\$3,896,875.00	
Manejo Forestal Sostenible	0	
TOTAL ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	\$1,477,640.00	
TOTAL	-\$73,201,321.95	-\$20,056,080.66

Estos análisis demuestran, por un lado, que el Parque Nacional Izta-cóhuatl-Popocatepetl y los ecosistemas de la zona de estudio proporcionan un valor económico importante a través de los servicios ecosistémicos que proveen. Por otro lado, cualquier costo que promueva una transición hacia la protección de los ecosistemas y la producción sostenible menor a los 473 millones de pesos (USD 26 millones) al año resultaría en un retorno positivo de la inversión.

Los resultados obtenidos justifican acciones en tres campos:

Primero. Incrementar el presupuesto para el manejo del área protegida debido a los valores (locales, regionales y nacionales) que genera. Los fondos adicionales al presupuesto actual pueden originarse del erario público, o bien de un aumento en el cobro de derechos.

Segundo. Con base en la información generada sobre los beneficios económicos que provee el Parque Nacional y la zona de estudio y los costos en los que se podría incurrir como consecuencia de la degradación de los ecosistemas, que las diferentes secretarías (a través de la Comisión Intersecretarial de Desarrollo Rural Sustentable), los gobiernos locales, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Comisión Nacional



Fotografía: Archivo CONANP

Forestal (CONAFOR), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) promuevan planes de desarrollo rural sostenibles y actividades económicas alternas (p. ej., milpa mejorada, manejo forestal sostenible y sistemas silvopastoriles) que detengan la degradación y deforestación de los ecosistemas.

Tercero. Informar a los pobladores locales y a los visitantes sobre el valor económico que proporcionan los servicios ecosistémicos de la región y promover un cambio hacia la adopción de mejores prácticas, confirmando el cumplimiento de los objetivos para los cuales fue creado el Parque Nacional en 1935.

1. Introducción

Las áreas naturales protegidas (ANP) benefician a toda la sociedad mediante los servicios ecosistémicos que proveen (MEA, 2005; TEEB, 2011). Los servicios ecosistémicos se definen como aquellos bienes y servicios, tangibles e intangibles, que obtenemos de la naturaleza para beneficio del ser humano (Valdez y Luna, 2012), entre los que se encuentran los servicios de provisión (p. ej., madera y hongos), regulación (p. ej., purificación de agua), sustento (p. ej., procesos ecológicos básicos como los ciclos de nitrógeno) y valores estéticos, espirituales y culturales (p. ej., belleza escénica) (Balvanera y Cotler, 2009; García-Frapolli y Toledo, 2008).

Los servicios ecosistémicos son esenciales para la sociedad, sin embargo, muchas veces son poco visibles o se consideran gratuitos e infinitos. Esto se debe a que, por lo general, no se intercambian directamente en los mercados, son parte de procesos complejos de provisión de bienes y/o generan valores espirituales que típicamente no se consideran en términos monetarios. Es por eso que a las ANP se las asocia más con los costos directos que representan para el Estado (p. ej., costos de manejo y mantenimiento) que con los beneficios que generan para la sociedad. De ahí

también que las instancias gubernamentales responsables de las áreas protegidas tengan un posicionamiento débil en la toma de decisiones sobre la protección, conservación, uso y manejo de los ecosistemas, lo cual genera una asignación ineficiente de recursos y políticas públicas que se contraponen entre sí (Watson, Dudley, Segan y Hockings, 2014).

En México existen actualmente 181 ANP de carácter federal (que representan cerca del 12.8% de la superficie terrestre del país y un 1.54% de su mar territorial), las cuales son administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (Bezaury-Creel, 2009; CONANP, 2016). Siendo México un país megadiverso, las ANP representan la estrategia más importante para lograr la conservación de su biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos para la sociedad (Bezaury-Creel, 2009). Sin embargo, las ANP de México enfrentan numerosos retos, entre los que se encuentran la disposición de recursos presupuestales escasos y personal insuficiente para una gestión adecuada. Por ejemplo, el presupuesto para la CONANP se recortó en 26% entre 2015 y 2016 (Ecoosfera, 2015). También hay la necesidad de crear capacidades

institucionales para consolidar las estrategias de desarrollo sostenible (Bezaury-Creel, Rojas González y Makepiece, 2011), mejorar la gestión inter-institucional y promover la alineación de políticas públicas (Pinkus, Pinkus y Ortega-Rubio, 2014).

Una estrategia para enfrentar los retos aquí descritos y promover una toma de decisiones informada respecto a las ANP es cuantificar el valor económico de algunos servicios ecosistémicos clave para entender y comunicar los beneficios que éstos proveen a la sociedad, así como los costos en los que se podría incurrir como consecuencia de la degradación de los ecosistemas (Watson et al., 2014). La valoración económica permite asignar valores monetarios a los servicios ecosistémicos, revelando información sobre la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas para el bienestar de la sociedad, lo que permite tomar decisiones más informadas y generar políticas para un uso sostenible de los recursos (Amirnejad, Khalilian, Assareh y Ahmadian, 2006). Aunque en la literatura varios artículos hacen referencia al valor económico de algunos servicios ecosistémicos proporcionados por ecosistemas en México (Barbier y Strand, 1998; Bezaury-Creel, 2009; Ordoñez, 1999; Conservation International, 2008; Sanjurjo y Carrillo, 2006; entre otros), todavía es necesario que se cuantifiquen muchos valores clave (GIZ, 2015).





Desde el año 2013, el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de Alemania viene apoyando el proyecto EcoValor Mx, el cual es implementado por la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ) junto con la CONANP. El objetivo principal del proyecto es dar a conocer y comunicar el valor de los servicios ecosistémicos clave generados por las ANP, a fin de fortalecer su posicionamiento, consolidar su manejo efectivo, e incrementar los recursos disponibles y las capacida-

des necesarias para la conservación y el bienestar social (Ecovalor Mx, 2015). En el marco del proyecto EcoValor Mx, se llevó a cabo el presente estudio de valoración de servicios ecosistémicos para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl como una de tres ANP piloto para generar información y fortalecer capacidades que sean relevantes para el resto del Sistema Nacional de las ANP.

El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl (PNIP), decretado en 1935 y con 39,819 hectáreas, se localiza en el Eje Volcánico Transversal, entre los estados de México, Puebla y Mo-



Gabriela Flores Osornio / Shutterstock.com



relas (CONANP, 2013). La importancia del Parque Nacional radica no sólo en su diversidad, sino también en los numerosos servicios ecosistémicos que provee, los cuales benefician a millones de personas que viven en los valles centrales de México, Puebla y Morelos, la región más poblada del país (CONANP, 2013).

Entre los principales servicios ecosistémicos que provee el PNIP se encuentra la captación de agua que permite la recarga de acuíferos y mantos freáticos, así como la distribución de recursos hídricos para la cuenca de México, el poniente

del estado de Puebla y los valles de Cuernavaca, Cuautla y Yautepec (Hernández-García y Granados-Sánchez, 2005). La riqueza hídrica del PNIP también permite el desarrollo de actividades económicas en los asentamientos humanos aledaños, al proveerlos de agua para uso potable, actividades industriales y agrícolas (CONANP, 2013). A su vez, los bosques del Parque Nacional favorecen la conservación de suelos, proporcionan valiosos productos no maderables, contribuyen a la polinización y dispersión de semillas, y almacenan carbono en su biomasa, contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Por último, el PNIP tiene un importante valor sociocultural a través del uso físico del paisaje, la educación e investigación, la belleza escénica y la identidad y legado de los volcanes como emblema nacional (CONANP, comunicación personal, 3 de diciembre de 2015).

A pesar de tener gran importancia ecológica y sociocultural, el PNIP y su región colindante enfrentan varias amenazas. En la región colindante al PNIP, la principal amenaza está relacionada con la disminución de la cobertura forestal y el cambio de uso de suelo. Las principales fuerzas de cambio que inciden en la transformación del paisaje desde los años 80 son la expansión urbana, la transición de actividades tradicionales hacia prácticas menos sostenibles y

la intensificación del uso del bosque (Rodríguez, 2013). Dentro del PNIP se pueden observar zonas de pequeña escala en proceso de degradación a causa de incendios forestales, ganadería extensiva ilegal y la extracción extensiva de productos forestales no maderables (CCMS, 2008).

Finalmente, las acciones del PNIP son hasta cierto punto limitadas, debido principalmente a la falta de presupuesto. Sin embargo, se realizan gestiones con instituciones y/o dependencias de los tres niveles de gobierno y con la iniciativa privada para cumplir con actividades de educación ambiental, protección contra incendios forestales, atención al turismo y prevención de actividades ilegales, entre otras. Por ello, para poder fortalecer las actividades anteriores y lograr un manejo más integral del área, se requiere de un mayor presupuesto.

El presente estudio busca generar información que sirva a los tomadores de decisiones y actores relevantes que son responsables tanto de asegurar la efectiva conservación y buen manejo del Parque Nacional como del desarrollo sostenible de la región en general. En particular, se llevaron a cabo dos tipos de análisis. El primero es una valoración económica del servicio ecosistémico de recreación del Parque Nacional. El segundo es un análisis costo-beneficio que

cuantifica el valor de cuatro servicios ecosistémicos (almacenamiento de carbono, control de la erosión, infiltración hídrica y la provisión de productos forestales no maderables) y tres actividades productivas (agricultura, ganadería y manejo forestal), bajo diferentes trayectorias de desarrollo y manejo del área protegida y sus alrededores. El conjunto de estos análisis busca demostrar la importancia económica de invertir en el manejo efectivo del PNIP, promover la alineación de programas hacia un desarrollo rural sostenible e impulsar actividades económicas compatibles con los objetivos de conservación y de sustentabilidad ambiental de la región que contribuyan al bienestar local y regional.

Este documento está organizado de la siguiente manera. La sección 2 describe el área de estudio. En la sección 3 se explica cómo se realizó la selección de los servicios ecosistémicos. La sección 4 expone el enfoque metodológico, el proceso de recolección de datos y los resultados de la valoración de recreación para el PNIP. La sección 5 presenta el análisis costo-beneficio, incluyendo una descripción de los escenarios considerados, las metodologías usadas para cada servicio ecosistémico y actividades productivas, y los resultados. Se concluye el documento con una sección de discusión y recomendaciones.



2. Área de estudio

El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl se localiza en el Eje Volcánico Transversal y abarca una superficie de 39,819.086 hectáreas dividida entre tres estados: el Estado de México (con 71.09%), Puebla (con 27.81%) y Morelos (con 1.10%), y un total de 14 municipios (CONANP, 2013) (Figura 2.1).

Debido a su geografía, esta región alberga una alta diversidad ecosistémica (Hernández-García y Granados-Sánchez, 2005). El PNIP es considerado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) como un corredor biológico de suma importancia para la conectividad de la flora y la fauna (Arriaga, 2000 en CONANP, 2013). Además, es el remanente más importante de bosques de coníferas y praderas de alta montaña en el centro de México. La zona está catalogada como Región Prioritaria para la Conservación en México, y en 2010 fue designada como Reserva de la Biosfera Los Volcanes (RBLV) por el Programa El Hombre y la Biosfera de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (CONANP, 2013). La RBLV, con un superficie de 171,774 hectáreas, alberga un importante porcentaje de biodiversidad regional, es de gran importancia para la generación

de servicios ecosistémicos y es un lugar habitado por comunidades para las cuales el aprovechamiento de los recursos naturales de la región es de alta importancia en sus actividades económicas (CONANP, 2010).

En el PNIP no hay poblaciones asentadas (únicamente existe una pequeña rancharía de 100 personas) y no hay actividades económicas privadas. En el área colindante existen 808 comunidades donde habita aproximadamente un millón y medio de personas (INEGI, 2010 en CONANP, 2013). En esta zona, la vocación es forestal y la extracción de madera es la actividad forestal de mayor importancia económica (Hernández-García y Granados-Sánchez, 2005). A su vez, otras importantes actividades económicas incluyen la agricultura, principalmente de temporal en pequeña escala, y la ganadería, que típicamente se implementa de forma extensiva. En la mayoría de las unidades productivas, los ingresos incluyen la suma de estas tres actividades (Hernández-García y Granados-Sánchez, 2005).

En resumen, el área de estudio incluye el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, la Reserva de la Biosfera Los Volcanes y un radio de 10 km circundante al polígono del Parque Nacional.

FIGURA 2.1. Ubicación del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl



Fuente: Elaboración propia

3. Selección de servicios ecosistémicos a valorar

3.1. Conceptos generales

En la teoría económica existen dos maneras para desagregar los servicios ecosistémicos generados por un ecosistema. La primera es por el tipo de

servicio, con base en la categorización de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005; Figura 3.1) o con base en propuestas ajustadas a ésta.

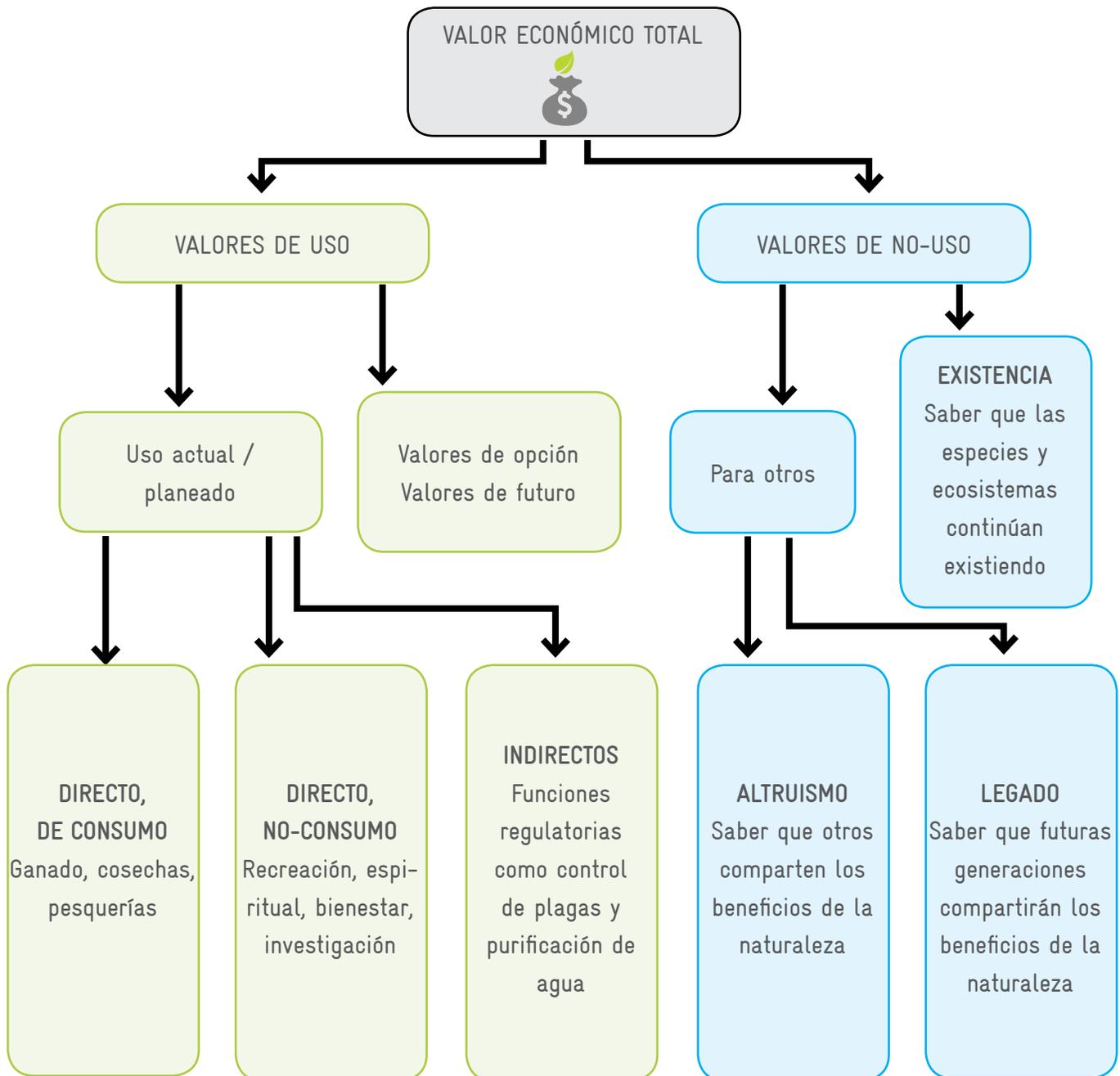
FIGURA 3.1. Categorización de servicios ecosistémicos según la Evaluación de Ecosistemas del Milenio



Fuente: Adaptado de MEA (2005)

La segunda manera de desagregar los servicios ecosistémicos es a través de los componentes del valor económico total (VET) que reciben los seres humanos de la naturaleza (Krutilla, 1967). La Figura 3.2 muestra el marco conceptual del VET.

FIGURA 3.2 Valor económico total (VET)



Fuente: Adaptado de DEFRA (2007) y Brander, Gómez-Baggethun, Martín-López y Verma (2010)

En este documento se usan ambas terminologías, dependiendo del tema. Frecuentemente, cuando se discuten los valores provistos por la naturaleza, la terminología de los servicios ecosistémicos se ajusta mejor. Por otro lado, algunos valores que las personas perciben y algunas metodologías de valoración son más fáciles de discutir desde la perspectiva del VET. Por claridad, se comenzará la discusión de cada valoración identificando el tipo de servicio ecosistémico y el elemento del VET bajo consideración.

El valor de los servicios ecosistémicos o elementos del VET se puede estimar tanto a través de estudios primarios como a través de estudios secundarios. Los métodos de un estudio primario se dividen en los siguientes enfoques:

1. Enfoque directo o de mercado: utiliza datos existentes sobre los valores de transacción en el mercado (p. ej., los precios de productos forestales no maderables).
2. Enfoque de preferencias reveladas: utiliza observaciones de mercados existentes relacionados, pero donde no hay transacciones directas de los servicios ecosistémicos en cuestión (p. ej., la diferencia en el valor de casas con vista a los volcanes versus una casa idéntica pero sin esa vista).

3. Enfoque de preferencias declaradas: utiliza encuestas para obtener el valor que la gente le da a cambios hipotéticos en la provisión de los servicios ecosistémicos (p. ej., el valor de prevenir que desaparezca una rana endémica).

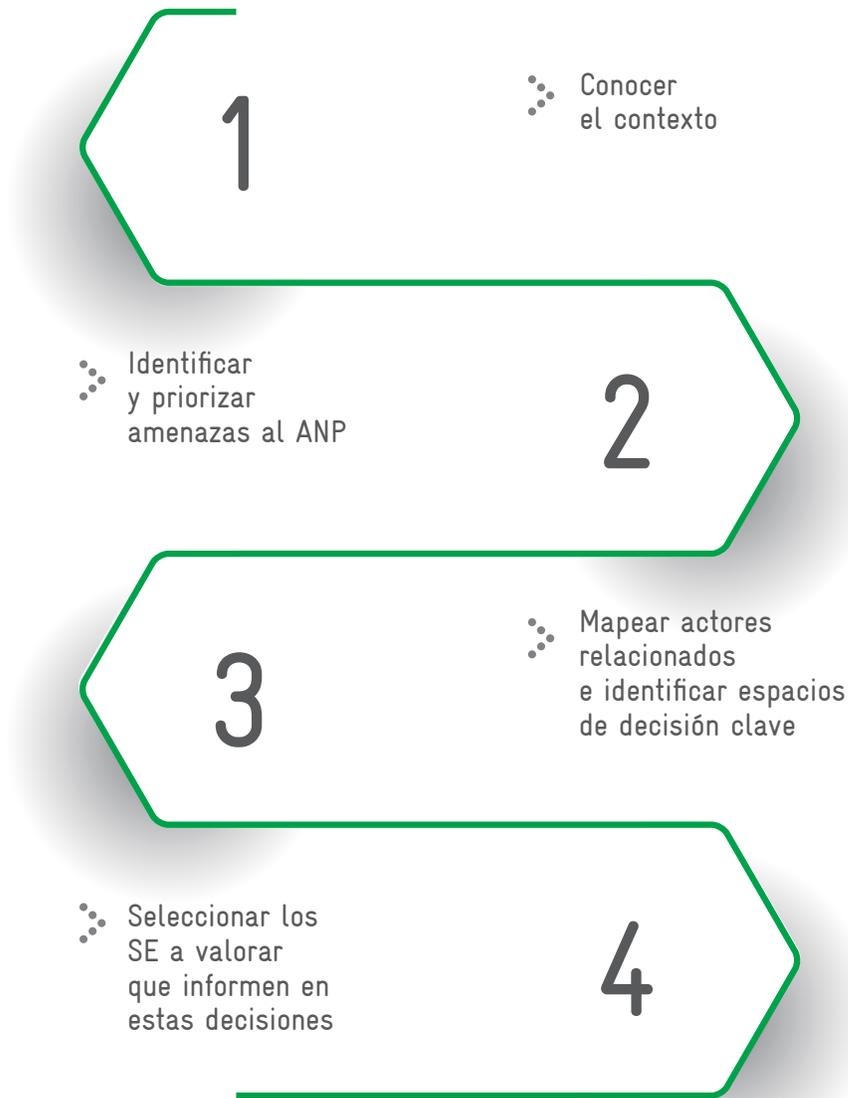
En el contexto de este proyecto, un estudio secundario es aquel en el que no se recopila información directa de campo. Puede hacerse mediante una transferencia de beneficios (extrapolando valores de servicios ecosistémicos de sitios donde se han llevado a cabo estudios primarios al sitio de interés) o mediante la recopilación de la mejor información disponible (bibliográfica o de comunicaciones personales).

Los estudios que usan modelaje típicamente se pueden considerar como una combinación de un estudio primario y estudios secundarios. Los modelos se usan para cuantificar, a través de un estudio primario, los cambios biofísicos ocasionados por diferentes políticas (p. ej., el incremento de la erosión resultante de incentivos hacia el cambio en la cobertura forestal) en el contexto particular, y posteriormente se usa información existente (p. ej., el precio observado en el mercado de dragar sedimentos de los reservorios) para asignar un valor económico al cambio biofísico.

3.2. Selección de servicios ecosistémicos a valorar¹

Para seleccionar los servicios ecosistémicos del PNIP más importantes a valorar, se llevó a cabo un proceso de cuatro pasos, tal como se resume en la Figura 3.3.

FIGURA 3.3. Pasos identificados para la selección de SE a valorar



¹ Para mayor detalle sobre el proceso de selección de los servicios ecosistémicos a valorar, así como los criterios utilizados, véase Anexo 7.

Primero. Se realizó una caracterización de la zona de estudio con base en una revisión bibliográfica e información proporcionada directamente por el personal del PNIP. Esta etapa permitió planear los pasos siguientes.

Segundo. A través de un taller con actores clave, entrevistas y revisión de la literatura se identificaron las principales amenazas que afectan la provisión de los servicios ecosistémicos que genera el ANP y sus alrededores. Esta selección se validó a través de entrevistas semiestructuradas con pobladores de la región. Se encontró que el PNIP enfrenta amenazas de diferentes tipos: externas (aquellas que ocurren fuera de los límites geográficos del polígono, pero que afectan directa o indirectamente el ANP), amenazas internas (aquellas que ocurren dentro de los límites geográficos del polígono) y finalmente algunas que afectan la capacidad de la CONANP para incidir en procesos internos dentro del ANP, así como en procesos más amplios. Se destacan las siguientes:

1. Externas: La amenaza más preocupante es la degradación y disminución de cobertura forestal de los ecosistemas circundantes al Parque Nacional, tal como se describe anteriormente. Las principales fuerzas de cambio en el proceso de transformación

del paisaje incluyen (CONANP, 2013; Hernández-García y Granados-Sánchez, 2005; Osorio y Ramírez, sin fecha):

- El crecimiento urbano;
- La implementación de actividades agrícolas y pecuarias no sostenibles, muchas de ellas extensivas y practicadas frecuentemente bajo condiciones de temporal y para autoconsumo; y
- La intensificación del uso del bosque y un manejo no sostenible del mismo, debido a la tala a pequeña escala, realizada por pobladores locales para el autoconsumo de leña, y la tala clandestina e ilegal a gran escala, realizada por grupos organizados, en la mayoría de los casos apoyada por mano de obra de pobladores locales.

Estas actividades se han relacionado con una falta de oportunidades económicas competitivas, alto grado de marginación en la región y la falta de planes de desarrollo rural sostenibles (CONANP, 2013). Adicionalmente, los incentivos económicos de las políticas de la Secretaría de Agricultura, Gananadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) muchas veces promueven actividades de baja sostenibilidad como la ganadería y la agricultura extensiva (Galicia y García Romero, 2007).

Por otro lado, en las entrevistas semiestructuradas se comentó que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) brindan apoyos a favor de los objetivos de conservación y desarrollo sostenible (p. ej., programas de reforestación); sin embargo, los numerosos trámites para acceder a estos apoyos limitan su alcance.²

2. Internas: Dentro del PNIP, la degradación de los ecosistemas y servicios ecosistémicos se debe principalmente a los incendios forestales, la ganadería extensiva dentro del área protegida y la extracción extensiva de productos forestales no maderables.

3. Capacidad: CONANP tiene una capacidad limitada para la gestión del ANP debido principalmente a la falta de un presupuesto que permita financiar las actividades que permitan un manejo más efectivo, como programas de educación para los visitantes, actividades de prevención y control de incendios forestales, y prevención y vigilancia de actividades ilegales. Por otro lado, dado que en el Parque Nacional convergen tres estados, la falta de coordinación entre políticas públicas de las secretarías y gobiernos locales genera que se implementen programas y acti-



vidades que se contraponen a los objetivos de conservación del área protegida y manejo sostenible en la región en general.

