



## Herramientas para evaluar servicios ambientales en el suelo de conservación de la Ciudad de México

Evaluation tools for environmental services  
in the conservation land of Mexico City

*Julieta Jujnovsky,<sup>1</sup> Alya Ramos,<sup>2</sup> Raiza González Gómez,<sup>3</sup>  
Carla Hudler Schimpf,<sup>4</sup> Lucero Cetina Arenas,<sup>5</sup>  
Rocío Ortiz Vázquez<sup>6</sup> y Lucia Almeida-Leñero<sup>7</sup>*

### Resumen

Los servicios ambientales son beneficios que los humanos obtienen de los ecosistemas. Actualmente existen diversos instrumentos de política pública para conservarlos, sin embargo, hay muy pocas técnicas y herramientas

---

<sup>1</sup> Doctora en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Consultora ambiental y profesora de asignatura en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Iberoamericana, México. Líneas de interés: gestión ambiental, servicios ecosistémicos hidrológicos, manejo de socioecosistemas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0130-8280>. Correo electrónico: [julinovsky@ciencias.unam.mx](mailto:julinovsky@ciencias.unam.mx)

<sup>2</sup> Maestría en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Investigadora parlamentaria en el Centro de Estudios de Derecho e Investigaciones Parlamentarias de la Cámara de Diputados, México. Líneas de interés: procesos participativos, gestión y política ambiental. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9587-9377>. Correo electrónico [alya.ramos@ciencias.unam.mx](mailto:alya.ramos@ciencias.unam.mx)

<sup>3</sup> Maestría en Ciencias de la Sostenibilidad por la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Investigador del Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A.C. Líneas de interés: monitoreo ambiental, gestión ambiental, vulnerabilidad socioambiental. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0920-3755>. Correo electrónico: [gomezgrf@gmail.com](mailto:gomezgrf@gmail.com)

<sup>4</sup> Licenciatura en Biología por la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Analista de gestión de carbono en Toroto S.A. Líneas de interés: gestión ambiental, ecología del suelo, sistemas agrícolas, emisión de gases con efecto invernadero. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1516-9824>. Correo electrónico: [carlahudler@gmail.com](mailto:carlahudler@gmail.com)

<sup>5</sup> Maestría en Ciencias de la Sostenibilidad por la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Líneas de interés: evaluación de políticas públicas ambientales, servicios ecosistémicos y socioecosistemas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1094-7156>. Correo electrónico: [lucero.cetina@ciencias.unam.mx](mailto:lucero.cetina@ciencias.unam.mx)

<sup>6</sup> Pasante de Licenciatura en Biología por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Unidad Técnica Operativa en la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR). Líneas de interés: servicios ecosistémicos y cambio climático. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7099-9073>. Correo electrónico: [rociovzqz@ciencias.unam.mx](mailto:rociovzqz@ciencias.unam.mx)

<sup>7</sup> Autora de correspondencia. Doctorado en Ciencias por la Universidad de Ámsterdam, Holanda. Profesora en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Líneas de interés: socioecosistemas, evaluación de servicios ecosistémicos y de políticas públicas, monitoreos participativos socioecosistémicos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6077-7485>. Correo electrónico: [Lucia0950@ciencias.unam.mx](mailto:Lucia0950@ciencias.unam.mx)



establecidas, estandarizadas y probadas que permitan evaluar los resultados de estos esfuerzos. En la Ciudad de México existen programas ambientales que otorgan una compensación económica a los propietarios de la tierra por la conservación y mantenimiento de los servicios ambientales. Se considera fundamental establecer mecanismos y herramientas que permitan la evaluación de estos programas a través del monitoreo participativo. Este estudio relata la experiencia del diseño de herramientas para monitorear tres servicios ambientales (infiltración de agua, almacén de carbono, biodiversidad). Las técnicas se diseñaron empleando material poco especializado, de fácil acceso y alta confiabilidad; éstas fueron probadas con beneficiarios y funcionarios de un programa ambiental de la CDMX. Este ejercicio permitió conocer los retos y proporcionar recomendaciones para mejorar estas evaluaciones, con el objetivo de su futura implementación, tanto para evaluar programas ambientales, como para empoderar a los actores locales con mayor información sobre sus ecosistemas y los beneficios que éstos generan.

**Palabras clave:** infiltración de agua; almacén de carbono; mantenimiento de la biodiversidad; monitoreos comunitarios.

## Abstract

Environmental services are benefits that humans obtain from ecosystems. Currently, there are various public policy instruments to conserve them. However, there are very few established, standardized, and proven techniques and tools that allow evaluating the results of these efforts. In Mexico City (CDMX), environmental programs grant economic compensation to landowners for the conservation and maintenance of environmental services. It is essential to establish mechanisms and tools that allow the evaluation of these programs through participatory monitoring. This study reports the experience of designing tools to monitor three environmental services (water infiltration, carbon storage, biodiversity). We designed the techniques using unspecialized material, easily accessible and highly reliable and tested with beneficiaries and