Tercero. Se realizó un mapeo de actores claves relacionados con las amenazas priorizadas, con el fin de definir las decisiones críticas que podrían beneficiarse de una mejor información relacionada con los servicios ecosistémicos que provee el Parque Nacional. La hipótesis planteada es que, si se demuestra que un buen manejo del ANP protege valores importantes a escalas locales, regionales y nacionales, entonces sería importante y necesario promover una toma de de-

² Por ejemplo, la Comunidad de Santa Isabel Chalma tardó más de un año en obtener la autorización para el programa de manejo forestal (N. Aguilar, comunicación personal, 1º de septiembre, 2016).



cisiones que fortalezca el rol del ANP. Por lo anterior, se consideró que sería importante generar información sobre el valor y los beneficios del PNIP para los siguientes procesos:

1. Informar sobre la asignación de presupuesto del PNIP para hacer más efectiva la gestión, incluyendo la promoción de la educación ambiental hacia los visitantes, incrementar actividades de control y vigilancia para reportar a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente actividades ilegales, tener una mayor capacidad para prevenir y combatir incendios forestales, y tener un mayor involucramiento con los pobladores locales.

2. Promover planes de desarrollo rural sostenible y la alineación de políticas públicas en la región, donde las políticas agropecuarias y ambientales estén coordinadas y se promuevan alternativas económicas sostenibles que reduzcan la degradación y pérdida de ecosistemas y los servicios ecosistémicos que éstos proveen.

3. Informar a los pobladores locales y a los visitantes sobre el valor económico que proporcionan los servicios ecosistémicos de la región y promover un cambio hacia la adopción de mejores prácticas, principalmente en los alrededores del ANP.

Cuarto. Con base en lo anterior, se seleccionaron los siguientes enfoques:

1. **Recreación:** La recreación es un valor de uso directo en el que los usuarios disfrutan de la naturaleza practicando algunas actividades o mediante la simple contemplación del paisaje (Clough, 2013). En el caso del Parque Nacional Iztacóhuatl-Popocatepetl, los servicios de recreación que proporciona el sitio están relacionados principalmente con deportes de montaña (p. ej. alpinismo y campismo), actividades al aire libre y ecoturísticas (p. ej., paseos a caballo y senderismo), actividades familiares (p. ej. picnics) y visitas para ver el paisaje de los volcanes. Este servicio ecosis-

témico se eligió porque se buscaba demostrar que el ANP proporciona valores tangibles a ni-vel local a través de una derrama económica a los pobladores locales.

2. Análisis costo-beneficio (ACB): el ACB es un método cuantitativo que compara el valor económico de distintas alternativas para fomentar una toma de decisiones bien informada. Las alternativas en este caso partieron de definir tres escenarios que describen cómo estarían los ecosistemas de la zona de estudio en 10 años considerando un escenario tendencial (*business as usual*), un escenario en donde hay modificaciones positivas en las políticas y decisiones privadas (escenario optimista) y uno en donde hay modificaciones negativas (escenario pesimista). Cuando se hace un análisis ACB desde el punto de vista social, como en este estudio, es necesario incluir tanto los valores privados (p. ej., la ganancia de la actividad

económica) como los que afectan a la sociedad más ampliamente (p. ej. la erosión). Los servicios ecosistémicos y actividades económicas considerados incluyen el almacenamiento de carbono, el control de la erosión, la infiltración hídrica, la provisión de productos forestales no maderables, agricultura, ganadería y silvicultura. Los servicios ecosistémicos se seleccionaron por ser muy importantes para la zona de estudio, ya que generan valores a escalas local, regional, nacional e internacional, mientras que las actividades productivas se seleccionaron porque representan las actividades económicas principales en la región. Se decidió juntar todos estos valores en un ACB para dar una perspectiva sobre la magnitud del efecto en la economía de México al fomentar distintas trayectorias de desarrollo en la región, así como para sugerir el nivel de gasto justificado para promover una trayectoria realmente sostenible.



Fotografía: Archivo CONANP



4. Valoración económica de la recreación

4.1. Enfoque metodológico

La recreación se considera un servicio de carácter cultural (uso físico del paisaje) que provee el ANP. Bajo el enfoque del VET, la recreación es un valor de uso directo, de no consumo. Para este estudio se empleó el método de costo de viaje (MCV) para obtener el valor económico de la experiencia de recreación durante un periodo determinado, el cual se calcula con base en el comportamiento observado de los visitantes.

El MCV es un enfoque económico de preferencias reveladas que se usa en particular para asignar valores económicos a actividades de recreación, y se fundamenta en los costos que tiene que cubrir una persona para visitar un lugar específico y disfrutar de los servicios ecosistémicos recreativos que este lugar le ofrece (Vásquez, 2007). Se consideran tanto los costos directos (p. ej., cuotas de entrada, gasolina), como los indirectos (p. ej., costo de oportunidad de tiempo).

Los estudios del MCV pueden utilizar modelos referidos a la visitación de un solo sitio o de múltiples sitios. El primer enfoque se basa en la construcción de una curva de demanda que relaciona el costo de visitar un lugar determinado, con la frecuencia de las visitas (Reid et al., 2016). El segundo enfoque añade un elemento de elección entre una serie de sitios alternativos que tienen el mismo propósito recreativo y, por lo tanto, desagrega el impacto de las características de cada sitio y al mismo tiempo proporciona un valor general de la recreación (Reid et al., 2016). Para este estudio se utiliza el primer enfoque, usando datos provenientes de una encuesta *in situ* a visitantes al PNIP, en combinación con varias fuentes de datos secundarios, tal como se describe a continuación.

Para el costo directo incurrido en el transporte, se calculó la distancia recorrida por los encuestados a partir de su código postal y utilizando la Interfaz de Programación de Aplica-



ciones (API por sus siglas en inglés) de Google Maps, que se usó para generar una matriz de distancia y duración de viaje desde el origen hasta el Parque Nacional.

Adicionalmente, con base en información de las características de los vehículos de los encuestados se obtuvo el rendimiento promedio de éstos a partir de información de la página www.ecovehiculos.gob.mx, la cual reporta datos de eficiencia de la mayoría de los modelos recientes de automóviles. El parámetro de interés fue el rendimiento ajustado, expresado en kilómetros por litro de gasolina. Este rendimiento se utilizó para obtener el gasto en gasolina, el cual resulta de multiplicar la distancia recorrida por el precio de la gasolina magna (13.16 pesos (USD 0.72) por litro³) y dividir entre el rendimiento por litro de cada vehículo.

Para asignar un valor económico al tiempo dedicado al viaje, se partió de datos proporcionados por los visitantes al PNIP respecto a su nivel de ingreso mensual. Se dividió este ingreso entre 176 horas laborables en un mes (22 días laborables con 8 horas de jornada) para obtener un valor aproximado del salario por hora de los encuestados. Posteriormente, se multiplicó este parámetro por la duración total del viaje de cada encuestado. Además, de acuerdo a Vázquez (2007), se multiplicó el valor del salario por 0.3, dado que las personas regularmente valoran el tiempo de ocio en una menor proporción que el tiempo dedicado al trabajo, es decir, el tiempo de ocio vale 30% del tiempo dedicado al trabajo. Si no se aplica este multiplicador se estaría sobrevalorando el servicio por aplicar un valor erróneo del tiempo de los visitantes.



Finalmente, para obtener un estimado del *precio del viaje* se utilizó la fórmula de Vázquez (2007) que establece que:

$$p = (\text{distancia}) \left(\frac{\text{costo}}{\text{km}} + \frac{0.3 \text{ ingreso por hora}}{\text{velocidad}} \right)$$

Adicionalmente, se estimó el gasto promedio por familia en hospedaje, alimentos, servicios y otras actividades (p. ej., paseo a caballo). Respecto a estos últimos rubros, se preguntó directamente sobre este gasto a los encuestados, distinguiendo entre gasto local (de Amecameca o Llano Grande hacia el Parque Nacional) y total (desde el lugar de origen del encuestado).

Posteriormente se calculó el efecto multiplicador que genera el gasto local. Este efecto multiplicador proviene del eslabonamiento de sectores productivos, es decir, que cuando se consume el producto X, se incentiva la producción de los insu-

mos que se utilizan para fabricarlo o bien se incentiva la producción de otros productos que utilizan el producto X como insumo. Se usó esta información para calcular la derrama económica local, que se entiende como el impacto positivo en la economía local como resultado del servicio ecosistémico de recreación que ofrece el PNIP.

Martínez-Luis, Ávila-Dorantes, Caamal-Cauich y García-Figueroa (2008) estiman el efecto multiplicador de la política fiscal en el sector agropecuario para México. Este multiplicador es de 2.8 y significa que por cada peso gastado en este sector, la economía genera 2.8 pesos más de producción. Usamos este multiplicador para calcular la derrama económica que genera el gasto de los turistas en la economía local.

Finalmente, se desarrolló un modelo econométrico de costo de viaje, el

cual tiene como variable dependiente el número de visitas al año que reportaron los encuestados y como variables independientes el gasto erogado, el ingreso y algunas características sociodemográficas. El modelo econométrico se utiliza en este contexto para entender la elasticidad de la demanda en la visita si se aumentan los cobros de derechos.

Dado que muchas personas reportaron que visitan el Parque Nacional sólo para tomar fotografías, se consideró en el modelo que el gasto total depende de este hecho; así, el gasto total se consideró como una variable endógena.⁴ De esta forma, el modelo econométrico plantea que el número de visitas es una función del ingreso y del gasto total, pero a su vez, el gasto total está en función del motivo de la visita (tomar foto o no tomar foto) y de otras variables sociodemográficas. Las siguientes ecuaciones representan este modelo:

$$\begin{aligned}
 \text{Visitas} &= f(\ln(\text{ingreso}), \ln(\text{gasto total})) \\
 \ln(\text{gasto total}) &= g(\text{tomar foto}, \text{escolaridad}, \\
 &\quad \text{género}, \text{dependientes}, \\
 &\quad \text{casado}, \text{trabaja})
 \end{aligned}$$

Para estimar estas relaciones se utilizó un modelo Poisson de variables instrumentales, el cual sirve para realizar una regresión con una variable dependiente discreta (el número de visitas) y con variables endógenas (el gasto total). Los efectos esperados son que conforme aumenta el gasto total el número de visitas disminuye y conforme el ingreso es más alto también es mayor el número de visitas.

4.1.1. RECOLECCIÓN DE DATOS PRIMARIOS

La encuesta siguió las buenas prácticas establecidas para el diseño de un instrumento de recopilación de información en un estudio de MCV, como se describe a continuación. Comenzó con una muy breve introducción que estableció el contexto, anonimato y legitimidad del ejercicio. Posteriormente se incluyeron preguntas relacionadas con la visita al Parque Nacional (incluyendo el número de visitas promedio que realizan al año, la duración de la visita y los gastos de viaje incurridos a partir de las dos comunidades más cercanas al Parque Nacional: Amecameca y Llano Grande), seguidas por preguntas relacionadas con los conocimientos y actitudes hacia el medio

⁴ Se dice que hay endogeneidad en una variable explicativa cuando la variable dependiente afecta a dicha variable. En este contexto, el gasto total afecta el número de visitas promedio, pero también es probable que el número de visitas afecte el gasto total. Cuando pasa esto, la estimación econométrica genera resultados incorrectos. Para resolver este problema, una solución es utilizar variables que estén relacionadas con la variable endógena pero no con la variable dependiente del modelo; a estas variables se les llama variables instrumentales, las cuales se usan para explicar la variable endógena con una regresión y posteriormente los resultados de esta regresión se utilizan en el modelo principal para realizar la regresión entre la variable dependiente y la variable endógena pero que ya ha sido instrumentada.



ambiente y, para finalizar, preguntas respecto a las características socio-demográficas de los participantes.

Antes de implementar la encuesta formalmente, se realizó una prueba piloto para verificar que el cuestionario fuera claro y completo. Se hicieron 100 entrevistas en esta fase y, como consecuencia de esta actividad, se modificaron algunos apartados del cuestionario. En particular, se añadieron algunos sitios sustitutos, se decidió preguntar por el código postal del entrevistado en lugar de su dirección y se cambió la redacción de algunas preguntas.

Las encuestas formales se realizaron durante el mes de junio, en tres visitas al área de Paso de Cortés y una más al área de Zoquiapan. En total se recopilaron 346 encuestas completas, 299 en el Paso de Cortés y 47

en Zoquiapan. El cuestionario puede consultarse en el Anexo 1.

4.1.2. RESULTADOS

4.1.2.1. Análisis descriptivo

La mayor parte de los visitantes al PNIP llegan a Paso de Cortés. Las actividades más comunes son la observación de los volcanes y tomar fotos (Tabla 4.1). En el área de Zoquiapan hay muy poca afluencia de turistas.

En cuanto a su conocimiento y percepciones, la gran mayoría de los encuestados (porcentajes mayores a 80%) consideran que el Parque Nacional contribuye a mantener el aire limpio, combatir el cambio climático, recargar los acuíferos, evitar la erosión, mantener la biodiversidad y mantener valores culturales. De estos servicios, el porcentaje más grande de los encuestados (39%) considera que el

TABLA 4.1. Actividades realizadas por los visitantes al Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl

ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	PORCENTAJE DE VISITANTES QUE REALIZAN LA ACTIVIDAD
Observar los volcanes	332	73%
Tomar la foto	328	72%
Pasar el día	326	40%
Observar nieve	326	34%
Senderismo	326	30%
Otra actividad	323	20%
Alpinismo	320	19%
Pasear a caballo	317	12%
Andar en bicicleta	317	2%

Fuente: Elaboración propia

TABLA 4.2. Servicio más importante percibido por los encuestados

SERVICIO	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Mantener la biodiversidad	131	37.97	96.81
Aire limpio	99	28.70	28.70
Combatir el cambio climático	62	17.97	46.67
Recarga de acuíferos	29	8.41	55.07
Evitar la erosión	13	3.77	58.84
Mantener valores culturales	11	3.19	100
Total	345	100	

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Una encuesta no tuvo respuesta en esta pregunta.



TABLA 4.3. Características sociodemográficas de los encuestados

VARIABLE	UNIDAD	OBSERVACIONES	PROMEDIO
Visitas	Número	346	2.98
Género	Porcentaje	346	0.47
Género (hombre)	Porcentaje	346	0.53
Edad	Años	345	33.95
Casado	Porcentaje	346	0.37
Soltero	Porcentaje	346	0.56
Viudo	Porcentaje	346	0.01
Divorciado	Porcentaje	346	0.03
Unión libre	Porcentaje	346	0.02
Dependientes	Número	344	1.46
Trabajo	Porcentaje	346	0.63
Educación	Años	345	14.50
Estudiante	Porcentaje	346	0.22
Hogar	Porcentaje	346	0.10
Retirado	Porcentaje	346	0.05
Desempleado	Porcentaje	346	0.02
Otra ocupación	Porcentaje	346	0.01
Ingreso	Pesos/mes	313	16,486.74

Fuente: Elaboración propia.

NOTAS: Los años de educación se obtuvieron a partir de los años necesarios para completar cada grado académico. Los datos de ingreso se generaron al tomar el punto medio de los rangos de ingreso que se consideraron en el cuestionario.

servicio más importante que provee el Parque Nacional es la conservación de la biodiversidad (Tabla 4.2).

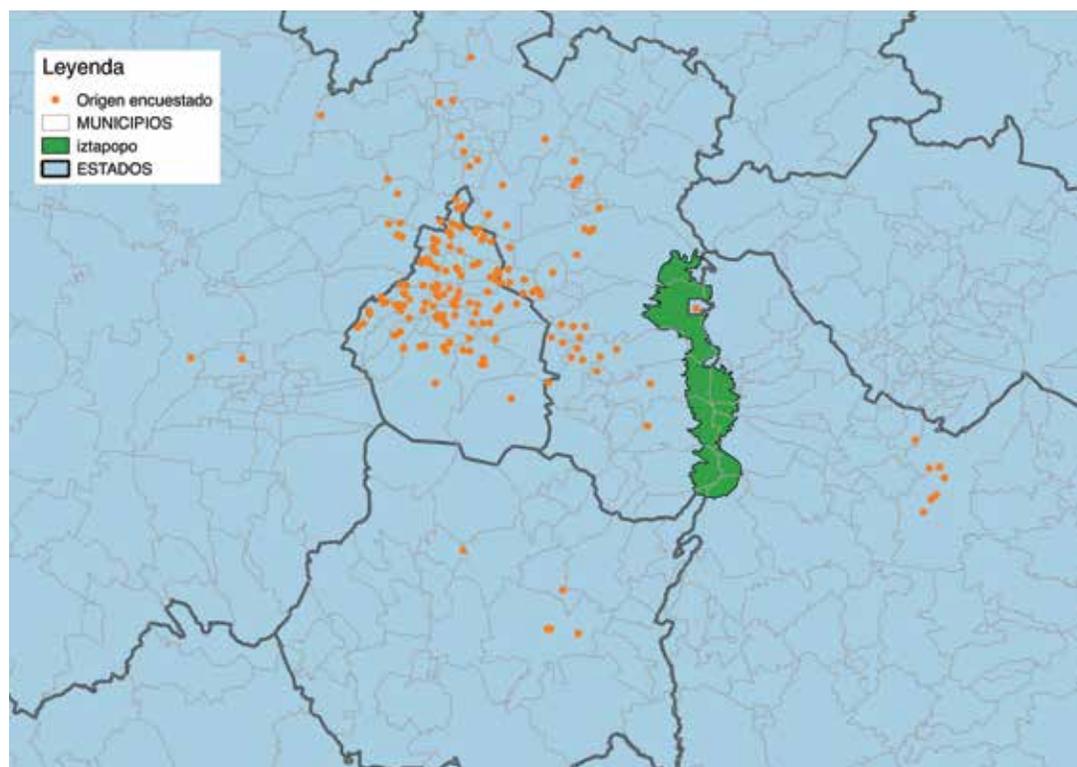
Respecto al perfil de los encuestados (Tabla 4.3), 47% de ellos son mujeres, la edad promedio es de 34 años, 37% están casados, tienen en promedio 1.46 dependientes económicos, 63% trabaja, tienen en promedio 14.5 años de educación y el ingreso pro-

medio individual es de 16,486 pesos (USD 908)⁵ mensuales.

La mayoría de los visitantes provienen de la Ciudad de México y del Estado de México. En promedio, la duración del trayecto de los encuestados es de 1 hora y 48 minutos y viajan en promedio una distancia de 98.8 kilómetros. En la Figura 4.1 se muestra el lugar de origen de los encuestados.

⁵ El tipo de cambio utilizado para todos los cálculos en el estudio es de 18.1527 obtenido de un promedio anual (enero a agosto de 2016) basado en datos del Banco de México <http://www.banxico.org.mx>

FIGURA 4.1. Origen del viaje de los encuestados que visitaron el Parque Nacional



Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Para fines de presentación, en un mismo código postal puede haber más de una observación, por lo que el número de puntos anaranjados en el mapa no necesariamente es igual al número total de encuestas; se excluyen unas cuantas observaciones de Oaxaca, Jalisco, Nuevo León y Coahuila.

Los gastos totales de los visitantes son en promedio 595.25 pesos (USD 32.79) por vehículo,⁶ aunque con una desviación estándar de casi este mismo valor, lo cual indica una amplia variación en los gastos incurridos. El gasto más importante es en alimentos (Tabla 4.4).

Considerando solamente los gastos locales, el gasto promedio por familia es de 263 pesos (USD 14.46), del cual otra vez el gasto más importante es

en alimentos, que representa 74.8% del gasto local total (Tabla 4.5).

4.1.2.2. Derrama económica local

Para tener un estimado de la derrama económica total que generan los visitantes al Parque Nacional, se consideró el gasto promedio local que se describió con anterioridad de 262.55 pesos por visita, se dividió entre 5.4, que corresponde al promedio de personas por vehículo, y se multiplicó por la afluencia

⁶ Para este estudio se supuso que en cada vehículo viaja únicamente un jefe de familia y por lo tanto no contabiliza el tiempo de las otras personas que viajan en el mismo vehículo. Esto arroja un valor conservador.

TABLA 4.4. Gastos totales de viaje por vehículo de los visitantes al Parque Nacional Iztaccíhuatl- Popocatepetl

GASTO	OBSERVACIONES	PROMEDIO EN PESOS	PORCENTAJE DEL TOTAL
Precio del viaje	311	185.07	31.1%
Alimentos	346	324.07	54.4%
Servicios	344	37.19	6.2%
Hospedaje	346	28.93	4.9%
Actividades	345	19.99	3.4%
Total	309	595.25	100%

Fuente: Elaboración propia

TABLA 4.5. Gastos locales de los visitantes al Parque Nacional Iztaccíhuatl- Popocatepetl por vehículo

GASTO	OBSERVACIONES	PROMEDIO EN PESOS	PORCENTAJE DEL TOTAL
Hospedaje	346	27.60	10.5%
Alimentos	346	196.27	74.8%
Servicios	344	24.52	9.3%
Actividades	345	14.16	5.4%
Total	344	262.55	100%

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4.6. Derrama económica local generada por el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD
Visitantes al año	50,000	Personas
Gasto local por persona	48.62	Personas
Gasto local por vehículo	262.55	Pesos por visita
Multiplicador	2.8	Pesos por peso invertido
Gasto total local	2,431,018.52	Pesos
Efecto multiplicador	6,806,851.85	Pesos
Derrama total a nivel local	9,237,870.37	Pesos

Fuente: Elaboración propia con información de Martínez-Luis et al. (2008) y López y López (2007).

TABLA 4.7. Valor para los visitantes del servicio ecosistémico de recreación en el Parque Nacional Iztaccíhuatl–Popocatepetl

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD
Visitantes al año	50,000	Personas
Gasto total por persona	110.23	Pesos
Gasto total por vehículo	595.25	Pesos por visita
Gasto total	5,511,574.07	Pesos

Fuente: Elaboración propia con información de Martínez-Luis et al. (2008) y López y López (2007).

anual, que asciende a 50 mil visitantes⁷ (López y López, 2007). Finalmente, se aplicó el efecto multiplicador para obtener la derrama económica total a nivel local. *El resultado sugiere que el servicio de recreación del PNIP genera un valor para la economía local de 9.2 millones de pesos (USD 0.51 millones) al año.* En la Tabla 4.6 se presentan los resultados desagregados.

en gastos que ascienden a 5.5 millones de pesos (USD 0.3 millones) al año, lo cual representa una estimación mínima del valor que tiene para ellos el servicio ecosistémico de recreación del Parque (Tabla 4.7).

4.1.2.4. Análisis econométrico

Los resultados del análisis econométrico de la regresión se muestran en la Tabla 4.8. Confirman que conforme aumenta el gasto total el número de visitas disminuye y que conforme el nivel de ingreso es más alto también es mayor el número de visitas.

4.1.2.3. Valor para los visitantes

Si consideramos los gastos totales de los visitantes al Parque Nacional, desde que salen de su domicilio y considerando gastos durante el viaje, *los 50 mil visitantes anuales incurren*

Con estos resultados se estimó el efecto marginal del gasto total y el ingreso en el número de visitas. Se encontró que un incremento de 100% en el gasto total disminuye el número de visitas al año en 1.63 por grupo⁸, y un aumento de 100% en el ingreso



La recreación generada por el Parque tiene un valor para la economía local de 9.2 millones de pesos (0.51 millones de dólares) al año

⁷ Datos no oficiales indican que la visitación puede ascender hasta 100 mil visitantes, en especial cuando se presentan nevadas en el área (CONANP, comunicación personal, 28 de septiembre de 2016). Para ser conservadores, los datos aquí reportados utilizan los datos oficiales; sin embargo, los resultados podrían ser más altos.

⁸ En este caso, grupo se refiere a un grupo de personas que viajan juntos al Parque Nacional.

TABLA 4.8. Resultados de la regresión

VARIABLE Var. Dependiente: Número de visitas	COEFICIENTE
Ln(gasto total)	-0.650* (-2.11)
Ln(ingreso)	0.325** (2.95)
Constante	1.793*** (1.28)
Observaciones	292

Estadístico t entre paréntesis* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001
Fuente: Elaboración propia



provoca un incremento de 0.8 visitas adicionales por grupo por año. Dado que el gasto total es, en promedio, de aproximadamente 595 pesos por grupo, un incremento de 10 pesos (USD 0.55) en el gasto total (por ejemplo, a partir de incrementos en las tarifas

de acceso) generaría una disminución en la demanda de 2.7%.

Si se aumenta la tarifa en 10 pesos (de 31 a 41 pesos), entonces se reduciría el número de visitantes en un 2.7%, pasando de 50 mil a 48,650 personas. Este cambio resultaría en que se podrían recaudar 2 millones de pesos (USD 110,176) versus 1.6 millones, o sea, 444 mil pesos (USD 24,459) adicionales. Sin embargo, los alrededores del Parque Nacional tendrían 1,350 menos visitantes, equivalente a 250 grupos de visitantes al tamaño promedio, lo que generaría pérdidas por 183 mil pesos (USD 10,081) en la economía local (gasto local de 250 grupos por el efecto multiplicador). Esto implica que aunque un aumento en la tarifa de entrada generaría un beneficio neto positivo, también provocaría una pérdida en la economía local, lo cual se debe considerar en caso de decidir incrementar el cobro de derechos.

5. Análisis costo-beneficio

5.1. Descripción de los escenarios para el análisis

Para desarrollar el análisis costo-beneficio, se definieron tres escenarios posibles a 10 años, que describen cómo estarían los ecosistemas del área de estudio si se siguieran las tendencias actuales de deforestación o si hubiera cambios positivos o negativos.

El área de estudio incluye el PNIP así como un radio de 10 km fuera del polígono del Parque Nacional. Para reportar resultados, se subdivide esta área de la siguiente manera (Figura 5.1):

1. PNIP: Que incluye el área del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y que equivale a la zona núcleo de la RBLV (39,819 hectáreas).
2. RBLV: Incluye la zona de amortiguamiento y la zona exterior de la Reserva de la Biosfera Los Volcanes (véase Sección 2) (no incluye la zona núcleo) (103,184 hectáreas).

3. Área de 10 km: Incluye el área fuera de la RBLV pero dentro de un radio de 10 km a partir del límite del PNIP (66,571 hectáreas).

Los escenarios se construyeron a partir de una matriz de transición derivada de los cambios observados en el uso de suelo y vegetación de la zona, con base en las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI, Series IV y V, de los años 2007 y 2012.⁹ Se generaron los escenarios a partir del módulo Generador de Escenarios (*Scenario Generator*) de la plataforma InVEST.¹⁰ La metodología para la generación de los escenarios se presenta en el Anexo 2.

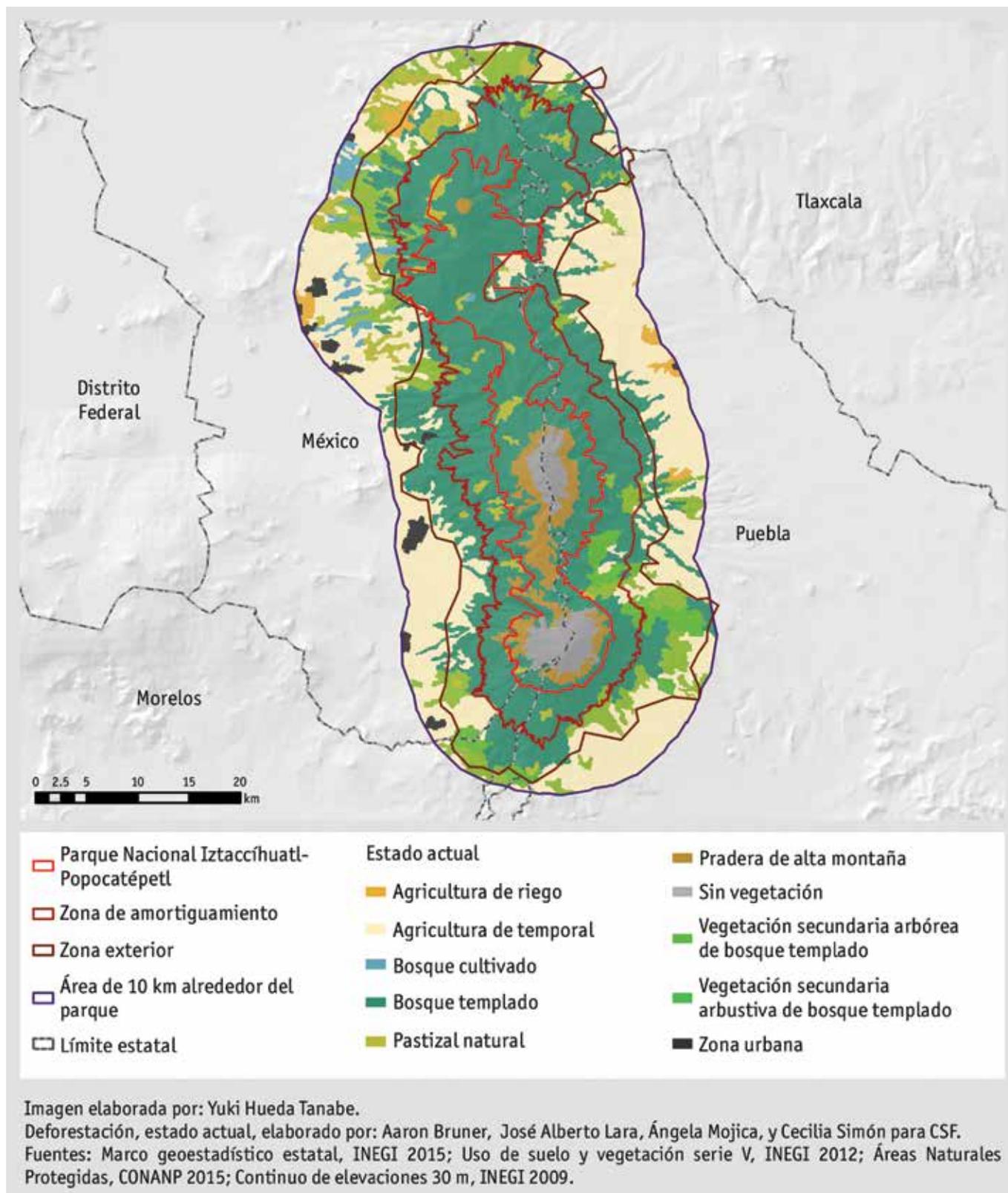
La situación actual se presenta en la Figura 5.1.

Los escenarios futuros se describen a continuación:

⁹ Se consideraron las últimas versiones de estas cartas porque la deforestación ha disminuido de manera significativa en los últimos años; de acuerdo con CONAFOR (2013), la deforestación pasó de 354 mil hectáreas al año en el periodo 1990-2000 a 155 mil hectáreas al año, y por tanto considerar un periodo más extenso significaría sobreestimar la deforestación.

¹⁰ http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/scenario_generator.html

FIGURA 5.1. Mapa de la región bajo el escenario actual



Distrito Federal equivale a Ciudad de México.

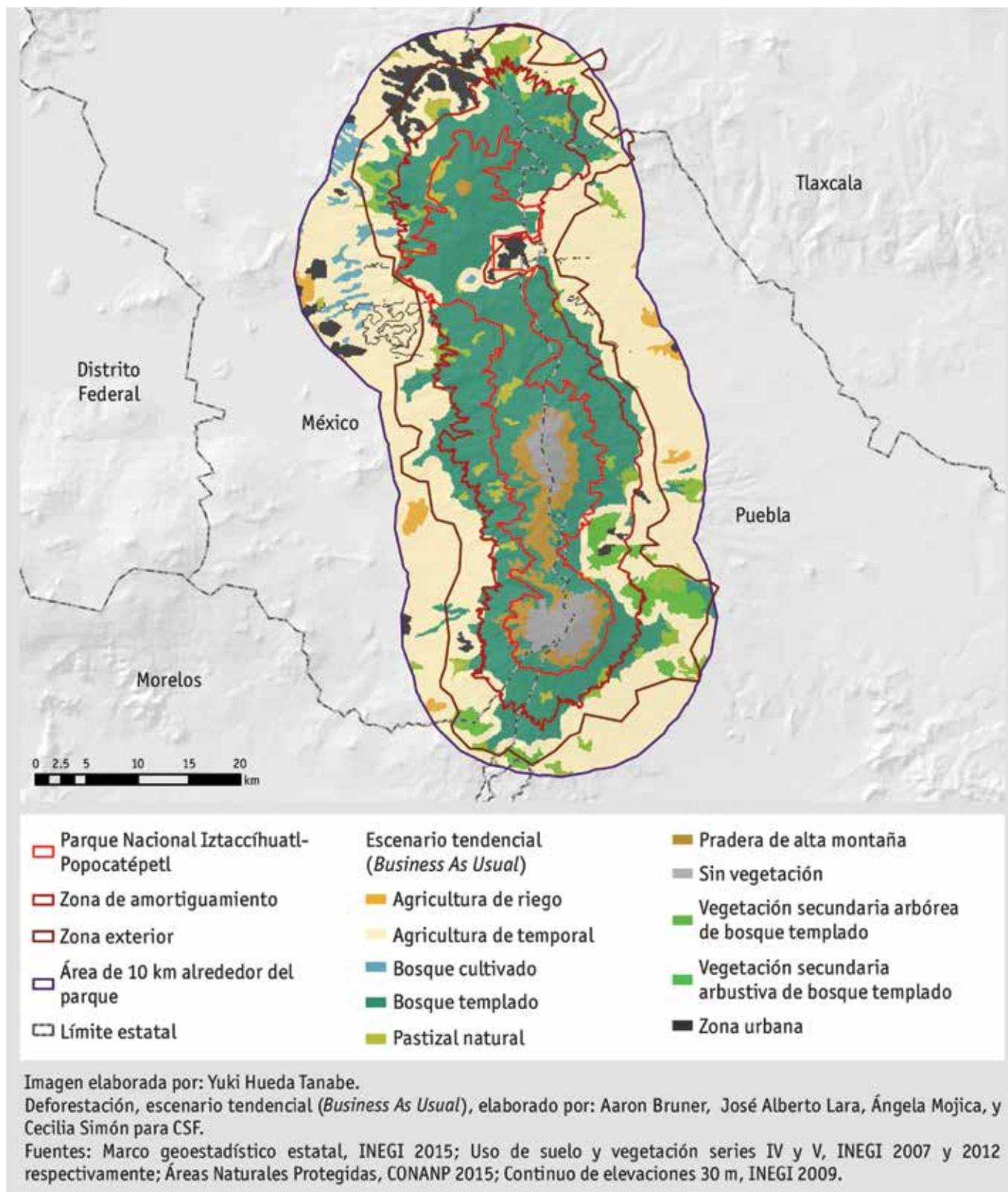


1. Escenario tendencial (*business as usual*)

El escenario tendencial continuaría si los pobladores locales mantienen en su mayoría las prácticas actuales (p. ej., ganadería extensiva, agricultura no sostenible y manejo forestal no sostenible, incluso la tala ilegal). Esto puede suceder por la falta de programas diseñados para promover la transición a actividades económicas sostenibles o crear actividades económicas adicionales, por la continuación de incentivos perversos, o simplemente por cuestiones culturales de no poder superar la aversión a los cambios.

En este escenario, la vegetación que está dentro del Parque Nacional permanece casi intacta, con excepción de un área al norte, en la que actualmente ya se observan áreas agrícolas ilegales, mismas que se prevé aumenten en este escenario, con base en la tendencia de 2007 a 2012. En la zona aledaña al Parque Nacional, se pierden zonas de pastizal natural y de vegetación secundaria arbustiva de bosque templado a favor de la agricultura, otra vez a la tasa observada entre 2007 y 2012 en la zona de estudio (de 0.8% al año) (Figura 5.2).

FIGURA 5.2. Escenario tendencial (a 10 años)



Distrito Federal equivale a Ciudad de México.



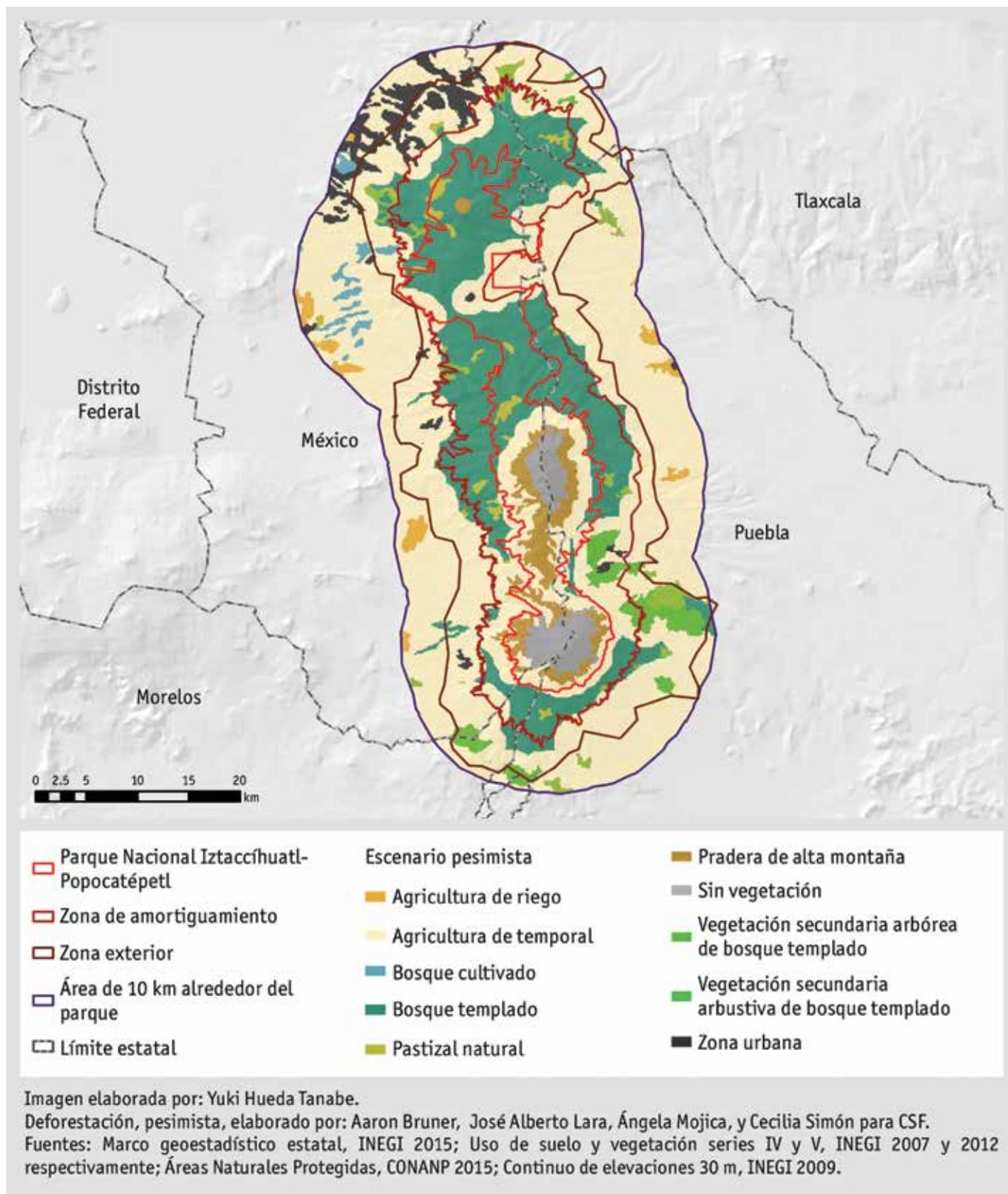
2. Escenario pesimista

Este escenario sucedería si aumenta la tala ilegal. La tasa de deforestación pasaría de 0.8 anual a 1.6% anual. Durante las entrevistas semiestructuradas realizadas se comentó que en la región ya se presentan casos graves de esta situación; por ejemplo, en la comunidad de Amecameca el bosque está sumamente degradado tanto por la presencia de una fábrica (San Rafael) que explotó el bosque y que cerró en 1994, como por la constante tala clandestina, estimada en la extracción cuantificada de 42 camiones diarios. La actividad, aunque es ilegal, está bien organizada; los contrabandistas están armados y la localidad de donde vienen principalmente los talamontes (la cual no tiene bosque propio) los apoya para talar el bosque de otras comunidades. En este contexto, ni un programa

de manejo forestal sostenible, ni la brigada de vigilancia, ni el mismo gobierno (la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y el ejército) han logrado detener la continua deforestación.

Bajo este escenario, en la zona aledaña al PNIP, la tasa de deforestación se duplica en comparación con el escenario tendencial, regresando a la situación de la década de los noventa, cuando la deforestación era el doble que la de los últimos cinco años (CONAFOR, 2013). La vegetación que está dentro del Parque Nacional sigue las tendencias de deforestación de la zona de estudio (2007 a 2012), bajo el supuesto de que la actividad ilegal empezaría a penetrar en el Parque Nacional de forma más significativa (Figura 5.3).

FIGURA 5.3. Escenario pesimista (a 10 años)



Distrito Federal equivale a Ciudad de México.

3. Escenario optimista

Este escenario sucedería si hay una mayor alineación en las políticas, programas y actividades de diferentes sectores, promoviendo efectivamente actividades de reforestación, restauración, manejo forestal sostenible, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles y plantaciones forestales comerciales de acuerdo al potencial productivo o de restauración y tipo de vegetación. Los programas además vendrían con capacitación, lo que promovería que estas actividades se implementaran de forma correcta. También tendría que aumentar la vigilancia en la región para disminuir las actividades ilegales, como la tala clandestina.

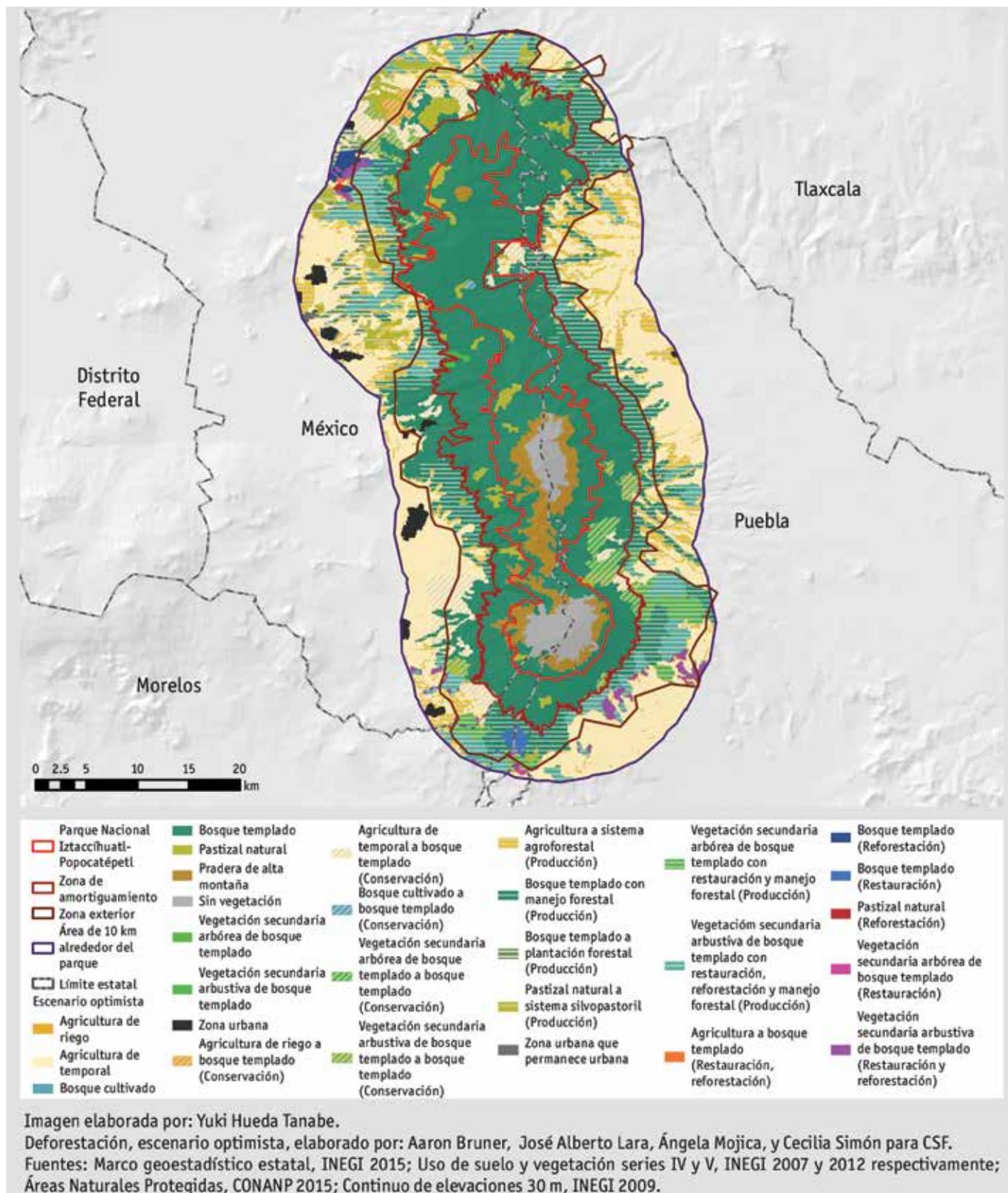
Durante las entrevistas semiestructuradas se comentó que a la fecha también ya hay casos de éxito en la región de este tipo de cambios positivos, como es el caso del Ejido Emiliano Zapata, que pasó de ser el de mayor nivel de marginación de Amecameca con un territorio principalmente agrícola, a un ejemplo del manejo sostenible de los recursos naturales. Actualmente tiene un proyecto silvopastoril (plantación de árboles de navidad junto con cría de borregos), uno agroforestal (árboles de manzana) y un proyecto ecoturís-

tico (santuario de luciérnagas). Otro caso de éxito es el de la comunidad de Santa Isabel Chalma, que tiene un programa de manejo forestal y que, a través de una brigada de vigilancia comunitaria, ha logrado reducir en su totalidad la tala clandestina.

Bajo este escenario la vegetación que está dentro del Parque Nacional se mantiene. En la zona aledaña al PNIP, la tasa de deforestación se vuelve cero y se comienzan a restaurar áreas degradadas/deforestadas. El área agrícola disminuye, transformándose en sistemas agroforestales o eventualmente en bosque templado (después de realizar actividades de restauración y/o reforestación). Adicionalmente, la vegetación secundaria arbórea y arbustiva se restaura y/o reforesta y se convierte nuevamente en bosque templado. El pastizal natural degradado se restaura y se convierte en sistemas silvopastoriles (sólo el que tiene potencial de producción). Las áreas para las que no se consideran cambios son las zonas urbanas, la pradera de alta montaña y los cráteres de los volcanes (Anexo 3; Figura 5.4).

Un resumen de los escenarios se puede observar en la Tabla 5.1. Para

FIGURA 5.4. Escenario optimista (a 10 años)



Distrito Federal equivale a Ciudad de México.

TABLA 5.1. Escenarios de deforestación en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl

ESCENARIO	DEFORESTACIÓN AFUERA DEL PNIP	DEFORESTACIÓN DENTRO DEL PNIP
Tendencial (<i>Business As Usual - BAU</i>)	Tendencial de 2007 a 2012	Casi ninguna deforestación, con la excepción de alguna deforestación (basada en la tendencia 2007 a 2012) en los límites del Parque Nacional, donde ya se perciben áreas de agricultura (parte norte)
Pesimista	El doble de la deforestación tendencial de 2007 a 2012	Tendencial de 2007 a 2012 de toda la zona de estudio.
Optimista	Cero deforestación y un incremento en la cobertura forestal a través de actividades de reforestación, restauración, manejo forestal sostenible, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles y plantaciones forestales comerciales de acuerdo al potencial productivo o de restauración y tipo de vegetación.	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

facilitar la comparación se muestran los mapas en la Figura 5.5.

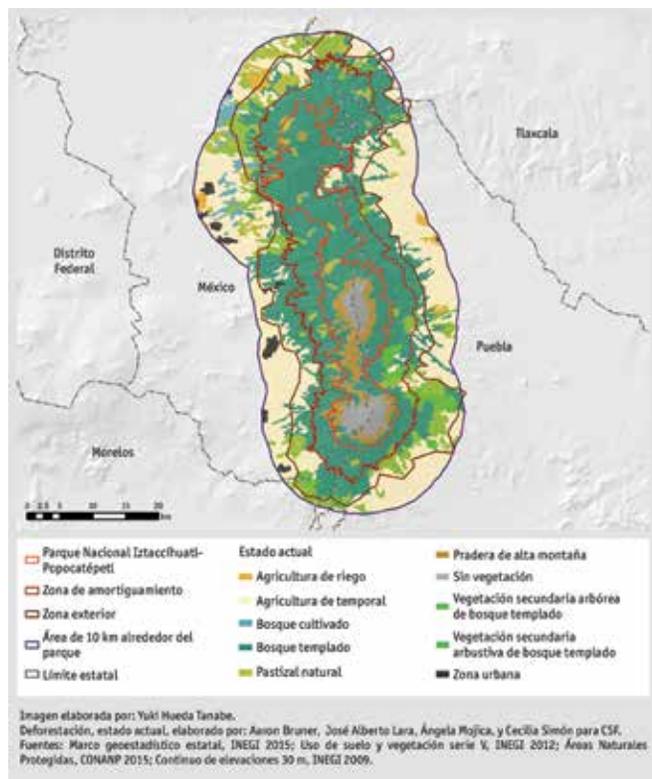
Los resultados en términos de cambio de uso de suelo se pueden observar en la Figura 5.6.

Es importante mencionar que los cálculos de costos y beneficios se realizaron considerando los escenarios a 10 años, suponiendo un cambio constante de los usos de suelo en-

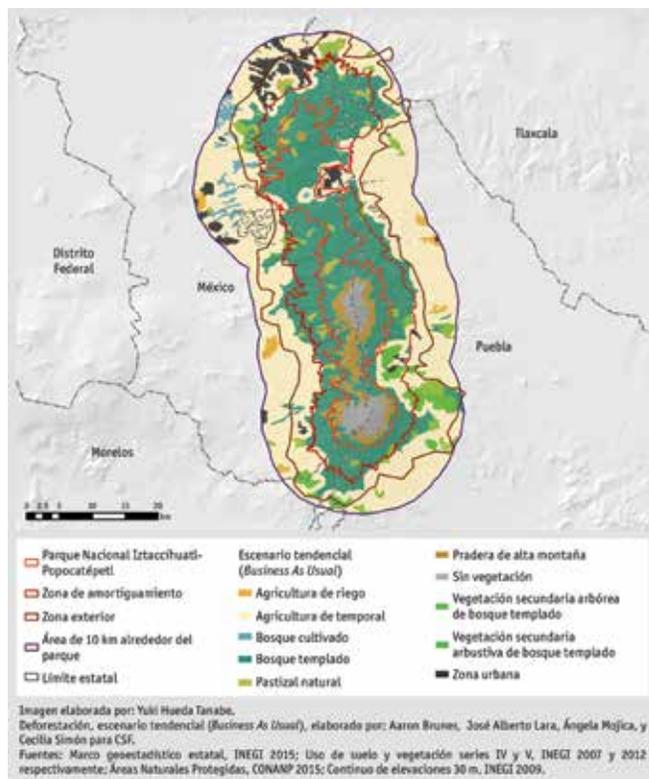
tre la situación actual y la situación futura, es decir, no se llevó a cabo un cálculo con precisión anual. A su vez, se compara el escenario optimista versus el tendencial y el pesimista versus el tendencial a 10 años descontados a valores actuales y posteriormente anualizados para su comparación. La comparación entre el escenario tendencial y el actual no se descuenta y sirve únicamente para visualizar la magnitud del cambio.

FIGURA 5.5. Comparación de la situación actual y los tres escenarios a 10 años

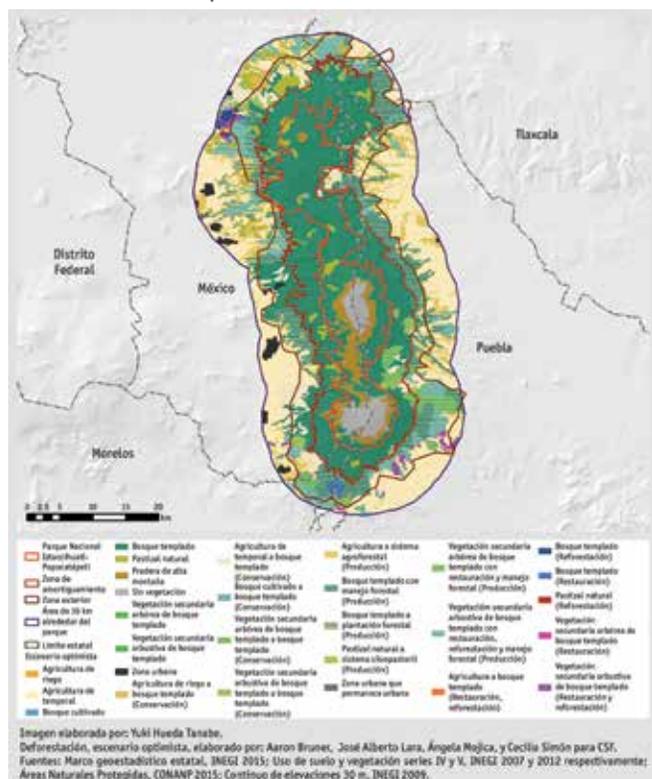
a) Escenario actual



b) Escenario tendencial



c) Escenario optimista



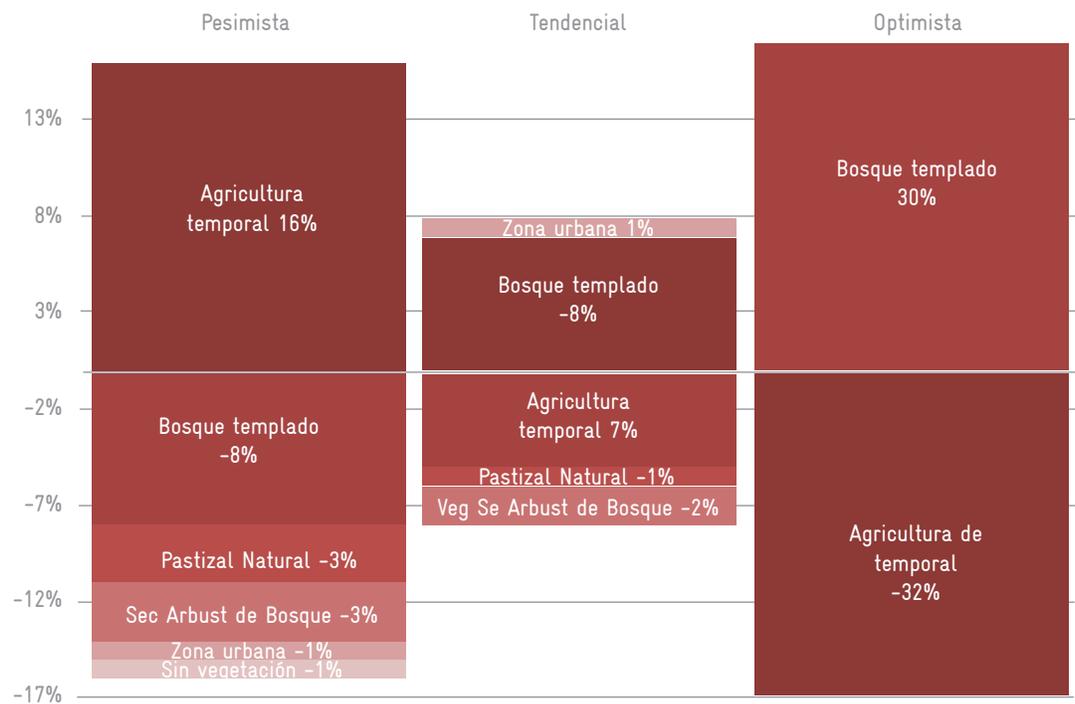
d) Escenario pesimista



Distrito Federal equivale a Ciudad de México.



FIGURA 5.6 Cambio de uso de suelo proyectado para los siguientes 10 años en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia. Incluye varios escenarios en toda la zona de estudio.
 NOTA: Ver Anexo 2 para observar los cambios en los otros tipos de vegetación en el escenario optimista.

Se utilizó una tasa de descuento de 10% de acuerdo a los criterios de la Secretaría de Hacienda y Cré-

dito Público (SHCP) para la valoración de este tipo de proyectos.

5.2. Almacenamiento de carbono

5.2.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

El almacenamiento de carbono en bosques es un servicio de regulación bajo el enfoque del MEA (2005) y un servicio de uso indirecto bajo el VET. Los ecosistemas forestales, a través del proceso de fotosíntesis, secuestran dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera y lo transforman en materia orgánica, almacenándolo como biomasa (biomasa aérea, biomasa subterránea (raíces), madera muerta, mantillo y hojarasca, y materia orgánica del suelo) (Birdsey, 1992; INECC, 2007; Pardos, 2010).

Este servicio ecosistémico se eligió por su importancia para la mitigación del cambio climático a nivel global, por su contribución a las metas planteadas al 2020 en la Ley General de Cambio Climático, de una tasa de cero por ciento de pérdida en ecosistemas originales (CONAFOR, 2016), y para demostrar la posibilidad, en términos económicos, de que este servicio ecosistémico genere valores locales a través de los mercados de carbono.

Para calcular el valor económico del carbono almacenado en el área de estudio se utilizó el módulo Car-



Nashieli González Pacheco

bon de la plataforma InVEST.¹¹ Esta plataforma hace uso de información cartográfica de los diferentes usos de suelo y vegetación de una área para estimar el contenido de carbono almacenado a partir de factores determinados por el usuario (véase Tabla 5.2).

Para identificar el carbono adicional (secuestrado) que se obtendría por llevar a cabo actividades silvopastoriles y agroforestales se usó información de FAO (2002), que cita al IPCC (2000) y que indica que con actividades agrosilvícolas, el secuestro de carbono está entre 0.2

¹¹ Para mayor detalle, véase: <http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/carbonstorage.html>

TABLA 5.2. Contenido de carbono por uso de suelo y vegetación (toneladas de carbono por hectárea por año)

NOMBRE	C_ AÉREO	C_DEBAJO DEL SUELO (RAÍCES)	C_ SUELO	C_ MATERIA MUERTA	FUENTE ^a
Agricultura de riego	11	1	71.2	0.8725	2,3,4,7,8,9
Agricultura de temporal	11	1	71.2	0.8725	2,3,4,7,8,9
Zona urbana	0	0	54.5	0	3
Bosque cultivado	65	8	100	0.8725	2,4
Bosque templado	65	8	100	1	1,2,4,6,7
Matorral	16.65	28.35	60	0.445	2,5,6
Agua	0	0	0	0	
Sin vegetación	0	0	54.3	0	3
Pastizal natural	11	1	21.4	0.8725	2,3,4,5
Vegetación secundaria arbórea de bosque templado	29	9	178	1.8075	2,4
Vegetación secundaria arbustiva de bosque templado	10.73	3.33	65.86	0.90375	2,4

Fuente: Elaboración propia con información de Almeida-Leñero et al. (2007):

^a. 1; INECC (2004); 2; Segura-Castruita et al (2005); 3; SEMARNAT (2016); 4; Yarena et al. (2012); 5; Rodríguez-Sánchez y Calva-Vásquez (2013); 6; De Jong (2001); 7; Rodríguez et al. (2009); 8; Ordóñez et al. (2008); 9.

y $3.1 \text{ tC ha}^{-1}\text{año}^{-1}$. Para este estudio se consideró el punto medio de estos dos valores ($1.65 \text{ tC ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) y se consideró un periodo de 10 años. Esta cantidad se sumó a la cantidad de carbono de la Tabla 5.2, dependiendo del uso de suelo y vegetación correspondiente. Para otras transformaciones se siguieron las reglas de la Tabla 5.3.

Para calcular el valor económico del carbono se utilizó el factor estándar

de conversión entre carbono (C) y bióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) de 44/12 y se consideró un precio de 90.8 pesos (USD 5) por tonelada de bióxido de carbono equivalente con base en datos del Banco Mundial (INECC, 2010). Este valor económico se calculó para el *stock* de carbono inicial, para el *stock* de carbono perdido por deforestación, para el *stock* de carbono mantenido y para el flujo de carbono (secuestro). Cabe notar que el precio usado es el de transaccio-



TABLA 5.3. Carbono considerado para transformaciones

NOMBRE	CONVERSIÓN	SECUESTRO DE CARBONO ADICIONAL POR HECTÁREA POR AÑO
Agricultura de riego	Sistema agroforestal	16.5 tC
Agricultura de temporal	Sistema agroforestal	16.5 tC
Pastizal natural ¹	Sistema silvopastoril	16.5 tC
Sin vegetación	Vegetación secundaria arbórea de bosque templado	C de Vegetación secundaria arbórea de bosque templado.
Vegetación secundaria arbórea de bosque templado	Bosque templado	Carbono de bosque templado
Vegetación secundaria arbustiva de bosque templado	Vegetación secundaria arbórea de bosque templado	C de Vegetación secundaria arbórea de bosque templado

¹ Solo pastizales que están identificados con potencial productivo de acuerdo a la zonificación forestal de CONAFOR (2011a).

Fuente: Elaboración propia

nes observadas en el mercado voluntario, y por lo tanto representa el valor tangible para México si el país adopta un esquema de mercado de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) que aún no está en operación de acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

5.2.2. RESULTADOS

Bajo los escenarios descritos se obtuvo el estimado de carbono contenido en las tres subzonas definidas para la zona de estudio. Los resultados se presentan en la Tabla 5.4.

Para una representación gráfica véase la Figura 5.7.

De los resultados, destaca que:

- Actualmente el Parque Nacional almacena 5.2 millones de toneladas de carbono y toda la zona de estudio almacena 26.4 millones de toneladas de carbono. En un escenario tendencial, en 10 años habría 5.1 millones de toneladas de carbono (3.3% menos) en el Parque Nacional y 24.22 millones de toneladas (8.4% menos) en toda la zona de estudio.
- Bajo un escenario pesimista, en 10 años se perderían 2.2 millones de

TABLA 5.4. Tasa de cambio del almacenamiento de carbono en el Parque Iztaccíhuatl-Popocatepetl bajo distintos escenarios (10 años)

Escenario	Unidades	Área de 10 km circundante	Zona Exterior	PNIP	Total
Actual	Volumen (tC)	6,002,049.54	15,186,165.89	5,264,419.9	26,452,635.33
Optimista vs Tendencial	Volumen (tC)	1,254,896.81	3,209,477.08	190,058.01	4,654,431.90
	% de cambio	21.8%	24.0%	3.7%	19.2%
	Valor económico (millones de pesos/año)	41.8	106.8	6.3	154.9
Pesimista vs Tendencial	Volumen (tC)	-58,817.44	-1,201,891.64	-908,948.02	-2,169,657.10
	% de cambio	-1.0%	-9.0%	-17.8%	-9.0%
	Valor económico (millones de pesos/año)	-1.9	-40	-30.2	-72.2

Fuente: Elaboración propia

toneladas de carbono (9%) en la zona de estudio y 908 mil toneladas (17.8%) dentro del Parque Nacional comparado con los *stocks* en el escenario tendencial.¹² *En términos anuales esto significa una pérdida de 72.2 millones de pesos (USD 3.9 millones) al año para la zona de estudio y de 30.2 millones de pesos (USD 1.66 millones) en el Parque Nacional al año en comparación con el escenario tendencial.*

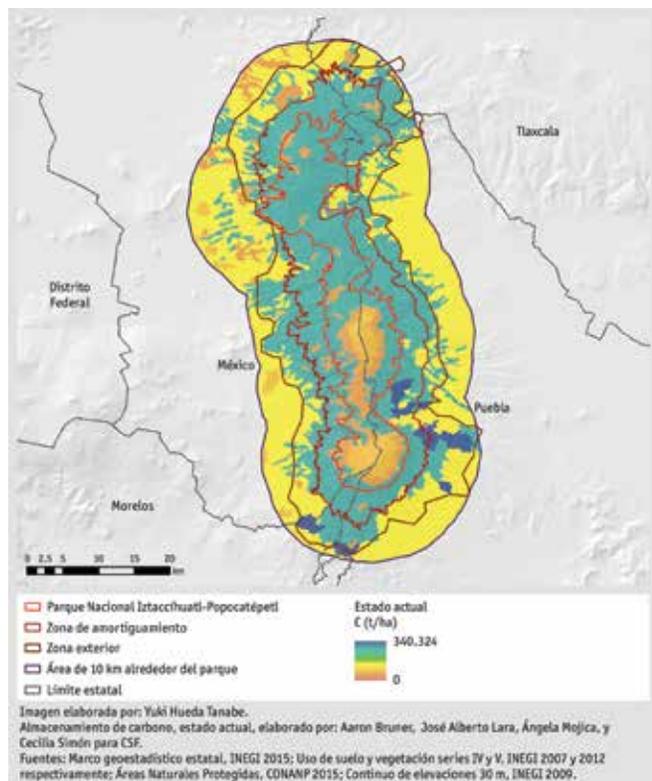
- En el escenario optimista habría un incremento de carbono (tanto por secuestro como por emisiones evitadas) en 10 años de 4.6

millones de toneladas (19.2%) en la zona de estudio y 190 mil toneladas (3.7%) en el Parque Nacional comparado con el escenario tendencial. Comparando estos dos escenarios *México puede tener un ingreso anual potencial de 154.9 millones de pesos (USD 8.5 millones) al año y de 6.3 millones pesos (USD 0.35) al año, por tener mayor cobertura de bosque (secuestrando carbono de la atmósfera), pero también porque se estaría evitando la deforestación (se evitaría regresar dióxido de carbono a la atmósfera) que ocurriría en el escenario tendencial.*

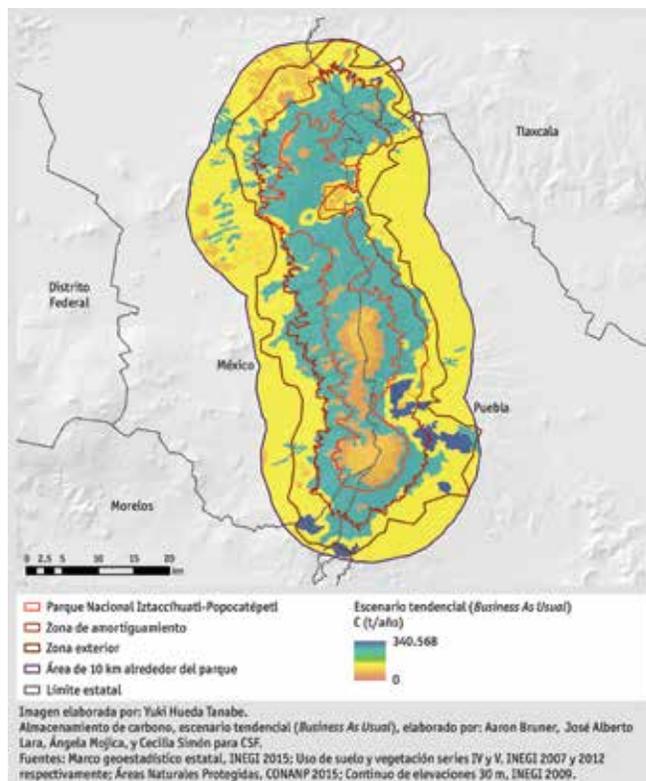
¹² El método para obtener el valor económico del carbono fue suponer que cada año se pierde la décima parte del carbono que se estima se perderá en 10 años y obtener el valor presente neto de estas pérdidas anuales, descontadas a una tasa de 10%. Lo mismo se hizo para los demás servicios ecosistémicos.

FIGURA 5.7. Estimación del almacenamiento de carbono por escenario y por zona de estudio para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl

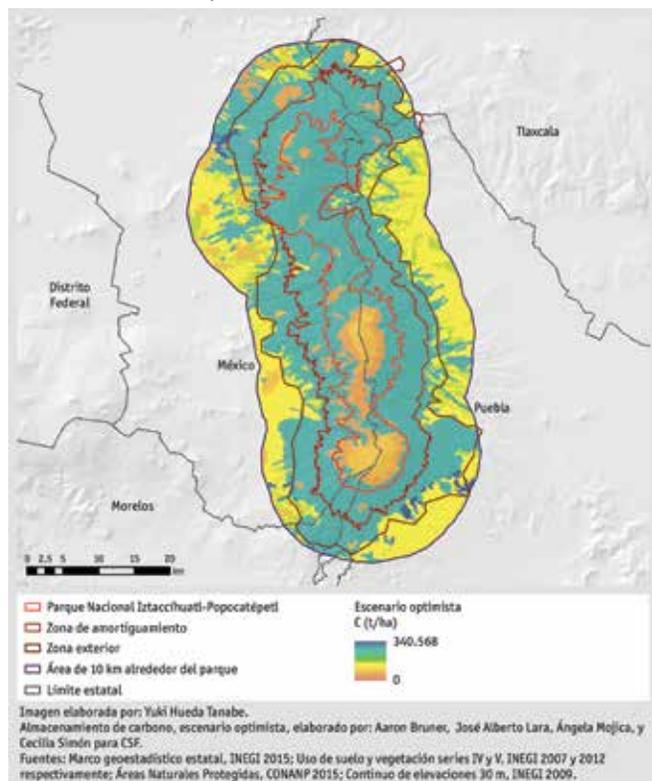
a) Escenario actual



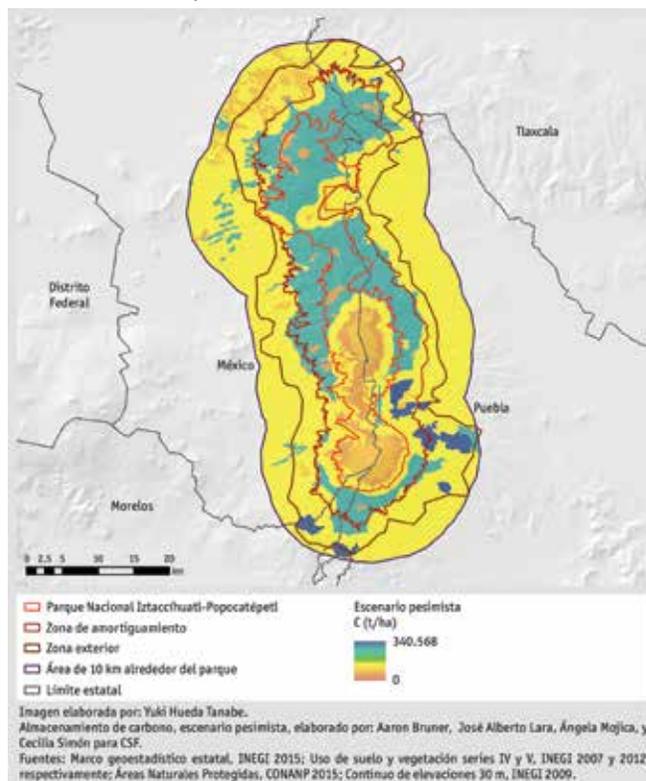
b) Escenario tendencial



c) Escenario optimista



d) Escenario pesimista



Distrito Federal equivale a Ciudad de México.

5.3. Control de la erosión

5.3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

La retención de sedimentos es un servicio de regulación bajo el enfoque del MEA (2005) y un servicio de uso indirecto bajo el VET. El control de la erosión es un SE que se obtiene cuando la vegetación minimiza la erosión local del suelo y se reducen los sedimentos en ríos, arroyos, lagos y estanques (Hamilton, 2009), permitiendo una mayor disponibilidad de agua en dichos cuerpos de agua, utilizable para riego y consumo de agua potable. Este servicio ecosistémico se eligió por su importancia para la provisión de buena calidad de agua para las poblaciones de la región y para los valles centrales de México, el poniente del Estado de Puebla y los valles de Cuernavaca, Cuautla y Yauatepec, y para demostrar que existe un valor, hasta el momento poco percibido, pues de ser inexistente el servicio de retención de sedimentos, esto generaría costos importantes de reemplazo.

Para estimar el valor de este servicio ecosistémico se utilizó el módulo Sediment Delivery Ratio (SDR) de la plataforma InVEST. Este modelo estima la cantidad de sedimentos que se exportan en un área geográfica determinada y utiliza información rela-

cionada con la tasa de deforestación de los distintos escenarios definidos (véase Sección 5.1). Esta estimación se realiza a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE por sus siglas en inglés). Esta ecuación está determinada por:

$$USLE = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

Donde R representa un índice de erosividad por lluvia; K es un índice de erosividad del suelo; LS es un factor de longitud y grado de pendiente; C mide el grado de protección que ofrece la vegetación, y P es un factor de obras y prácticas de conservación del suelo. Las unidades de la ecuación $USLE$ son toneladas por hectárea. Los insumos requeridos y fuentes de datos utilizados se presentan en el Anexo 4.

Para asignar un valor económico al servicio de retención de sedimentos que prestan el Parque Nacional y sus alrededores bajo los distintos escenarios, se consideró un enfoque de costo de reemplazo. Este enfoque contabiliza lo que costaría proveer el servicio referido por un medio alternativo. Específicamente, en este caso se consideró reemplazar el rol de la vegetación con la instalación de gaviones (represas de contención).





Para el cálculo del costo unitario de los gaviones se utilizaron los datos de CONAFOR (2011b). Se estimó el costo unitario para una obra con extensión de 1,400 hectáreas,¹³ considerando un afluente principal, uno secundario y uno terciario. Se obtuvo un costo de 537 mil pesos (USD 30 mil) por la obra¹⁴.

Para generar un valor anual, primero se actualizó este costo por infla-

ción, considerando el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) a precios de diciembre de 2015, con lo que se obtuvo un costo por obra de 637 mil pesos (USD 35 mil). Después, considerando que las obras tienen una vida útil de 30 años, se interpretó este costo como un valor presente neto a 30 años. Para tener una referencia del valor anual de este servicio estimamos un pago anual equivalente para un periodo de 30 años,

13 En el estudio de referencia se consideró una extensión de 1,400 hectáreas como unidad de análisis.

14 Una obra es de aproximadamente 6,200 m³.



descontado a una tasa de 10%.¹⁵ Este cálculo da un valor anual de 67,572 pesos (USD 3.7 mil) por obra, o 48 pesos (USD 2.64) por hectárea.

Posteriormente se determinaron las zonas¹⁶ donde se tendrían que establecer gaviones para los distintos escenarios. Para ello se partió del supuesto de que se tienen que establecer gaviones en las zonas donde la exportación de sedimentos está en el percentil 97.5% de la exportación de sedimentos para el área bajo consideración. Es decir, se realizan obras de gaviones donde la erosión está más presente. Una vez identificado este número, se multiplicó por su costo unitario. Para estimar el valor del servicio ecosistémico de control de erosión en cada escenario, se restó el número de gaviones que el criterio de selección da para el escenario actual. Se determina que para el esce-

nario tendencial se requieren 7 obras más que en el escenario actual, en el escenario pesimista se requieren 19 obras más y en el escenario optimista no se requieren obras adicionales.

5.3.2 RESULTADOS

5.3.2.1. Estimación de la exportación de sedimentos

Bajo los escenarios descritos se obtuvo el estimado de la exportación de sedimentos en las tres subzonas de la zona de estudio (Véase Sección 5.1). Los resultados se presentan en la Tabla 5.5. Para una representación gráfica ver la Figura 5.8.

Respecto a los resultados se observan los siguientes hallazgos:

1. De seguir la tendencia de deforestación en la zona, en 10 años la erosión dentro del Parque Nacional

¹⁵Se consideró que el valor ocurre en el periodo cero y los siguientes 29 años no se recibe o genera ningún valor.

¹⁶Para ello se mapearon las zonas de mayor erosión en celdas de 1,400 hectáreas (el tamaño de la obra) y se contaron los cuadros en el percentil 97% de mayor erosión.

TABLA 5.5. Tasa de cambio de exportación de sedimentos en el Parque Iztaccíhuatl-Popocatepetl bajo distintos escenarios (10 años)

Escenario	Unidades	Área de 10 km circundante	Zona Exterior	PNIP	Total
Actual	Volumen (millones de toneladas)	5.22	3.36	3.26	11.84
Optimista vs Tendencial	Volumen (millones de toneladas)	-2.98	-7.54	-0.56	-11.08
	% de cambio	-45.9%	-90.7%	-15.3%	-60.0%
	Valor económico (millones de pesos por año)				0.473
Pesimista vs Tendencial	Volumen (millones de toneladas)	0.20	6.31	4.24	10.75
	% de cambio	3.1%	75.9%	115.5%	58.2%
	Valor económico (millones de pesos por año)				-1.284

Fuente: Elaboración propia

será 13% mayor que la que hay actualmente y de 56% en toda la zona de estudio.

- En el escenario pesimista, la erosión se incrementaría en 58% en toda la zona de estudio y en 116% en el Parque Nacional comparando con las tendencias actuales. Es importante notar que la erosión del Parque Nacional en este caso incluye la erosión también del volcán.
- En un escenario optimista, en 10 años la erosión disminuiría en un 60% en la zona de estudio y en un 15% dentro del Parque Nacional en comparación con la situación tendencial.

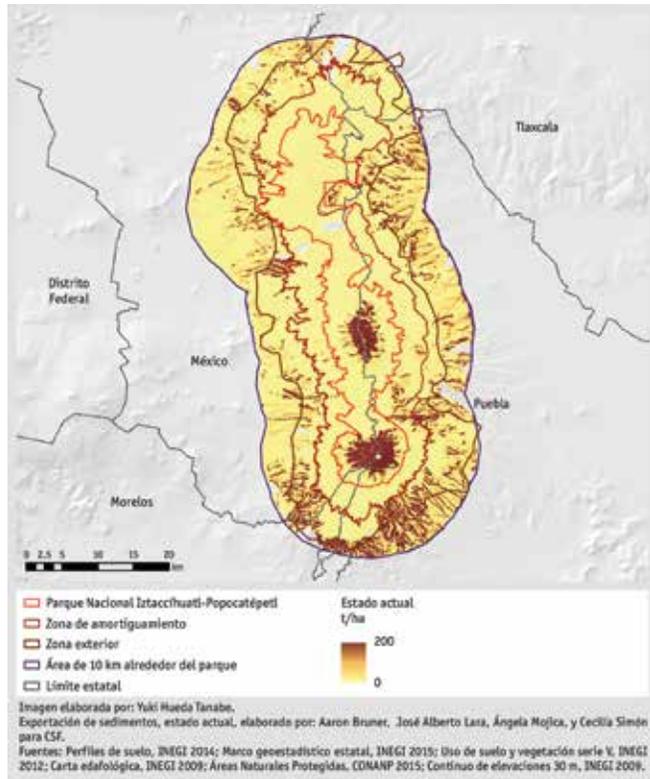


De implementarse las prácticas productivas sustentables se evitarían costos de por lo menos 473 mil pesos (26 mil dólares) al año en la instalación de infraestructura para el control de la erosión.

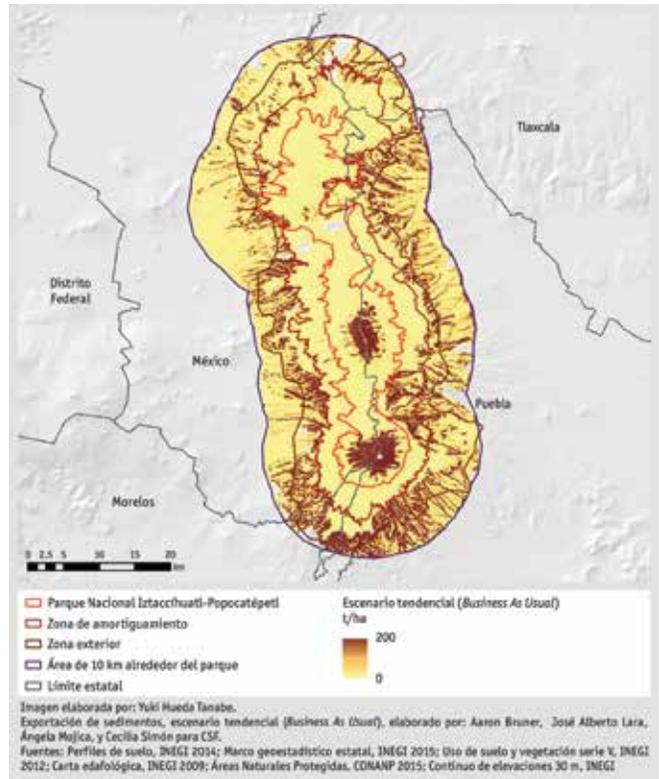
- En términos económicos, si se llevan a cabo acciones que hagan factible el escenario optimista, se generaría un ahorro a la sociedad de 473 mil pesos (USD 26.06 mil) al año. Por el contrario, si se dejan seguir las tendencias actuales, el costo a la sociedad sería de 473 mil pesos; si empeoran las cosas, el costo puede ascender a 1.3 millones de pesos (USD 71.6 mil).

FIGURA 5.8 Estimación de la exportación de sedimentos por escenario y por zona de estudio para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl

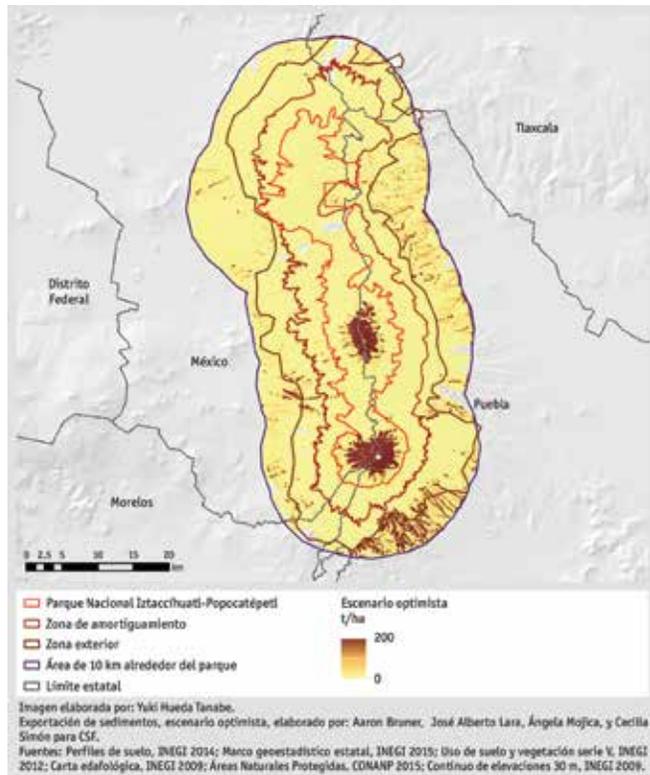
a) Escenario actual



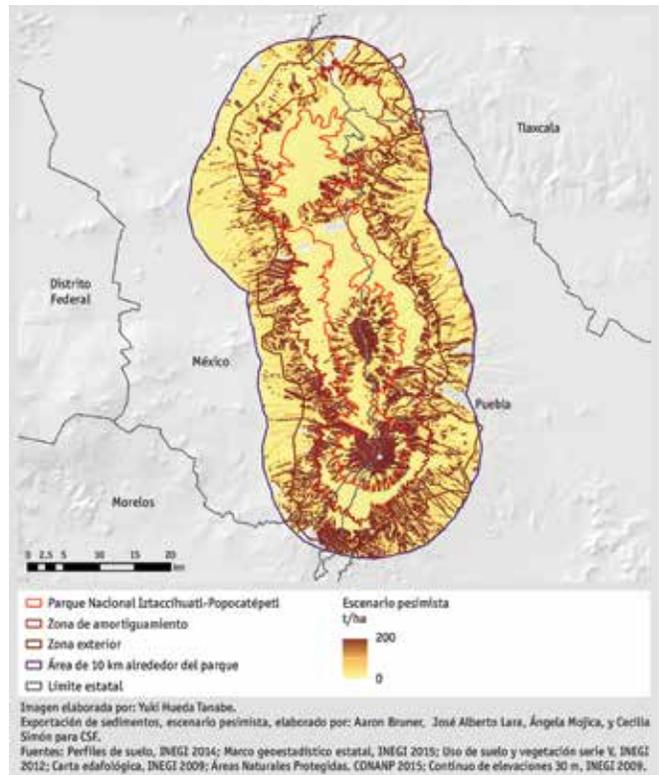
b) Escenario tendencial



c) Escenario optimista



d) Escenario pesimista



Fuente: Elaboración propia / Distrito Federal equivale a Ciudad de México.

5.4. Infiltración hídrica

5.4.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

La infiltración de agua es un servicio de regulación bajo el enfoque del MEA (2005) y un servicio de uso indirecto bajo el VET a través del cual el agua (de precipitación y aguas superficiales) se infiltra a las reservas subterráneas (Vélez y Vásquez, 2011). La presencia de ecosistemas forestales es importante para el aumento de la infiltración del agua en el suelo y subsuelo (INE, 2002). Este servicio ecosistémico se eligió porque se buscaba demostrar que existen valores económicos importantes de este servicio a nivel regional para la Ciudad de México, el poniente del estado de Puebla y los valles de Cuernavaca, Cuautla y Yauatepec. Además, a nivel nacional, uno de los problemas más grandes que enfrenta México es la sobreexplotación de acuíferos subterráneos, y este desafío está presente también en la zona de estudio (SEMARNAT, 2008).

Para calcular el valor económico se utilizó el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool), desarrollado por la Universidad de Texas y por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés). Este modelo está diseñado para simular la calidad y cantidad



Nashieli González Pacheco

de agua en el ciclo hidrológico (superficial y subterráneo) y predecir el impacto que tienen el uso de suelo, prácticas de manejo y cambios en las condiciones climáticas en la recarga de acuíferos.

Para este estudio el modelo se usó específicamente para estimar el valor económico del servicio de infiltración de agua a acuíferos subterráneos. A diferencia de las demás valoraciones

reportadas en este estudio, se aplicó el modelo a un área rectangular que contiene un radio de 10 kilómetros alrededor del contorno del Parque Nacional. La razón de establecer un área rectangular es que el modelo utilizado trabaja para áreas rectangulares. La información que se requiere para desarrollar el modelo se encuentra en el Anexo 5.

Para obtener una aproximación económica de estos niveles de infiltración se consideró un precio real del agua (dado que el precio del agua está subsidiado en México no es adecuado usar las tarifas de agua para valorar este servicio). Este precio real se generó a partir de las Cuentas Económicas y Ecológicas de México del INEGI (2014a). Estas Cuentas expresan el costo de la extracción de agua subterránea, que ascendió en 2014 a 29,900 millones de pesos (USD 1.6 billones) y a un volumen explotado de 5,985 millones de metros cúbicos. Si dividimos el costo económico entre el volumen extraído tenemos una aproximación al precio real del agua, que asciende a 5.0 pesos (USD 0.28) por metro cúbico. Este valor por metro cúbico se multiplicó por el volumen de agua promedio que se infiltra en cada subzona del área de estudio.

5.4.2 RESULTADOS.

Bajo los escenarios descritos se obtuvo el estimado de infiltración hídri-

ca en las tres subzonas de la zona de estudio. Los resultados se presentan en la Tabla 5.6. Para una representación gráfica ver la Figura 5.9.

Estos resultados permiten identificar los siguientes hallazgos:

1. Se obtuvo que *el valor económico actual del servicio de infiltración hídrica del Parque Nacional es de 199 millones de pesos (USD 10.96 millones) al año y de 1,162 millones de pesos (USD 64 millones) al año en la zona de estudio.* En el escenario tendencial se prevé una reducción de la infiltración hídrica de 13% para la zona de estudio y de 13.4% para el Parque Nacional con respecto a las condiciones actuales.



El valor económico del servicio de infiltración de agua provisto por el Parque Nacional es de 199 millones de pesos (11 millones de dólares) al año y en la Reserva Los Volcanes designada por UNESCO alcanza la cifra de 1,168 millones de pesos (64 millones de dólares) al año

2. En el escenario pesimista, se incrementaría la infiltración en un 6% dentro del Parque Nacional (inesperadamente) y disminuiría en 0% en la zona de estudio, en comparación con el escenario ten-

TABLA 5.6. Tasa de cambio de la infiltración hídrica en el Parque Iztaccíhuatl–Popocatepétl bajo distintos escenarios (10 años)

Escenario	Unidades	Área de 10 km circundante	Zona Exterior	PNIP	Total
Actual	Volumen (millones de m ³)	73.13	115.40	39.82	228.35
Optimista vs Tendencial	Volumen (millones de m ³)	11.61	22.32	8.24	42.17
	% de cambio	18%	23%	24%	21%
	Valor económico (millones de pesos por año)	58.0	111.6	41.2	210.9
Pesimista vs Tendencial	Volumen (millones de m ³)	-1.67	-0.11	2.04	0.26
	% de cambio	-3%	0%	6%	0%
	Valor económico (millones de pesos por año)	-8.3	-0.56	10.2	1.3

Fuente: Elaboración propia

dencial. Esto representaría un valor positivo de 10.2 millones de pesos (USD 561 mil) al año para el Parque Nacional, y un valor positivo de 1.3 millones de pesos (USD 71 mil) anuales para la zona de estudio. El resultado dentro del Parque Nacional posiblemente se deba a que los árboles también consumen agua y, bajo ciertas circunstancias (tipo de bosque, tipo de suelo, clima, etc.), una zona con menor vegetación puede infiltrar más agua. Sin embargo, se puede notar que el escenario pesimista es de cualquier manera peor que el optimista.

- Si se detiene la deforestación y aumenta la cobertura vegetal, el

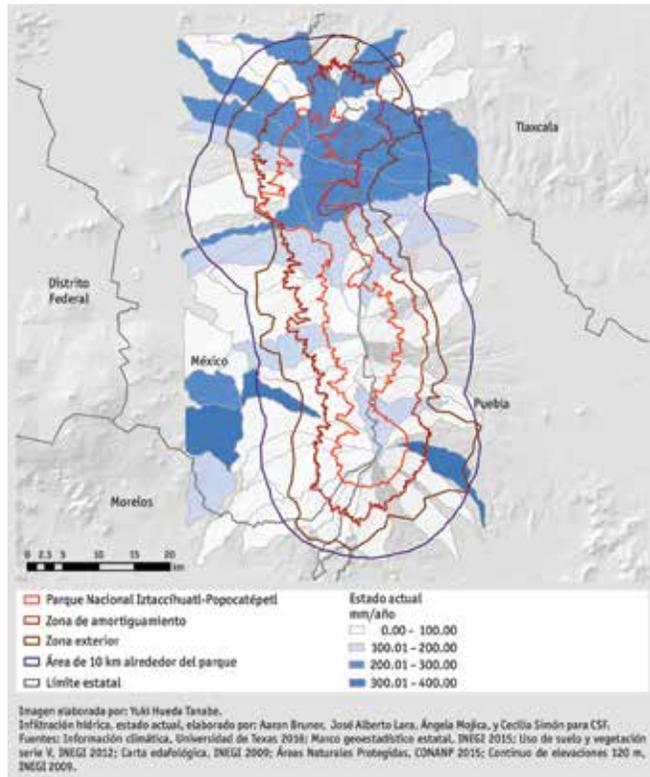


13 millones de personas de los estados de: Puebla, Tlaxcala, Morelos y la Ciudad de México se benefician del agua que provee el Parque Nacional.

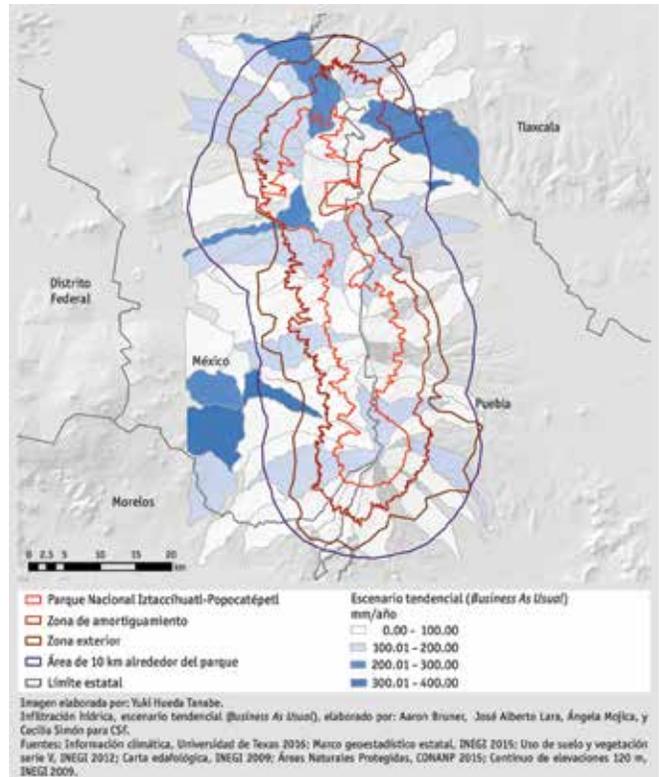
valor económico de este SE puede verse incrementado en 24% para el Parque Nacional y 21% en la zona de estudio respecto al escenario tendencial, lo que incrementaría el valor en 41 millones de pesos (USD 2.3 millones) al año para el Parque Nacional y en 211 millones de pesos (USD 12 millones) al año para la zona de estudio.

FIGURA 5.9. Estimación de la infiltración hídrica por escenario y por zona de estudio para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl

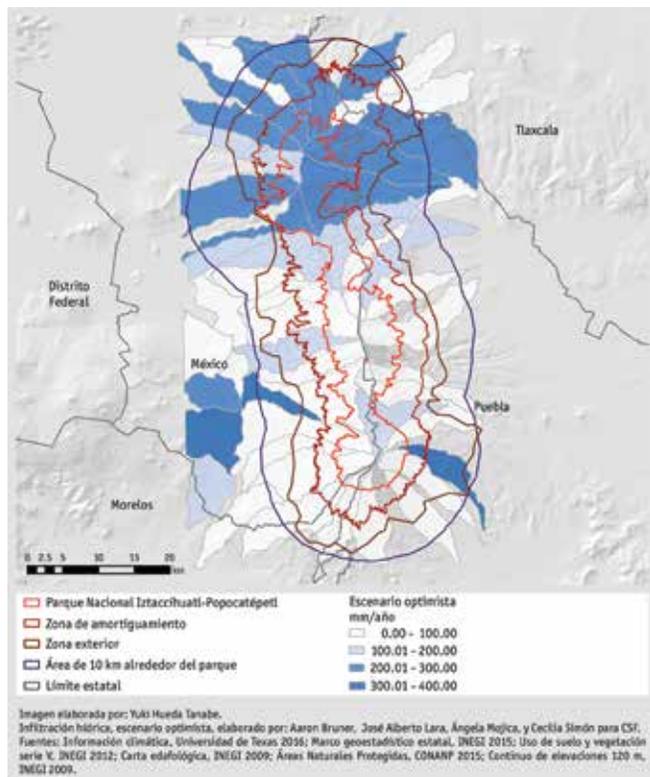
a) Escenario actual



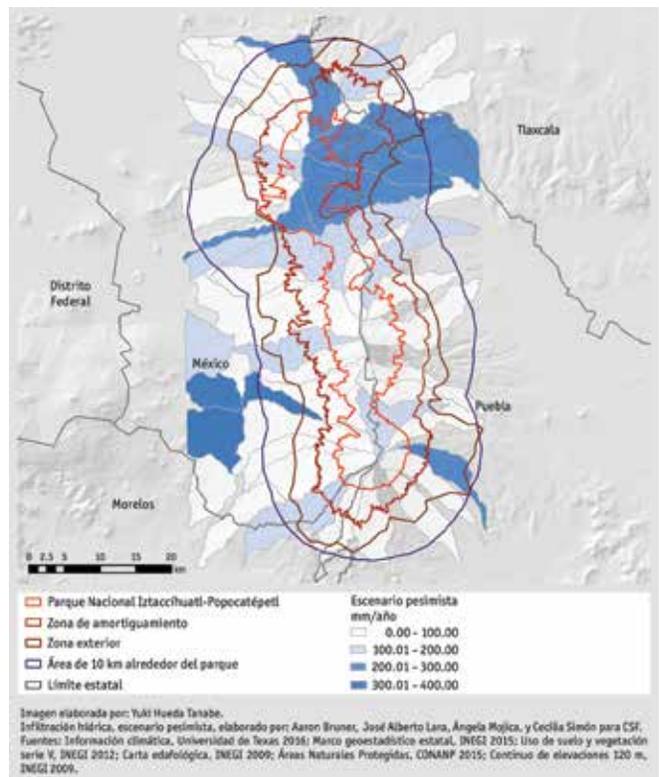
b) Escenario tendencial



c) Escenario optimista



d) Escenario pesimista



Distrito Federal equivale a Ciudad de México.



5.5. Productos forestales no maderables

5.5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

La producción de los productos forestales no maderables (PFNM) es un servicio de provisión bajo el enfoque del MEA (2005) y un servicio de uso directo de consumo bajo el VET. Este servicio ecosistémico, aunque genera valores relativamente pequeños a escala nacional, se eligió porque se

buscaba demostrar que existen valores tangibles a nivel local.

El valor económico de este servicio ecosistémico se calculó para la zona de alrededor del Parque Nacional con información disponible en la literatura. No se calculó el valor dentro del ANP porque la extracción dentro del polígono es ilegal. De acuerdo con

Rodríguez-Bustos (2013), los productos más importantes que se extraen en esta zona son, por orden de importancia:

1. Leña
2. Hongos silvestres
3. Plantas medicinales
4. Pasto popotillo (*Muhlenbergia quadridentata*)
5. Rocas para construcciones artesanales
6. Musgo

En este análisis se consideraron los dos primeros productos, pues sólo para estos se encontró información que permitió generar un aproximado de su valor económico.

Para el caso de la leña se estimó el porcentaje de personas que acarrear leña de acuerdo a la Encuesta Nacional de Ingreso-Gasto de los Hogares de México-ENIGH (INEGI, 2014b). Esta encuesta reporta que 48% de los hogares rurales (en localidades de menos de 2,500 habitantes) utilizan leña como combustible. Además, la misma encuesta mencionada reporta que 52% de las personas en áreas rurales recolectan leña. Dado que el porcentaje de las personas que recolectan leña es muy similar al porcentaje de personas que usan leña como combustible, consideramos que es razonable suponer que las personas que usan leña la extraen ellos mismos. También suponemos que un ra-



dio de 10 kilómetros es una distancia máxima razonable para realizar esta actividad. Para obtener un estimado del precio se usó información de De los Ríos (2011) y Fernández (2013), obteniendo un promedio de 1.65 pesos (USD 0.09) por kilogramo (kg) de leña, actualizado por la inflación.

Para el caso de los hongos silvestres se utilizó un cálculo de Rodríguez-Bustos (2013), quien realizó una encuesta a pobladores de la zona aledaña al Parque Nacional y estima que se extrae un total de 150 toneladas de hongos silvestres al año. Para obtener un estimado del precio de este producto se utilizó información de Gómez-Peralta, Gómez-Reyes y Castro-Piña (2007) y de Garc (2007), quienes reportan un precio de 45 pesos (USD 2.48) por kg.

Para obtener el valor económico tanto de los hongos como de la leña se

TABLA 5.7. Tasa de cambio del valor de los PFNM (10 años)

Escenario	Unidades	Leña	Hongos	Total
Actual	Volumen (ton)	16,282	150	16,432
	Valor económico total (millones de pesos por año)	26.9	6.8	33.7
Optimista vs Tendencial	Volumen (ton)	5,698.7	52.5	5,751.2
	% de cambio	37%	37%	37%
	Valor económico (millones de pesos por año)	9.4	2.4	11.8
Pesimista vs Tendencial	Volumen (ton)	464.0	4.23	468.23
	% de cambio	-3%	-3%	-3%
	Valor económico (millones de pesos por año)	-0.8	-0.2	-1.0

Fuente: Elaboración propia

multiplicó el valor económico estimado por el área proyectada de bosque templado (en términos porcentuales, donde en el escenario actual el área de bosque representa el 100%).

5.5.2 RESULTADOS

Hoy en día, el consumo de leña en la zona de estudio se estimó en 16,282 toneladas al año¹⁷ con un valor de 26.9 millones de pesos (USD 1.48 millones) al año. Para los hongos el consumo es de 150 toneladas al año, con un valor aproximado de 6.8 millones de pesos (USD 0.4 millones) al año. Los resultados se presentan en la Tabla 5.7.

Estos resultados permiten identificar los siguientes hallazgos:

1. *Actualmente el Parque Nacional provee PFNM que tienen un valor económico de 33.7 millones de pesos al año.*
2. *En el escenario optimista se incrementan los PFNM en un 37% respecto al escenario tendencial, lo que genera un valor adicional de 11.8 millones de pesos al año (0.65 millones).*
3. *Bajo un escenario pesimista, los PFNM se reducen en un 3% con pérdidas anuales de 1 millón de pesos (USD 55.1 mil) al año.*

¹⁷ Resulta de multiplicar la población que acarrea leña por el promedio de peso que puede acarrear una persona. Se parte del supuesto de que toda la leña es para autoconsumo pues el porcentaje de hogares que consumen leña (52%) es muy parecido al de personas que acarrean leña (48%).

5.6. Actividades económicas

5.6.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

En complemento a los servicios ecosistémicos que provee el Parque Nacional, se analizó el cambio en los retornos de las tres actividades económicas principales, considerando el cambio en el área potencialmente ocupada por cada una de estas actividades según cada escenario, así como el cambio en la rentabilidad por hectárea comparando las prácticas del *statu quo* versus otras que elevan la sostenibilidad. En particular, se compara:

1. Agricultura de temporal versus milpa mejorada;
2. Ganadería extensiva versus sistema silvopastoril;
3. Manejo forestal inexistente versus manejo forestal sostenible. En este caso no se consideran los programas de manejo autorizados por SEMARNAT fuera del Parque Nacional, es decir, no se incluye el manejo forestal sostenible actual.

Se parte del supuesto de que actualmente no existen a escala relevante para propósitos de cuantificación las prácticas sostenibles en el área de estudio, por lo que en el escenario



tendencial y pesimista, se asume que las prácticas siguen siendo de acuerdo al *statu quo*.

Además de tener el potencial de elevar los ingresos de las personas que se dedican a este tipo de actividades, las prácticas sostenibles también generan beneficios ambientales, en particular, capturar carbono, evitar erosión de suelos y reducir la presión por el cambio de uso de suelo. La captura de carbono proviene de incrementar la vegetación en el sitio donde se rea-



Holbox / Shutterstock.com

lizan. Se evita la erosión al mejorar la actividad agrícola. La reducción de la presión para expandir la frontera agrícola sucede cuando se produce más con la misma extensión de tierra. Estos beneficios no se consideran en esta sección, pues los dos primeros se tratan en secciones anteriores y el tercero forma parte de lo que hará factible el escenario optimista.

Los números reportados en esta sección para agricultura y ganadería provienen de información previamente

recopilada en los estudios de Lara, Guevara y Alba (2014). La información específica que se utilizó incluye los conceptos de costos y beneficios de cada una de las cuatro alternativas listadas (agricultura de temporal, ganadería extensiva, milpa mejorada y sistemas silvopastoriles) y posteriormente los valores económicos se adaptaron al contexto de la zona de estudio. Para adaptar estos valores se utilizaron las fuentes de información que se presentan en la Tabla 5.8.

Con esta información se modelaron las cuatro alternativas agropecuarias productivas identificadas. En el Anexo 6 se presentan los valores utilizados para este análisis.

Para el análisis relacionado con el aprovechamiento forestal, se utilizaron datos de Lara et al. (2014), precios de madera de pino y rendimientos de aprovechamiento forestal de este tipo de bosque en la región, con el objetivo de obtener el rendimiento de prácticas de manejo forestal sostenible. Para este estudio se cuantificó únicamente la posibilidad de cambiar predios sin manejo a predios con manejo, es decir, que aquellos predios que no tienen la autorización de SEMARNAT la obtengan. Por lo tanto, se supone que se modificarían

TABLA 5.8. Fuentes de información para los valores de agricultura y ganadería

Información	Fuente	¿Para qué se usó?
Producción y valor de la producción agropecuaria	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera	Precios de la leche Precios de productos agrícolas Rendimiento por hectárea de productos agrícolas
Precios de mercado de productos agropecuarios	Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados	Precio de ganado Peso del ganado
Existencias de ganado y producción de leche	Encuesta Nacional Agropecuaria 2012	Productividad lechera
Características de un sistema silvopastoril (SSP)	González (2013)	Tamaño del hato en un SSP. El estudio fue realizado para Michoacán y por tanto se ajustó el tamaño del hato al coeficiente de agostadero del Estado de México Costos de la infraestructura Costos de la plantación
Coeficientes de agostadero	Coeficientes de Agostadero por Entidad	Para determinar la cantidad de ganado que puede mantenerse en una hectárea
Cantidad de vacas que puede inseminar un toro	Tusk y Grado (2002)	Para determinar la cantidad de toros a comprar para inseminar el hato
Mortalidad del ganado	Segura-Correa et al. (2013)	Cifras sobre mortalidad promedio del ganado (para determinar el periodo de reposición)
Costos de mantenimiento del ganado	Gobbi y Casasola (2003)	Jornales necesarios por Unidad Animal Alimento adicional Sanidad Fertilizantes
Captura de carbono y emisiones	Giraldo, Zapata y Montoya (2008)	Captura de carbono en SSP Emisiones del ganado
Consumo de agua	El Tiempo (1998)	Consumo de agua del ganado
Peso de becerros	Mahecha et al. (2004)	Peso de los becerros al destete
Erosión de suelos	Cotler, López y Martínez-Trinidad (2007)	Costo de la erosión agrícola

Fuente: Elaboración propia

las prácticas de un manejo forestal inexistente a un manejo forestal sostenible. Este supuesto se corroboró con información de las entrevistas semiestructuradas en las que se comentó que el no poder obtener la autorización para un programa de manejo forestal era una limitante para manejar el bosque, lo que a su vez aumentaba la probabilidad de la tala clandestina. Asimismo, se supone que los predios que ya tienen la autorización manejan el bosque de manera sustentable (como lo estipula la ley). Aunque es probable que existan prácticas no sostenibles, dado que se consideran ilegales, obtener el valor de las mismas va más allá de los alcances de este estudio.

5.6.2. RESULTADOS

Los principales resultados por hectárea para prácticas agropecuarias se presentan en la Tabla 5.9.¹⁸ A partir de estos resultados se encuentran los siguientes hallazgos:

- La agricultura de temporal no es rentable. El valor presente neto (VPN) de esta actividad es de -1,599 pesos (USD -88.09) por hectárea, *lo que representa un valor anualizado de -169 pesos (USD 9.31) por hectárea* (Tabla 5.9). En principio, este resultado indicaría que la agricultura de temporal no sería una actividad practicada en la zona de



estudio. Sin embargo, es importante señalar que esta actividad está subsidiada (por ejemplo, a través del programa PROAGRO productivo) a través de apoyos económicos del gobierno por realizar la actividad agrícola. Como referencia, el apoyo de PROAGRO a productores de hasta 5 hectáreas es de entre 1,300 y 1,500 pesos (USD 72-83) por hectárea, lo cual es mayor a la pérdida económica por hectárea anual que se presenta en la Tabla 5.9

- La actividad agrícola se podría volver rentable si se implementan mejores prácticas. El VPN de estas prácticas es de 16,900 pesos (USD 931) por hectárea. En este caso, *el valor anualizado es de 1,793 pesos (USD 99) por hectárea.*
- Aunque la ganadería extensiva es rentable, esta rentabilidad es menor que la intensificación pecuaria a partir de sistemas silvopasto-

¹⁸ Los resultados aquí descritos se basan en información de Lara et al. (2014) adaptada a los precios locales.

TABLA 5.9. Rentabilidad por hectárea de prácticas agropecuarias y forestales

Parámetro	Valor (<i>statu quo</i>)	Valor (prácticas mejoradas)	Valor adicional (en pesos)	Unidades
Valor anualizado agricultura	-169	1,793	1,962	Pesos/año
Valor anualizado ganadería	1,247	5,648	4,401	Pesos/año
Valor anualizado manejo forestal	0	162	162	Pesos/año

Fuente: Elaboración propia

riles. En el primer caso, *el valor anualizado es de 1,247 pesos (USD 69) por hectárea y en el segundo es de 5,648 pesos (USD 311) por hectárea*, lo que significa un valor adicional de 4,401 pesos (USD 242) por hectárea.

- La rentabilidad de promover prácticas de aprovechamiento forestal sostenible (programas de manejo forestal donde se establecen los volúmenes de extracción sostenible) *es de 162 pesos por hectárea por año (USD 8.92)*. La rentabilidad de prácticas de manejo forestal no sostenibles (*es statu*) se consideró como cero ya que, siendo una actividad que se considera ilegal, obtener un valor preciso iría más allá de esta consultoría.

Un tema adicional es la sensibilidad de la rentabilidad de las opciones analizadas a cambios en los precios, rendimientos agropecuarios y precios de algunos insumos. En particular, los resultados indican que:

- i. La milpa mejorada es muy sensible a cambios en el precio del jornal. Un incremento de 45% en el precio del jornal (o en la cantidad de jornales necesarios) causa que esta actividad deje de ser rentable. Algo similar ocurre con el precio (o rendimiento por hectárea) del frijol, un cultivo considerado en la milpa mejorada. Si el precio (o su rendimiento por hectárea) disminuye en 26%, el proyecto deja de ser rentable. Respecto al precio del maíz

(o su rendimiento por hectárea), cualquiera de los dos tendría que disminuir en 45% para que la actividad deje de ser rentable.

ii. En el sistema silvopastoril, la rentabilidad es muy sensible a la productividad lechera o precio de la leche. El proyecto deja de ser rentable si hay una disminución en el precio (o en la productividad lechera) de 77%. Al respecto, es preciso señalar que el mercado de la leche en zonas rurales es frecuentemente inexistente, por la falta de compradores. Sin este tipo de mercados, la implementación de este tipo de proyectos podría no ser factible.

iii. También observamos que la rentabilidad de la agricultura de temporal y de la ganadería extensiva es bastante sensible a los parámetros mencionados. En el caso de la agricultura de temporal, se generarían pérdidas si el precio del jornal (o la cantidad de jornales necesarios) se incrementa en 23%. En el caso de la ganadería extensiva, la actividad deja de ser rentable con una disminución de 48% en el precio de la leche (o en la productividad lechera). Nótese que en ambos casos la rentabilidad es más sensible a estos parámetros en las actividades tradicionales que en las prácticas mejoradas; es

decir, la reconversión productiva disminuye dicha sensibilidad.

iiii. En cuanto al aprovechamiento forestal, los datos indican que esta alternativa es sensible a la salud del ecosistema. Es decir, los rendimientos positivos en años tempranos dependen de las condiciones en las que se encuentre el bosque (Lara et al., 2014).

Con los resultados obtenidos se estimaron los beneficios potenciales que se obtendrían en cada escenario como se muestra en la Tabla 5.10. Los resultados indican que:

- En el escenario optimista hay potencial para establecer 14,315 hectáreas de milpa mejorada y 3,125 hectáreas de sistemas silvopastoriles. En total, el beneficio neto adicional



Ben Madriga / Shutterstock.com



Pueden generarse beneficios adicionales valorados en 161 millones de pesos (9 millones de dólares) al año si se adoptan prácticas productivas sustentables –milpa mejorada, sistemas silvopastoriles y un manejo forestal sustentable– tanto en el Parque Nacional como en la Reserva de la Biosfera Los Volcanes (designada por la UNESCO).

de transformar las prácticas agropecuarias ascendería a 41.8 millones de pesos (USD 2.3 millones) al año que serían recibidos por los pobladores locales, de los cuales 28.1 provendrían de la agricultura y 13.8 de la actividad pecuaria. Respecto al manejo sostenible, se identifican

37,855 hectáreas con potencial para establecer esta práctica, lo que generaría un beneficio de 6.1 millones de pesos (USD 336 mil) al año.

- En el escenario pesimista, esta misma área que se transformaría en el escenario optimista se mantendría bajo prácticas actuales, lo que generaría un valor de 1.5 millones de pesos (USD 82.6 mil) al año, de los cuales una pérdida de 2.4 millones (USD 132 mil) corresponden a la agricultura de temporal y una ganancia de 3.9 millones (USD 215 mil) corresponden a la ganadería extensiva.

TABLA 5.10. Actividades económicas en la región circundante al Parque Iztaccíhuatl–Popocatepetl bajo distintos escenarios (10 años)

Escenario	Unidades	Ag. de temporal	Milpa Mejorada	Gan. extensiva	SSP	Manejo forestal	Manejo forestal sostenible
Optimista vs Tendencial	Ha	0	14,315	0	3,125	0	37,855
	VET (millones de pesos/año)	0	28.1	0	13.8	0	6.1
Pesimista vs Tendencial	Ha	14,315	0	3,125	0	0	0
	VET (millones de pesos/año)	-2.4	0	3.9	0	0	0

NOTA: Se partió del supuesto de que las hectáreas que tienen el potencial de convertirse a prácticas mejoradas permanecen bajo prácticas convencionales en el escenario pesimista y sólo se consideran los beneficios/pérdidas adicionales de estas hectáreas en las distintas comparaciones de escenarios.



5.7. Resultados totales

Marco Regalia / Shutterstock.com



Utilizando el escenario tendencial como línea de base, se calcularon los costos y beneficios de 1) reducir la tasa de deforestación a cero y transformar áreas degradadas/deforestadas en zonas forestales (escenario optimista) y 2) dejar duplicar la deforestación (escenario pesimista). Los resultados se observan en la Tabla 5.11.

Los resultados indican que promover cambios en el manejo que conlleven un aumento en la cobertura vegetal de la zona de estudio (escenario optimista) tienen beneficios de aproximadamente 426 millones de pesos (USD 23.5 millones) al año. Para el Parque Nacional, detener la deforestación dentro del polígono tiene beneficios de 47.5 millones de pesos (USD 2.6 millones) al año.



El Parque Nacional Izta-Popo puede generar beneficios económicos adicionales, al mejorar el manejo, en 47.5 millones de pesos al año (2.6 millones de dólares) por infiltración de agua y secuestro de carbono.

Por otro lado, si la deforestación regresara a tendencias de los años 80 y 90, duplicándose en comparación con la situación actual, en la zona de estudio habría pérdidas por 73.2 millones de pesos (USD 4.0 millones) por año. En relación al PNIP, si las tendencias de deforestación continúan, se observarían pérdidas (provenientes de costo de reemplazo y costo de oportunidad) por 20 millones de pesos (USD 1.1 millones) por año.

TABLA 5.11. Análisis Costo-Beneficio para la Zona de Estudio y el Parque Nacional Iztaccíhuatl- Popocatepetl

ESCENARIO
OPTIMISTA
VERSUS
TENDENCIAL

Valores anuales	Zona de Estudio	PNIP
Captura de Carbono	\$154,899,260.91	\$6,325,121.07
Control de la Erosión	\$473,007.37	
Infiltración Hídrica	\$210,869,281.50	\$41,212,665.00
PFNM	\$11,790,000.00	
TOTAL SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	\$378,031,549.78	\$47,537,786.07
Milpa Mejorada	\$28,086,030.00	
Sistemas Silvopastoriles	\$13,573,125.00	
Manejo Forestal Sostenible	\$6,132,510.00	
TOTAL ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	\$47,791,665.00	
TOTAL	\$425,823,214.78	\$47,537,786.07

ESCENARIO
PESIMISTA
VERSUS
TENDENCIAL

Valores anuales	Zona de Estudio	PNIP
Captura de Carbono	\$-72,206,079.81	\$-30,249,744.66
Control de la Erosión	\$-1,283,877.14	
Infiltración Hídrica	\$1,298,635.00	\$10,193,664.00
PFNM	\$-1,010,000.00	
TOTAL SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	-\$73,201,321.95	-\$20,056,080.66
Milpa Mejorada	-\$2,419,235.00	
Sistemas Silvopastoriles	\$3,896,875.00	
Manejo Forestal Sostenible	0	
TOTAL ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	\$1,477,640.00	
TOTAL	-\$73,201,321.95	-\$20,056,080.66



6. Discusión y recomendaciones

Los análisis que se llevaron a cabo en este estudio demuestran que el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y la región colindante (zona de estudio) proporcionan un valor económico importante para varios grupos de actores a través de los servicios ecosistémicos que proveen. Además, demuestran que las actividades productivas sostenibles ofrecen, por un lado, un posible incremento en las ganancias para los pobladores y, por otro, representan parte de la solución para reducir la progresiva degradación de los ecosistemas de la región.

Estos montos visibilizan, por un lado, el gran valor de asegurar un futuro sostenible en la zona de estudio. Por otro, dan luces sobre el nivel de inversión en el PNIP y sus alrededores que sería justificado en términos económicos. Cualquier costo menor a los 426 millones de pesos al año que promueva que se disminuya la agricultura para transformarla en sistemas agroforestales o eventualmente en bosque templado, que aumenten actividades de reforestación y restauración para convertir la vegetación secundaria arbórea y arbustiva en bosque templado, y que conviertan pastizales degradados en sistemas silvopastoriles (sólo el que tiene po-





tencial de producción), resultaría en un retorno positivo de la inversión. Una inversión en el Parque Nacional de 47.5 millones de pesos al año que logre detener la degradación aumentando la prevención y control de incendios y la vigilancia para reportar y disminuir la tala ilegal también tendría un retorno positivo de la inversión.

Estos resultados justifican acciones en tres campos:

Primero. Incrementar el presupuesto de manejo del PNIP. Un aumento en el presupuesto podría incrementar los programas de educación para los visitantes, contribuir a una mejor prevención y control de incendios, y aumentar la vigilancia para reportar y disminuir las actividades ilegales. A su vez, un mayor presupuesto pro-

movería que la CONANP tuviera una mayor incidencia con los pobladores locales para generar cambios en las prácticas de actividades agropecuarias y forestales. Los fondos adicionales al presupuesto actual pueden originarse del erario público, o, al menos en parte, de aumentar el cobro de derechos.

Segundo. Promover planes de desarrollo rural sostenible y actividades económicas alternas (p. ej., milpa mejorada, manejo forestal sostenible y sistemas silvopastoriles) que conlleven una disminución de la degradación y deforestación de los ecosistemas. Los actores para llevar a cabo las acciones necesarias incluyen a las diferentes secretarías dentro de la Comisión Intersecretarial de Desarrollo Rural Sustentable y a los gobiernos locales que inciden en la región.



Se propone en particular la alineación de la política agropecuaria con la política ambiental en la zona de estudio. Sería deseable que la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) formulen actividades coordinadas a través de fondos concurrentes con objetivos específicos. Una posibilidad es reorientar algunos subsidios que otorga la SAGARPA a la reconversión productiva, con reglas específicas que sean concertadas con la CONAFOR y la CONANP.

La esencia de este modelo es que cada una de estas dependencias genere resultados que sean deseables para su sector. En este caso, la SAGARPA promovería la productividad

agropecuaria en la periferia del PNIP y la CONAFOR podría compensar la captura de carbono y la contención de la deforestación a través de sus programas presupuestarios. La CONANP se vería beneficiada al ver reducidas las presiones para la ampliación de la frontera agropecuaria, la cual es probable que afecte al Parque Nacional en los próximos años, de acuerdo a la tendencia que se observa en los escenarios de deforestación que se generaron para la zona de estudio. Bajo este esquema, una inversión en la región a través de programas y apoyos de gobierno que estén coordinados y encaminados a la conservación y manejo sostenible de la región podría ser rentable si los costos para implementar estos programas y apoyos son menores a los 426 millones de pesos anuales de los beneficios identificados.

A su vez, la información generada en este estudio podría alertar a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) sobre la importancia de la conservación de los bosques de esta región para la provisión del servicio de infiltración hídrica, es decir, el mantener o incrementar la cobertura forestal en la región puede reducir los costos en que incurre esta Comisión.

Tercero. Informar a los pobladores locales y a los visitantes sobre el valor económico que proporcionan los servicios ecosistémicos de la región y promover un cambio hacia la adopción de mejores prácticas que conlleven a un aumento en la cobertura vegetal (p. ej. reforestación) y a prácticas de actividades económicas sostenibles (p. ej., sistemas silvopastoriles). De particular importancia son el servicio de infiltración hídrica para la provisión de agua a la Ciudad de México, Puebla y Morelos, y el almacenamiento de carbono por su contribución hacia las metas planteadas al 2020 en la Ley General de Cambio Climático de una tasa de cero por ciento de pérdida en ecosistemas originales. A nivel local se podría informar a los dueños de los terrenos sobre los beneficios que podrían recibir por aumentar la cobertura vegetal en sus terrenos (p. ej., a través de venta de carbono o un aumento en la cantidad y calidad de agua para autoconsumo) y de los beneficios económicos por llevar a cabo la reconversión productiva.

Con relación a la modificación de actividades económicas, será importante identificar y reducir las limitantes por las cuales no se ha visto una reconversión hacia mejores prácticas siendo éstas más rentables que las prácticas actuales. Las principales limitaciones para una adopción generalizada de este tipo de sistemas son: falta de información técnica, falta de financiamiento, falta de mano de obra calificada, altos costos de transacción y factores culturales que impiden el cambio.

Una solución factible sería apoyar a los pobladores locales para acceder con mayor facilidad a los programas de gobierno, por ejemplo, a los programas de CONAFOR (p. ej., obtener autorización para un programa de manejo forestal). Durante las entrevistas semiestructuradas se identificó que las comunidades que tienen la capacidad de acceder a los apoyos gubernamentales y una visión sostenible sobre el uso de los recursos naturales, utilizan este capital semilla para realizar transformaciones en el paisaje de manera positiva, lo que a su vez les facilita recibir mayores apoyos. Asimismo se comentó que, por el contrario, aquellas comunidades que no tienen acceso a los apoyos de gobierno no pueden invertir en actividades mejoradas dado que sus actividades económicas, muchas veces no sostenibles, son principalmente para autoconsumo. Aunado a

un mayor acceso a apoyos financieros a través de los programas de gobierno, éstos tienen que venir acompañados de capacitación para su buena implementación.

Para el caso del aprovechamiento forestal, los dueños de los terrenos entrevistados destacaron la importancia de frenar la tala ilegal para asegurar un manejo sostenible. Casos de éxito en la región señalan la importancia de contar con un programa de manejo forestal que promueva la vigilancia comunitaria, así como tener presencia constante de la autoridad para la efectiva aplicación de la ley. Sin embargo, este problema está presente todavía en la región, principalmente donde la PROFEPA y el mismo ejército no han podido detener a los delincuentes, que en muchas ocasiones están organizados y armados. Por otro lado, dado que la rentabilidad privada de manejar un bosque de manera no sostenible excede la del manejo sostenible, hay oportunidad también para promover un mecanismo de compensación que fomente la transición a prácticas sostenibles, considerando los beneficios que éstas brindan a la sociedad.

A través del presente estudio se han demostrado los importantes valores que provee el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y los inmensos valores que están en riesgo si las tendencias actuales de deforestación



y cambio de uso de suelo en la región aledaña (incluyendo la Reserva de la Biosfera Los Volcanes) no se revierten. En este caso, las soluciones son complejas y requieren de tiempo, pero los enormes beneficios del cambio y su importancia para el bienestar y sustento humano deberían ser suficientes para justificarlo. Se urge a los tomadores de decisiones de todos niveles a considerar al PNIP y las áreas naturales protegidas como un elemento importante de la economía mexicana y a entender que merecen la inversión adecuada, no sólo por sus valores biológicos y de protección del patrimonio natural, sino también por los servicios ecosistémicos que proveen.

BIBLIOGRAFÍA

- ➔ Almeida-Leñero, L., Nava, M., Ramos, A., Espinosa, M., Ordoñez, J. y Jujnovsky, J. (2007). Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, D. F. *Gaceta ecológica*, 84-85, pp. 53-64. Instituto Nacional de Ecología. México.
- ➔ Alonzo, Y. M., Ibrahim, M., Gómez, M. y Prins, K. (2001). Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice. *Agroforestería en las Américas*, 8(30): 24-27
- ➔ Amirnejad, H., Khalilian, S., Assareh, M. H. y Ahmadian, M. (2006). Estimating the existence value of north forests of Iran by using a contingent valuation method. *Ecological Economics*, 58(4), pp. 665-675.
- ➔ Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. B. y Neitsch, S. L. (2012). Soil & Water Assessment Tool: Input/Output Documentation. Texas Water Resources Institute. Disponible en: <http://swat.tamu.edu/documentation/2012-io/>
- ➔ Balvanera, P. y Cotler, H. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 185-245.
- ➔ Barbier, E. B. y Strand, I. (1998). Valuing mangrove-fishery linkages: A case study of Campeche, Mexico. *Environmental and Resource Economics*, 12(2), pp.151-166.
- ➔ Bezaury-Creel, J. E. (2009). *El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos*. The Nature Conservancy Programa México - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- ➔ Bezaury-Creel, J. E., Rojas-González de Castilla, S. y Makepeace, J. M. (2011). *Brecha en el financiamiento de las áreas naturales protegidas federales de México. Fases I y II*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México, 48 pp.

- ➔ Birdsey, R.A. (1992). Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems. General Technical Report WO-59. USDA Forest Service, Washington. DC. Disponible en: http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_wo059.pdf (Consulta: agosto 26, 2016).
- ➔ Brander, L., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B. y Verma, M. (2010). Chapter 5: The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. En TEEB (2010), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. Londres: Earthscan. Disponible en: <http://www.teebweb.org>
- ➔ Chagoya, J. (2004). Investment analysis of incorporating timber trees in livestock farms in the sub-humid tropics of Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 140 pp. (Tesis)
- ➔ Clavero, T. y Suárez, J. (2006). Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. *Pastos y Forrajes*, 29(3): 1-6.
- ➔ Clough, P. (2013). The value of ecosystem services for recreation. En Dymond, J. R. (Ed.). *Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends*. Lincoln, New Zealand. Manaaki Whenua Press.
- ➔ CONAFOR (2011a). Acuerdo por el que se integra y organiza la Zonificación Forestal. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de noviembre de 2011.
- ➔ CONAFOR (2011b). Acuerdo mediante el cual se emiten los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación. *Diario Oficial de la Federación*, 25 de febrero de 2011.
- ➔ CONAFOR (2013). *Propuesta de Actualización Programa Estratégico Forestal para México 2025*. México: CONAFOR.
- ➔ CONAFOR (2016) *Estrategia Nacional para REDD+* (para consulta pública). Disponible en: [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/6462Estrategia%20Nacional%20para%20REDD_%20\(para%20consulta%20pública\)%202015.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/6462Estrategia%20Nacional%20para%20REDD_%20(para%20consulta%20pública)%202015.pdf) (Consulta: agosto 26, 2016).
- ➔ CONANP (2010). *Ficha técnica de la Reserva de la Biosfera Los Volcanes*, 2010. En <http://iztapopo.conanp.gob.mx>

- ➔ CONANP (2013). Programa de Manejo Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.
- ➔ CONANP (2016). Áreas Protegidas Decretadas. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/ (Consulta: agosto, 2016).
- ➔ Conservation International (2008). *Economic values of coral reefs, mangroves and seagrasses: A global compilation*. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, Arlington, VA, 36 pp.
- ➔ Cotler, H., López, C. y Martínez-Trinidad, S. (2007). ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México. *Investigación ambiental*, 3(2): 31-34.
- ➔ De los Ríos, E. (2011). Uso de leña para uso industrial y comercial. Disponible en: http://www.uv.mx/apps/agronomia/dendro_2011/Inicio_files/legnaing.pdf (Consulta: septiembre 12, 2016).
- ➔ DEFRA (2007a) *An introductory guide to valuing ecosystem services*. Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK. Disponible en: <http://archive.defra.gov.uk/environment/policy/natural-environ/documents/eco-valuing.pdf>
- ➔ DEFRA (2007b) *The social cost of carbon and the shadow price of carbon: what they are, and how to use them in economic appraisal in the UK*. Disponible en: https://mprapub.uni-muenchen.de/74976/1/MPRA_paper_74976.pdf
- ➔ De Jong, B. (2001). *Cambio de uso de suelo y flujos de carbono en Los Altos de Chiapas, México*. El Colegio de la Frontera Sur, México.
- ➔ El Tiempo (1998). *Cuánta agua bebe el ganado*. Nota periodística. El Tiempo. 30 de marzo de 1998. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-776660> (Consulta: septiembre 6, 2016).
- ➔ Ecoosfera (2015). El desarme de la CONANP (Entrevista a Luis Fueyo Mac Donald). Disponible en: <http://ecoosfera.com/2015/10/conanp-cronica-de-una-caida-no-anunciada-entrevista-a-luis-fueyo-mac-donald/> (Consulta: agosto 5, 2016).

- ➔ EcoValor Mx (2015). Valoración de servicios ecosistémicos en áreas naturales protegidas federales en México. Disponible en: http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/workshops/Mexcio_2015_eea/Session%204%20-%20GIZ.pdf (Consultado en: 4 agosto, 2016).
- ➔ FAO (2011). *Situación de los bosques del mundo 2011*. Roma, FAO. <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf>
- ➔ Figueroa, S. B., Amante, A., Cortés, H. G., Pimentel, J., Osuna E. S., Rodríguez, J. M. y Morales J. F. (1991). *Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Colegio de Postgraduados (CREZAS), México.
- ➔ Galicia, L. y García-Romero, A. (2007). Land use and land cover change in highland temperate forests in the Izta-Popo National Park, Central México. *Mountain Research and Development*, 27(1), pp. 48-57.
- ➔ García-Frapolli, E. y Toledo, V. M. (2008). Evaluación de sistemas socioecológicos en áreas protegidas: un instrumento desde la economía ecológica. *Argumentos*, 21(56), pp. 103-116.
- ➔ Giraldo, A., Zapata, M. y Montoya, E. (2008). Captura y flujo de carbono en un sistema silvopastoril de la zona andina colombiana. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 16(4): 241-245.
- ➔ GIZ (2015). Valoración de los servicios ecosistémicos en áreas naturales protegidas. Disponible en: <https://www.giz.de/en/worldwide/32951.html> (Consulta: agosto 5, 2016).
- ➔ Gobbi, J. A. y Casasola, F. (2003). Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40): 52-60.
- ➔ Gómez-Peralta, M., Gómez-Reyes, V. M. y Castro-Piña, L. (2007) Comercialización de hongos silvestres comestibles en los mercados y tianguis de Morelia, Michoacán. *Biológicas*, 9(1), pp. 81-86. . Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- ➔ González, J. M. (2013). Costos y beneficios de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), con base en *Leucaena leucocephala* (Estudio de caso en el municipio de Tepalcatepec, Michoacán, México), *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(3): 35-50.
- ➔ Hamilton, L. S. (2009). Los bosques y el agua. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0410s/i0410s01.pdf> (Consulta: septiembre 3, 2016).
- ➔ Hernández García, M. A. y Granados-Sánchez, D. (2005). El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl-Zoquiapan y el impacto ecológico-social de su deterioro. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2), pp. 101-109.
- ➔ Husak, A. L. y Grado, S. C. (2002). Monetary benefits in a southern silvopastoral system. *Southern Journal of Applied Forestry*, 26(3): 159-164.
- ➔ INE (2002). *Potencial de recarga de acuíferos y estabilización de ciclos hídricos en áreas forestadas*. Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/recarga_acuiferos_est.pdf (Consulta: septiembre 3, 2016).
- ➔ INECC (2004). Fuente datos. Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/fuente_datos.pdf (Consulta: septiembre 5, 2016).
- ➔ INECC (2007). Instituto Nacional de Ecología. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/296/cap2.html> (Consulta: agosto 26, 2016).
- ➔ INECC (2010). El sector privado y el cambio climático, sitio web del INECC, Disponible en: <http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/sectprivcc/mercadobonos-carbono.html>, (Consulta: agosto 1, 2016).
- ➔ INEGI (2007). Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie IV, 1:250,000, México: INEGI.
- ➔ INEGI (2009). Carta Edafológica. Cartografía electrónica. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/edafologia/default.aspx> (Consulta: agosto 30, 2016).

- ➔ INEGI (2012). Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie V. Cartografía electrónica. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reccat/usosuelo/Default.aspx> (Consulta: agosto 30, 2016).
- ➔ INEGI (2014a). Sistema de Cuentas Nacionales de México: Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2013, Preliminar, Año Base 2008. México: INEGI.
- ➔ INEGI (2014b). Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares de México. Base de datos. México: INEGI.
- ➔ IPCC (2000). *Land use, land-use change, and forestry special report*. Cambridge University Press, 377 pp.
- ➔ Krutilla, J. V. (1967). Conservation reconsidered. *American Economic Review* 57(4): 777-786.
- ➔ Lara, J. A., Guevara, A. y Alba, R., (2014). Costos y beneficios de diferentes tipos de uso de suelo en México. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México (Alianza México-REDD+), Ciudad de México.
- ➔ López y López, H. A. (2007). Izta-Popo: la fábrica de agua. *Matria*, no. 2, marzo.
- ➔ Mahecha, L., Giraldo, D., Arroyave, J. F. y Restrepo, L. F. (2004). Evaluación del silvopastoreo como alternativa para el manejo del destete precoz en terneros Cebú. *Livestock Research for Rural Development*, 16(5).
- ➔ Martínez-Luis, D., Ávila-Dorantes, J. A., I. Caamal-Cauich, I. y García-Figueroa, F. (2008). Multiplicador del gasto público en México y el gasto en el sector agropecuario (1980-2001). *Textual*, (52): 49-74.
- ➔ Millenium Ecosystem Assessment, MEA (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington: Island Press. Disponible en: <http://www.unep.org/maweb/documents/document.356.aspx.pdf>.
- ➔ Ordóñez, J. A. B. (1999). *Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. Ciudad de México.

- ➔ Ordoñez J. A. B., De Jong, B. H. J., García-Oliva, F., Aviña, F. L., Pérez, J. V., Guerrero, G., Martínez, R. y Masera O. (2008). Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 255(7): 2074-2084.
- ➔ Osorio, M. y Ramírez, I. L., (sin fecha). Ponencia: Planeación para el turismo sustentable en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.
- ➔ Pardos, J. A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- ➔ Pereyra-Díaz, D., Gómez-Romero, L. y Loeza-Hernández, F. (2005). Pérdida de suelo por erosión hídrica. En Rivera-Trejo F., Gutiérrez-López, A., Val-Segura, R., Mejía-Zermeño, R., Sánchez-Ruiz, R., Aparicio-Mijares, F. J. y Díaz-Flores, L. (Eds). *La medición de sedimentos en México*. Tabasco, México: IMTA-UJAT, pp. 61-84.
- ➔ Pinkus, J., Pinkus, M. A. y Ortega-Rubio, A. (2014). Recomendaciones para el manejo sustentable en las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia*, 22(60), pp. 102-110.
- ➔ Reid, J., Pace, M., Vásquez, F., Eyler, R., Bruner, A., Rogers-Bennett, L. y Kas-hiwada, J. (2016) *The Economic Benefits of the Red Abalone Fishery in Northern California*. Conservation Strategy Fund/ California Department of Fish and Wildlife
- ➔ Rodríguez, R., Jiménez, J., Aguirre, O. A., Treviño, E. J. y Razo, R. (2009). Estimación del carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la Reserva de la Biosfera el Cielo, Tamaulipas. *Ra Ximhai*, 5(3), pp. 317-327. Universidad Autónoma Indígena de México.
- ➔ Rodríguez-Bustos, L. (2013). Transformación del paisaje en la zona centro de la región Izta-Popo [1980-2013]. Tesis presentada a la Facultad de Economía de la Universidad Veracruzana, Región Xalapa.

- ➔ Rodríguez-Sánchez, V. y Calva-Vásquez, G. (2013). Estimación del carbono contenido en el bosque de Abies religiosa (H.B.K.) Schl et Cham. en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo. En Paz, F., Wong, J., Bazan, M. y Saynes, V. (Eds.), *Estado actual del conocimiento del ciclo del carbono y sus interacciones en México: Síntesis a 2013*. Programa Mexicano del Carbono.
- ➔ SAGARPA (sin año). Estimación de la erosión del suelo. Documento electrónico. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/23/01.pdf> (Consulta: agosto 30, 2016).
- ➔ Sanjurjo, E. y Carrillo, Y. (2006). Beneficios económicos de los flujos de agua en el Delta del Río Colorado: consideraciones y recomendaciones iniciales. *Gaceta Ecológica*, 80: 57-62.
- ➔ Segura-Castruita, M. A., Sánchez-Guzmán, P., Ortiz-Solorio, C. A. y Gutiérrez-Castorena, M. del C. (2005). Carbono orgánico de los suelos de México. *Terra Latinoamericana*, 23(1), pp. 21-28.
- ➔ Segura-Correa, J. C., Magaña-Monforte, J. G., Centurión-Castro, F. y Segura-Correa, V. M. (2013). Efecto de grupo racial y edad al primer parto sobre el número de partos durante la vida útil de vacas cebú. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 45(1), pp. 41-44.
- ➔ SEMARNAT (2016). Factores de Emisión. Disponible en: <http://www.mrv.mx/index.php/es/mrv-m/areas-de-trabajo/factores-de-emision/base-de-datos-fe.html> (Consulta: septiembre 5, 2016).
- ➔ Sobarzo-Fimbres, H. E. (2011). Modelo insumo-producto en formato de matriz de contabilidad social: estimación de multiplicadores e impactos para México, 2003. *Economía Mexicana*, vol. XX, núm. 2: 237-280.
- ➔ TEEB (2011). *The economics of Ecosystems and Biodiversity in national and international policy making*. Ed. Patrick ten Brink. Londres y Washington: Earthscan.
- ➔ Tusk, A. L. y S. C. Grado (2002). *Monetary Benefits in a Southern Silvopastoral System*, *Southern Journal of Applied Forestry*, 26(3): 159-164.

- ➔ Valdez, C. y Luna, R. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista BioCiencias*, 1(4), pp. 3–5
- ➔ Vásquez Lavin, F., Cerda Urrutia, A. y Orrego Suaza S. (2007). *Valoración económica del ambiente*. Buenos Aires, Thomson Learning.
- ➔ Vélez Otálvaro, M. V. y Vásquez Ariza, L. M. (2011). Métodos para determinar la recarga en acuíferos. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4442/1/EA3760.pdf> (Consulta: septiembre 3, 2016).
- ➔ Vidal-Zepeda, R. (1990). Precipitación Media Anual. Sitio web Catálogo de metadatos geográficos. México: CONABIO. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Consulta: septiembre 1, 2016).
- ➔ Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B. y Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*, 515(7525), pp. 67–73.
- ➔ Williams, J. R. (1995). Chapter 25, The EPIC Model, Chapter 25, pp. 909–1000. En Singh, V. P. (Ed.), *Computer Models of Watershed Hydrology*. Highlands Ranch, CO: Water Resources Publications.
- ➔ Yerena Yamallel, J. I., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., y Treviño Garza, E. J. (2012). Contenido de carbono total en los componentes de especies arbóreas y arbustivas en áreas con diferente uso, en el matorral espinoso tamaulipeco, en México. *Bosque (Valdivia)*, 33(2), 145–152. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002012000200004>



ANEXO 1.

Encuesta de Recreación Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl

DATOS PREVIOS		
Lugar (Entrada):	Hora: HH <input style="width: 30px;" type="text"/> MM <input style="width: 30px;" type="text"/> (24 horas)	Fecha: DD <input style="width: 30px;" type="text"/> MM <input style="width: 30px;" type="text"/> AA <input style="width: 30px;" type="text"/>
Nombre (Entrevistador):	Nombre (Capturista):	
Introducción		
<p>Buenos días/tardes/noches, mi nombre es _____, estudiante de la Universidad Iberoamericana. Estamos colaborando con la ONG Conservación Estratégica para llevar a cabo un estudio de derrama económica que deja el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl Zoquiapan a la zona aledaña. ¿Le podría hacer unas preguntas? El uso de la información que proporcione es estrictamente confidencial. La entrevista toma unos 10 minutos, y sería de gran utilidad para el Parque.</p>		
Sección A- Preguntas principales del MCV		

1. Es la primera vez que visita el Parque Nacional Izta Popo?

- 1.Sí
 2.No

2. (Si respondió No) Hasta donde recuerda, ¿cuántas veces al año visita en promedio el Parque Nacional Izta Popo?

- 1 8
 2 9
 3 10
 4 11
 5 12
 6 Más de 12
 7

3. ¿Cuántos días/horas duró o durará la presente visita? (tiempo en el parque solamente)

Días _____ Horas _____

4. ¿Qué actividades son las que realiza más frecuentemente cuando visita el Parque Nacional Izta Popo?

- 1.Observar la nieve (cuando hay)
 2.Senderismo
 3.Pasar el día – convivencia familiar
 4.Andar en bicicleta
 5.Alpinismo
 6.Observar la naturaleza/Volcanes
 7. Pasear a caballo (Solo Zoquiapan)
 8. Tomar la foto/ Observar en general
 9. Otra _____

5. Hasta donde recuerda, ¿cuántas veces durante el último año ha visitado los siguientes lugares y qué actividad principal ha realizado?

LUGAR	ACTIVIDAD	VISITAS
Nevado de Toluca		
La Marquesa		
Desierto de Los Leones		
Malinche		
Lagunas de Zempoala		
Pico de Orizaba		
Cofre de Perote		
Otro		

(Escribir lugar si otro)

6. ¿Cuál es el medio de transporte más común que utiliza para llegar a este Parque?

- 1. Auto
- 2. Transporte Público
- 3. Autobús foráneo
- 4. Otro _____

7. (Si auto), ¿Qué vehículo usa?

- 1. Marca _____
- 2. Submarca _____
- 3. Modelo _____

8. Comúnmente, ¿con cuántas personas viene a visitar el Parque (adicional a Ud.)? _____

9. Es importante saber desde dónde vienen los visitantes, ¿Nos puede proporcionar su código postal?

10. Puede indicar el gasto aproximado que realizó o realizará en esta visita de los siguientes rubros:

CONCEPTO	MONTO DE AMECAMECA O DE LLANO GRANDE HACIA EL PARQUE (PESOS)			
Hospedaje		NS		NS
Transporte		NS		NS
Alimentos		NS		NS
Servicios (baños, etc.)		NS		NS
Actividades ecoturísticas		NS		NS

NS: No Sabe

Sección B- Estamos interesados en saber lo que piensa acerca del Parque Nacional Izta Popo para la sociedad.

1. ¿Cómo cree que afecta el cuidado del Parque Nacional Izta Popo a las siguientes cosas?:

a. Aire limpio:

- 1. No afecta
- 2. Ayuda
- 3. Perjudica
- 4. No sé

b. Combatir el cambio climático:

- 1. No afecta
- 2. Ayuda
- 3. Perjudica
- 4. No sé

c. Recarga de ríos y lagos subterráneos (pozos):

- 1. No afecta
- 2. Ayuda
- 3. Perjudica
- 4. No sé

d. Reducción del riesgo de deslaves - control de la erosión:

- 1. No afecta
- 2. Ayuda
- 3. Perjudica
- 4. No sé

e. Mantener la diversidad de plantas y animales:

- 1. No afecta
- 2. Ayuda
- 3. Perjudica
- 4. No sé

f. Mantener la cultura local:

- 1. No afecta
- 2. Ayuda
- 3. Perjudica
- 4. No sé

2. ¿Cuál de las anteriores es más importante en el Parque Nacional Izta Popo?

3. Si usted pudiera realizar un cambio en el Parque, ¿cuál sería?

4. ¿Pertenece o contribuye con alguna organización, asociación o club ambientalista?

- 1. Sí
- 2. No

5. ¿Sabe que se cobra una tarifa para visitar el Parque Nacional?

- Sí, ¿de cuánto es? _____
- No

6. ¿Sabe que el Parque Nacional Izta Popo es un Área Natural Protegida?

- Sí,
- No

7. En la escala del uno al 10, ¿cuál es su percepción sobre el grado de conservación del Parque? (1 se refiere a un Parque totalmente degradado con un paisaje desagradable, con basura, cuerpos de agua contaminados, etc. y 10 a un Parque en excelente estado de conservación, con un paisaje bello, en buen estado de salud, sin basura, con agua cristalina, etc.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



Sección C- Características sociodemográficas – Ya para terminar, quisiéramos hacerle unas preguntas acerca de usted, toda esta información es anónima y confidencial y no se compartirá con nadie fuera del estudio.

1. Género:

- 1. Mujer
- 2. Hombre

2. Edad:

3. Estado civil:

- 1. Casado
- 2. Soltero
- 3. Viudo
- 4. Divorciado
- 5. Unión libre

4. ¿Incluyéndolo a usted, cuántas personas dependen económicamente de usted?:

5. ¿Cuál es su máximo grado de estudios?:

- 1. Primaria completa
- 2. Secundaria completa
- 3. Preparatoria completa
- 4. Licenciatura (no titulado)
- 5. Licenciatura (titulado)
- 6. Posgrado
- 7. Sin educación formal

6. ¿Cuál de las siguientes opciones describe mejor su principal ocupación?

- Trabajo (especificar cuál): _____
- Estudiante
- Hogar
- Retirado
- Desempleado
- Sin posibilidad de trabajar por enfermedad o discapacidad
- Otro (especificar): _____

7. ¿Cuál es su ingreso mensual aproximado por familia (en pesos mexicanos)?

- Menos de \$2,300
- Entre \$2,300 y \$4,000
- Entre \$4,000 y \$5,400
- Entre \$5,400 y \$6,700
- Entre \$6,700 y \$8,200
- Entre \$8,200 y \$10,000
- Entre \$10,000 y \$12,000
- Entre \$12,000 y \$15,000
- Entre \$15,000 y \$21,000
- Entre \$21,000 y \$48,000
- Más de \$48,000
- Declinó contestar

8. Finalmente, ¿qué opina de este cuestionario?

9. ¿Quisiera agregar algo más?

Le agradezco mucho que haya dedicado su tiempo para contestar esta encuesta y contribuir al estudio que estamos realizando. ¡Espero que disfrute mucho el resto de su visita!

Hora de terminación: ____: ____ (24 horas)



ANEXO 2. Metodología para la generación de los escenarios

A partir del módulo Scenario Generator (generador de escenarios) de la plataforma InVEST¹⁹ se generaron los tres escenarios descritos. Estos escenarios fueron generados con base en el cambio de uso de suelo y vegetación entre 2007 y 2012 en la zona de estudio, según la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Series IV y V (INEGI 2007 y 2012, respectivamente). El escenario optimista se construyó a partir de la Zonificación Forestal, realizada por la CONAFOR (2011a), la cual asigna el potencial productivo, de restauración y de con-

servación forestal de los distintos tipos de uso de suelo y vegetación de México. Esta zonificación puede incluir cualquier tipo de vegetación (p. ej., actualmente agrícola) y depende del potencial para realizar actividades forestales (p. ej., de restauración, producción forestal y conservación).

El módulo de generación de escenarios de InVEST requiere construir una matriz de usos de suelo y vegetación (USV), en la que en los renglones están los USV anteriores y en las columnas los USV posteriores al

19 http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/scenario_generator.html



cambio, y en cada celda se establece la factibilidad de que un USV cambie a otro USV. Esta factibilidad se mide del 0 al 10, siendo 10 la máxima factibilidad de cambio. Por ejemplo, si es muy probable que un área boscosa se convierta a agricultura, esta celda tendrá un valor cercano a 10. El proceso que se realizó para generar esta matriz para este estudio fue el siguiente:

- i. Se delimitó la zona de estudio a un área de 10 kilómetros alrededor del Parque Nacional. Cabe señalar que esta área es suficientemente grande para incluir el área de la RBLV.
- ii. Para el área de estudio, se interseccionaron las cartas de uso de suelo y vegetación (2007 y 2012) para obtener las áreas de cambio de USV.
- iii. Se generó un campo que contiene el área (en hectáreas) de cada intersección.
- iv. Se generó una tabla dinámica en Excel a partir de la tabla (dbf) de la capa cartográfica interseccionada. Esta tabla contiene la categoría de uso de suelo y vegetación de 2007 en los renglones, la de 2012 en las columnas y en cada celda el área de cada intersección. Esta operación constituye una matriz de cambio de USV expresada en hectáreas.

- v. Se sustituyó la traza de la matriz (la diagonal de la matriz, donde los usos de suelo y vegetación son iguales) con elementos cero.
- vi. Cada celda se dividió entre el máximo del renglón que correspondiera. Esta operación expresa porcentualmente en cuál USV es más factible que se convierta el USV original. También cada celda se multiplicó por 10 y se redondeó a cero decimales. Con ello tenemos la medida de factibilidad de conversión que requiere InVEST para cada USV.

El módulo de InVEST también requiere que se establezca el área de cambio (sea en porcentaje o en hectáreas) de cada USV original. Este cambio se asignó a partir de los cambios estimados de las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación referidos para el área de agricultura y zonas urbanas, que es donde ha habido cambios positivos en el área. Específicamente, para el escenario tendencial se fijaron cambios anuales de 0.5% en agricultura de riego, 1.9% en agricultura de temporal y 3.1% en zonas urbanas. Estos cambios son los aumentos observados de estos tipos de usos de suelo y vegetación en la zona de estudio. Para el escenario optimista y pesimista, estos porcentajes se dividieron entre dos y multiplicaron por dos, respectivamente.

ANEXO 3.

Actividades y tipos de vegetación considerados en el escenario optimista

Antes	Después	Tipo	Suma de área
Agricultura de riego	Agricultura de riego		97
Agricultura de temporal	Agricultura de temporal		42,498
Bosque cultivado	Bosque cultivado		146
Bosque templado	Bosque templado		75,913
Agricultura de riego	Reforestación/Bosque templado	Conservación	681
Agricultura de temporal	Reforestación/Bosque templado	Conservación	6,868
Bosque cultivado	Reforestación/Bosque templado	Conservación	92
Veg. sec. arbórea	Reforestación/Bosque templado	Conservación	1,601
Veg. sec. arbustiva	Reforestación/Bosque templado	Conservación	3,368
Sin vegetación	Sin vegetación		5,204
Agricultura	Sistemas agroforestales	Producción	14,132
Bosque templado	Manejo forestal	Producción	22,831
Bosque cultivado	Plantación Forestal Comercial	Producción	1,848
Pastizal natural	Sistemas silvopastoriles	Producción	3,070
Urbano	Urbano		138
Veg. sec. arbórea	Reforestación/Manejo forestal	Producción	2,984
Veg. sec. arbustiva	Reforestación/Manejo forestal	Producción	12,040
Pastizal natural	Pastizal natural		4,344
Pradera de alta montaña	Pradera de alta montaña		6,516
Agricultura	Restauración/sistemas agroforestales	Restauración	183
Bosque cultivado	Restauración/Reforestación/Plantación Forestal Comercial	Restauración	530
Bosque templado	Restauración/Reforestación/Manejo forestal	Restauración	558
Pastizal natural	Restauración/Sistemas silvopastoriles	Restauración	56
Veg. sec. arbórea	Restauración/Reforestación/Manejo forestal	Restauración	182
Veg. sec. arbustiva	Restauración/Reforestación/Manejo forestal	Restauración	1,393
Urbano	Urbano		1,921
Veg. sec. arbórea	Veg. sec. arbórea		37
Veg. sec. arbustiva	Veg. sec. arbustiva		503
Total			209,733

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 4. Insumos para el modelo de control de la erosión

El modelo SDR requiere los siguientes insumos:

1. Un modelo de elevación digital (MED). Para ello se utilizó el modelo de elevación digital (MED) de INEGI²⁰ a una resolución de 120 metros.
2. Un ráster con el índice R . Para construir esta información se usa una ecuación ajustada para México, que relaciona el índice R

con los niveles de precipitación promedio anuales. Esta ecuación fue estimada por Figueroa et al. (1991). Los autores estiman el índice R para las distintas regiones hidrológicas del país. Para la zona de estudio esta ecuación es:

$$R = 1.9967P + 0.00327P^2$$

Donde R es el índice de erosividad por lluvia y P es la precipitación anual promedio.

20 Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>

3. Un ráster con el índice K . Para construir este índice se utilizó la ecuación propuesta por Williams (1995), que relaciona el índice K con características de los suelos. La ecuación es:

$$K = (f_{\text{arena-gruesa}})^a \cdot f_{\text{limo-arcill}} \cdot f_{\text{contenido-orgánico}} \cdot f_{\text{arena-fina}} \cdot 0.1317$$

Donde los parámetros f son factores que dependen del contenido de arena gruesa, limo-arcilla, materia orgánica y arena fina en los suelos. Estos factores (f) están expresados a su vez como funciones de las características de los suelos mencionadas (estas funciones pueden consultarse en Arnold et al., 2012). Finalmente, el factor 0.1317 se utiliza para transformar las unidades que se utilizan en Estados Unidos para el índice K ($\text{ton métrica m}^2 \text{ hr/m}^3 \text{ ton métrica cm}$) a las unidades $\text{ton} \cdot \text{ha} \cdot \text{hr} / (\text{MJ} \cdot \text{ha} \cdot \text{mm})$ que utiliza la plataforma InVEST.

Para asignar las características de los suelos y construir las funciones f , se utilizó la Carta Edafológica de INEGI (2009). Esta Carta contiene información sobre perfiles de suelo (capas de suelo) y horizontes de suelo (zonas continuas de suelo). Los perfiles de suelo contienen características de distintos tipos de suelo (profundidad, estructura, entre otras) que son necesarias para calcular el índice K .



La información de perfiles sólo está disponible para algunos puntos de muestreo que cubren todo el país y, por lo tanto, existen algunos tipos de suelo (alrededor de 20% del total) para los que no se cuenta con estas características. Para completar esta información faltante se asignaron las características de los perfiles de suelo a los tipos de suelo para los que no se tenía información con la condición de que compartieran elementos comunes. Estos elementos comunes son el nombre del suelo y su clasificador primario y secundario (véase INEGI, 2014 para mayores detalles sobre las clasificaciones de suelos).

El proceso que se realizó fue: (i) asignar el promedio de las ca-



racterísticas de los perfiles de suelo para los que sí se tenía información a los suelos de los que no se tenía información pero que compartían el mismo nombre y clasificador primario, (ii) para los suelos a los que todavía no se les podían vincular características, se les asignó el promedio de las características de perfiles que compartieran el mismo nombre y clasificador secundario, (iii) para los suelos que todavía no se habían clasificado, se les asignaron las características promedio de los suelos que compartieran el mismo nombre. Con este proceso fue posible completar todas las características de todos los tipos de suelo del país y posteriormente estimar el índice K .

4. El factor LS es calculado automáticamente por el modelo a partir del MED.
5. Un ráster con usos de suelo y vegetación. Para construir este ráster se utilizó la Carta de Usos de Suelos y Vegetación, Serie V, de INEGI (2012), a una resolución de 1:250,000.
6. Una tabla de códigos de los usos de suelo y vegetación y los factores C y P para cada uno de ellos. Estos factores fueron obtenidos de Pereyra-Díaz et al. (2005) y de SAGARPA (sin año). En particular, Pereyra-Díaz et al. (2005) reportan el factor C para distintos tipos de vegetación en México y SAGARPA (2013) reporta valores de P para distintas prácticas agrícolas.



ANEXO 5. Insumos para el modelo de infiltración hídrica

Para obtener un estimado de la recarga de acuíferos el modelo requiere la siguiente información:

1. Un modelo de elevación digital (MED). Se utilizó el Modelo de Elevación Digital de INEGI a una resolución de 120 metros.²¹ A partir del MED, el modelo SWAT identifica los cauces de agua, los cuales sirven a su vez para delimitar las subcuencas.
2. Cartografía de usos de suelo y vegetación. Se utilizó la Carta de Usos de Suelo y Vegetación, Se-

rie V, a una resolución 1:250,000, de INEGI (2012). El modelo SWAT requiere vincular los usos de suelo y vegetación a características específicas de cada uno de éstos que tienen impactos en el ciclo hidrológico. Para hacer esta vinculación se clasificaron los diferentes usos de suelo y vegetación del área de estudio en tipos que ya están incorporados en el modelo SWAT. Cabe señalar que estas características están adaptadas al contexto de Estados Unidos y una vinculación local requeriría recopilar información en campo, lo

²¹ Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmda.aspx>



cual está más allá del alcance del presente estudio.

3. Cartografía sobre suelos. Se utilizó la Carta Edafológica de INEGI (2009) y se asignaron las características del suelo de acuerdo a como se describió en la Sección 4.4.1. A partir de la cartografía de vegetación y de suelos, el modelo SWAT genera unidades de respuesta hidrológica (HRU por sus siglas en inglés). Cada una de estas unidades se distingue por tener un tipo de suelo y vegetación en una determinada subcuenca.

4. Información climática. Se utilizó información del sitio *Global Weather*²² de la Universidad de Texas, que proporciona datos diarios de precipitación promedio, radiación solar, humedad relativa, temperatura promedio y velocidad del viento de 1979 a 2014 proveniente del Climate Forecast System Reanalysis. Esta información se utiliza para simular la precipitación en el área de estudio y estimar la evapotranspiración. Cabe señalar que los niveles de precipitación que se obtuvieron para las estaciones cercanas al área de estudio están por arriba del promedio registrado en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, la cual está entre 800 y 1,200 mm al año, de acuerdo con información de Vidal-Zepeda (1990). Para corregir esta diferencia se extrapolaron los datos de precipitación obtenidos en el sitio de la Universidad de Texas para que su promedio anual fuera igual a 1,000 mm (el punto medio de la precipitación que reporta el autor). De no haber realizado esta modificación se habría sobreestimado la recarga de acuíferos. Una vez realizada la modificación, el modelo SWAT estima una precipitación de 939 mm al año, la cual es muy cercana al nivel de precipitación que ocurre en la zona.

22 <http://globalweather.tamu.edu/>

ANEXO 6.

Tablas de costos y beneficios

AGRICULTURA DE TEMPORAL

Impacto	Categoría	Frecuencia	Unidad de medida	Cantidad	Precio	Fecha inicio	Fecha final
Costo	Jornal	Anual	Jornal	44	80	may-16	abr-39
Costo	Semilla	Anual	Kilogramos	20	5	jun-16	may-39
Costo	Pesticidas y herbicidas	Anual	Hectáreas	1	800	may-16	abr-39
Costo	Material primera fertilización	Anual	Bolsas	10	190	jul-16	jun-39
Costo	Erosión de suelos	Anual	Hectáreas	1	603.2	ene-16	dic-39
Costo	Bomba para fumigación	Sexenal	Bomba	1	1000	ene-16	dic-39
Beneficio	Valor de la producción de maíz	Anual	Toneladas	1.42	4500	dic-16	nov-39
Beneficio	Valor de la producción de rastrojo	Anual	Hectáreas	1	300	dic-16	nov-39

Fuente: Elaboración propia.

MILPA MEJORADA

Impacto	Categoría	Frecuencia	Unidad de medida	Cantidad	Precio	Fecha inicio	fecha final
Costo	Jornal	Anual	Jornal	53	80	may-16	abr-39
Costo	Semilla maíz	Anual	Kilogramos	10	5	jun-16	may-39
Costo	Semilla frijol	Anual	Kilogramos	13	10	sep-16	ago-39
Costo	Pesticidas y herbicidas	Anual	Hectáreas	1	800	may-16	abr-39
Costo	Material fertilización maíz	Anual	Bolsas	5	190	jul-16	jun-39
Costo	Material fertilización maíz	Anual	Hectáreas	1	1000	jul-16	jun-39
Costo	Bomba para fumigación	Inicial (única vez)	Bomba	1	1000	ene-16	dic-39
Beneficio	Valor de la producción de maíz	Anual	Toneladas	1.0224	4500	dic-16	nov-39
Beneficio	Valor de la producción de rastrojo	Anual	Hectáreas	0.5	300	dic-16	nov-39
Beneficio	Valor de la producción de frijol	Anual	Toneladas	0.29	24500	ene-16	dic-39
Costo	Capacitación	Inicial (única vez)	Taller	1	150	ene-16	dic-39
Costo	Seguimiento	Cada 2 meses	Visita	1	430	ene-16	dic-39

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 7.

Identificación de los SE que provee el ANP

En esta sección se describen los (SE) identificados que provee el PNIP. Se describe cómo se integró esta parte del análisis con los actores y amenazas descritos previamente.

A través de una primera recopilación de información bibliográfica (revisión de programas de manejo y documentos relacionados con SE, discusiones con la CONANP/GIZ, y la visita de reconocimiento al PNIP, se generó un mapa inicial de SE que se muestra a continuación (Cuadro 1). La denominación de los servicios en el Cuadro 3 se definió de acuerdo a la Clasificación Común Internacional de los Servicios Ecosistémicos (CICES, por sus siglas en inglés).²³ Este cuadro representa el universo de los SE que potencialmente genera el ANP (totalidad de los SE generados).

A partir de los servicios identificados se aplicaron los siguientes criterios de selección:

- i. Calidad de la información. Que fuera factible obtener un estimado razonable del valor económico de

los servicios a partir de métodos de valoración aplicables dentro de las limitaciones del proyecto, o a partir de la información disponible.

- ii. Que tuvieran asociado un valor económico significativo. Este criterio consiste en una valoración *ex ante* y subjetiva sobre la magnitud del valor económico a obtener y se basa en la experiencia del equipo consultor.
- iii. Que estuvieran asociados a alguna amenaza u oportunidad que enfrenta el PNIP.
- iv. Que fueran vistas como importantes por los actores que se busca influenciar.

Los servicios seleccionados para llevar a cabo una valoración económica se enlistan a continuación. Cabe señalar que varios de estos servicios se generan dentro del polígono del PNIP y en la zona de influencia descrita en este documento como la RBLV. Desde esa delimitación geográfica se analizarán.

²³ Este sistema de clasificación es una iniciativa de la Agencia Ambiental Europea (EEA por sus siglas en inglés) con la colaboración de la División de Estadística de las Naciones Unidas (UNSD por sus siglas en inglés). El CICES tomó como punto de partida la tipología de servicios ecosistémicos sugerida en el Millenium Ecosystem Assesment (MA, 2005) y se complementó con temas relevantes que se han discutido al respecto en la literatura especializada (Haines-Young and Potschin, 2013). El sistema tiene 4 niveles de desagregación y se puede consultar la clasificación completa en el siguiente vínculo <http://cices.eu/>.



CUADRO 1. Servicios ecosistémicos que genera el Parque Nacional Iztaccíhuatl- Popocatépetl

Sección	División	Grupo	Clase
Aprovisionamiento	Nutrición	Biomasa	Productos forestales no maderables
	Materiales	Biomasa	Productos forestales maderables
Regulación y Mantenimiento	Mediación de flujos	Flujos de masa	Control de la erosión
		Flujos líquidos	Servicios hidrológicos (provisión de agua)
	Mantenimiento de condiciones físicas, biológicas y químicas	Mantenimiento del ciclo de vida	Polinización y dispersión de semillas
		Composición atmosférica	Captura de carbono
Cultural	Interacción física e intelectual con el entorno	Interacciones físicas	Uso físico del paisaje (turismo)
			Experiencias en el uso del suelo, animales y paisaje
		Interacciones intelectuales	Uso científico
			Uso educacional
	Valor cultural		
	Interacciones espirituales, simbólicas y otras	Emblemáticas	Valor simbólico
		Otros	Valor de existencia
Valor de herencia			

Fuente: Elaboración propia con base en la clasificación de Haines-Young y Potschin (2013).

- | | |
|--|---|
| i. Control de la erosión (PNIP y la zona de influencia - RBLV) | iv. Provisión de productos forestales no maderables (PNIP) |
| ii. Provisión de agua (PNIP y la zona de influencia - RBLV) | v. Uso físico del paisaje - turismo (PNIP) |
| iii. Captura de carbono (PNIP y la zona de influencia - RBLV) | La provisión de agua es sumamente relevante por la importancia del área |

como zona de distribución de recursos hídricos para la cuenca de México, el poniente del estado de Puebla y los valles de Cuernavaca, Cuautla y Yautepec. La captura de carbono se seleccionó dada su importancia como valor global en temas de cambio climático, la relevancia del tema para México y porque existen varios estudios de la zona. El control de la erosión y la provisión de productos forestales no maderables se seleccionaron por su importancia como valores locales. Finalmente, el uso físico del paisaje para turismo se seleccionó dada la relevancia de este valor para el personal del PNIP, entre otras cosas por su rol directo y tangible en la percepción de la gente local sobre el valor del ANP.

Dentro de los SE que no se seleccionaron pero que eran relevantes para el personal del ANP se encuentra la belleza escénica. Podemos distinguir dos niveles de belleza escénica: la

primera es el paisaje visto desde lejos y la segunda la que se aprecia cuando se visita el PNIP. En el primer caso, la vista a distancia se mantiene aun cuando existan procesos de degradación, la segunda sí se ve afectada por éstos. Con esta lógica, es mejor generar información que permita informar la toma de decisiones que influya en detener los procesos de degradación, y por ello optamos por valorar el segundo tipo de belleza escénica que proviene de la interacción cercana con el entorno. Los demás servicios identificados que genera el PNIP y que no se seleccionaron fueron descartados porque no son relevantes para influir en la problemática descrita o porque no fueron identificados como prioritarios por los actores.

Dado que existen procesos muy activos de degradación y cambio de uso de suelo alrededor del PNIP que amenazan al ANP y al bienestar de





los pobladores locales, se buscó una forma de extender el análisis para incorporar el desarrollo sostenible de forma más amplia que simplemente con la provisión de los SE. Para este propósito, se llevó a cabo un análisis costo-beneficio (ACB) de actividades agropecuarias y turísticas que se realizan en el área de influencia del PNIP bajo escenarios de prácticas mejoradas versus prácticas actuales. Las actividades consideradas son:

- Ganadería
- Agricultura
- Manejo forestal

La inclusión de un ACB que incorpora actividades económicas sostenibles versus no sostenibles también responde a una demanda más amplia del proyecto, que es explorar con CONANP y GIZ una buena variedad de técnicas y enfoques disponibles que se implementen a través de los aná-

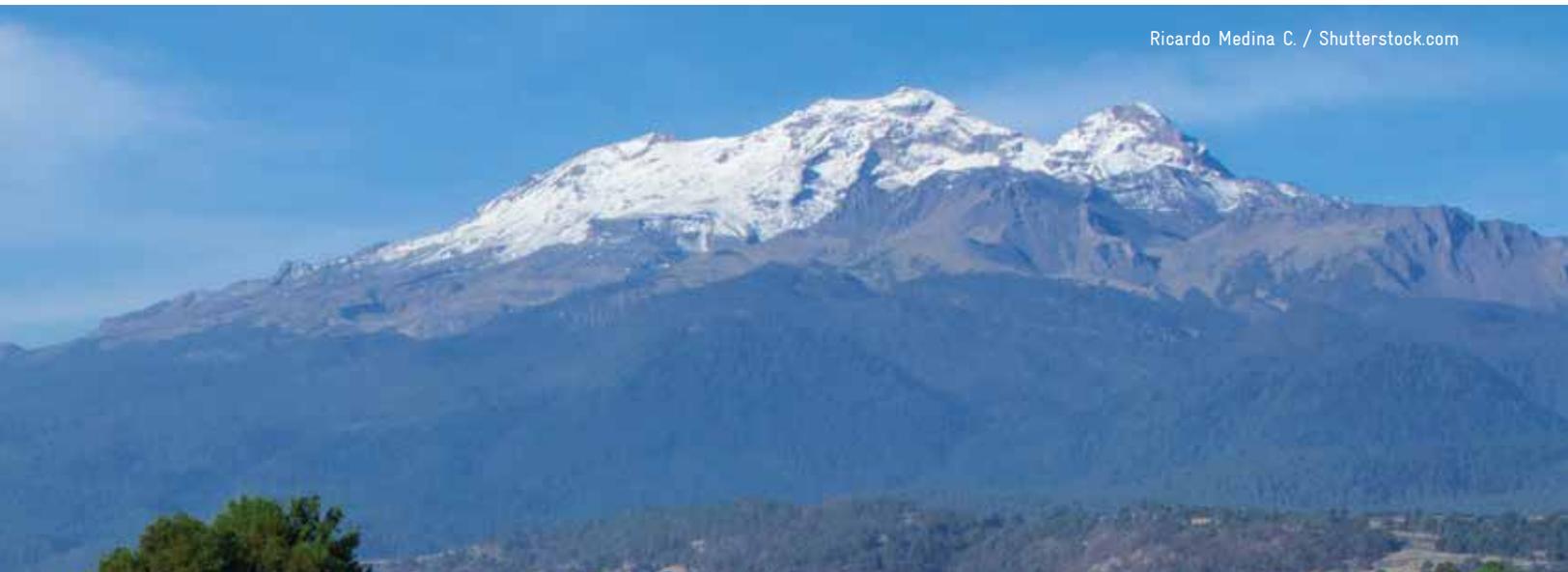
lisis de Conservation Strategy Fund en las tres ANP piloto.

A. VINCULACIÓN DE LOS SE A ANALIZAR CON LAS AMENAZAS

En esta sección presentamos el vínculo entre la valoración de SE y ACB.

En el caso de los servicios que se generan dentro del PNIP (control de la erosión, provisión de agua, captura de carbono y provisión de productos forestales no maderables), la valoración económica tiene como objetivo mostrar que los factores que inciden en la degradación de estos ecosistemas proveedores generan una pérdida de valor económico. Ésta a su vez generará argumentos para asignar un presupuesto suficiente al PNIP que le permita realizar actividades de vigilancia y monitoreo mínimas que eviten la degradación del ecosistema. Al conocer la magnitud de las pérdidas posibles, es factible también estimar

Ricardo Medina C. / Shutterstock.com



CUADRO 4. Resumen de SE seleccionados con base en las decisiones en las que se quiere influir para atender problemáticas específicas; se incluyen las metodologías sugeridas para lograr el propósito de la valoración en política pública

Decisión que se quiere influir	Problemática que atiende	SE /Actividad Económica	Metodología	A quién se va a influenciar	Mensaje que se quiere transmitir	Justificación: cómo la valoración va a influenciar	Cómo se puede usar la información Posibles resultados
Incrementar el presupuesto del PNIP por parte de la SHCP para mejorar la gestión integral del PNIP: actividades de conservación, monitoreo permanente y vigilancia, procesos de acompañamiento en la zona de influencia, promoviendo y manteniendo la provisión continua de diversos SE en la región.	Degradación de los ecosistemas y recursos naturales dentro del PNIP (p. ej., incendios forestales, ganadería extensiva e ilegal dentro del PNIP, extracción extensiva de productos forestales no maderables, p. ej., hongos.	Control de la erosión	Modelaje cartográfico (Para estimar volumen) y costos de desazolve	Secretaría de Hacienda y Crédito Público, CONANP (oficinas centrales)	Los beneficios económicos que genera el PNIP y su zona de influencia a nivel local y regional: a) son de alto valor económico b) dependen de la inversión adecuada, y c) son mayores que la inversión requerida para mantener la provisión de estos servicios (ROI positivo), es decir el presupuesto que se necesita para cubrir los costos para un buen manejo del área (p. ej., monitoreo biológico y vigilancia).	La valoración demostrará el alto valor del ANP en términos económicos; además que el retorno a la inversión en su manejo es alto.	Herramienta de negociación para CONANP central con la SHCP Herramienta de negociación del PNIP con CONANP central. Información para estrategias de comunicación del PNIP para aumentar el apoyo por parte de la población local y los visitantes.
		Servicios hidrológicos	Modelaje cartográfico (Para estimar volumen) y Precio por m ³ menos transporte/procesar				
		Captura de carbono	Transferencia de beneficios para estimar el valor de la captura de carbono del ANP				
		Uso físico del paisaje	Datos disponibles del ANP acerca de la visitación (turistas), más entrevistas cortas para entender el multiplicador				
		Productos forestales no maderables	Transferencia de beneficios				

<p>Promover la alineación de políticas públicas en la región que conlleve la modificación de un porcentaje de las prácticas actualmente implementadas en las principales actividades económicas (ganadería, agricultura y manejo forestal) hacia modelos más sustentables</p>	<p>Falta de alineación de políticas agropecuarias y ambientales en la zona de influencia, lo que conlleva una degradación de los servicios ecosistémicos de la región (dentro y fuera del PNIP) y a prácticas agropecuarias y forestales no sustentables.</p>	<p>Control de la erosión</p> <p>Servicios hidrológicos</p> <p>Captura de carbono</p> <p>Uso físico del paisaje</p> <p>Ganadería</p> <p>Agricultura</p> <p>Manejo forestal</p>	<p>Modelaje cartográfico (Para estimar volumen) y costos de desazolve</p> <p>Modelaje cartográfico (Para estimar volumen) y Precio por m³ menos transporte/procesar</p> <p>Transferencia de beneficios para estimar el valor de la captura de carbono.</p> <p>Datos disponibles del ANP acerca de la visitación (turistas), más entrevistas cortas para entender el multiplicador</p> <p>Costo-beneficio de cambiar de las prácticas actuales (ganadería extensiva, no estabulación, etc.) por prácticas que tienen un menor impacto ambiental</p> <p>Costo-beneficio de cambiar de las prácticas actuales (agricultura de subsistencia no sostenible) a agricultura sostenible</p> <p>Costo-beneficio de cambiar prácticas actuales (manejo forestal no sustentable) por un manejo forestal sustentable.</p>	<p>SAGARPA, SEMARNAT (PROFEPA y CONAFOR), Gobiernos Estatales y Secretarías de Medio Ambiente de los Estados (incluyendo PROBOSQUE)</p>	<p>Escala gobierno - Los beneficios económicos y ambientales de alinear políticas agropecuarias y forestales en la zona de influencia del PNIP, a largo plazo, son mayores a mantener las prácticas y tendencias actuales de desarrollo. Por lo tanto, vale la pena buscar la alineación de políticas públicas en la región, principalmente entre SAGARPA y SEMARNAT y los Gobiernos Estatales y Locales.</p>	<p>La valoración demostrará que en un escenario donde un porcentaje de la población modifica las prácticas de sus principales actividades económicas (ganadería, agricultura y manejo forestal), adoptando modelos más sustentables, la rentabilidad es mayor y los beneficios en términos ambientales aumentan comparado a las tendencias actuales; por lo tanto, vale la pena realizar la inversión y alineación de políticas en la región.</p>	<p>Herramienta de negociación para el PNIP, CONANP regional y oficinas centrales que permita vincular e influir en la alineación de políticas públicas en la región.</p> <p>Herramienta de comunicación para que CONANP pueda presentar los resultados ante la Comisión Intersecretarial de Desarrollo Rural Sustentable para que se promueva una alineación de políticas públicas en la región.</p>
			<p>SAGARPA, Gobiernos Locales, Ganaderos, Instituciones financieras (crédito)</p> <p>SAGARPA, Agricultores, Gobiernos Locales</p> <p>SEMARNAT, CONAFOR, Productores Forestales, Gobiernos Locales (PROBOSQUE)</p>	<p>Escala local - Los beneficios económicos a largo plazo (valor presente neto - VPN) para los pobladores locales de modificar prácticas actuales, por aquellas más sustentables, son mayores a los costos de adoptar nuevas tecnologías, y a su vez, generan beneficios ambientales importantes.</p>	<p>La valoración demostrará que en un escenario donde un porcentaje de la población modifica las prácticas de sus principales actividades económicas (ganadería, agricultura y manejo forestal), adoptando modelos más sustentables, la rentabilidad es mayor y los beneficios en términos ambientales aumentan comparado a las tendencias actuales; por lo tanto, vale la pena realizar la inversión y alineación de políticas en la región.</p>	<p>Herramienta de negociación para CONANP, para promover un cambio hacia la adopción de mejores prácticas por parte de los pobladores locales.</p>	

qué tan costo-efectiva es una inversión en un mejor manejo del ANP, bajo ciertos supuestos relacionados con la relación entre inversión y degradación.

Por otra parte, el ACB tiene como objetivo evaluar qué tan compatible es la actividad agropecuaria con la sustentabilidad ambiental desde la perspectiva del desarrollo local. Se espera mostrar que la actividad

agropecuaria no tiene por qué reducir los beneficios cuando se realiza con criterios de sustentabilidad ambiental, por el contrario, adoptar mejores prácticas tiene el potencial de incrementar beneficios directos a partir de una mayor productividad y además mantener los flujos de varios SE de beneficio local. En este sentido, este ACB se vincula a la falta de alineación de políticas de actores que en teoría buscan el mismo objetivo del desarrollo sustentable, pues generará información que argumenta a favor de compatibilizar los incentivos de distintos actores (productores, responsables de política agropecuaria y ambiental, entre otros).

B. DESARROLLO DE CADENAS LÓGICAS POR LAS CUALES LA VALORACIÓN PODRÍA INFLUENCIAR LAS DECISIONES PARA ABORDAR LAS AMENAZAS DESCRITAS

Después de haber seleccionado los SE a ser valorados con base en los análisis de amenazas, actores, y mismos SE, se desarrollaron con el equipo de la CONANP y GIZ unas cadenas lógicas para precisar y sintetizar las relaciones entre los SE seleccionados y las decisiones en las que se quiere influir para atender problemáticas específicas. A su vez, se incluyen las metodologías sugeridas para la valoración y para alcanzar el propósito propuesto en política pública (véase Cuadro 4).



Wayak / Shutterstock.com



EcoValor Mx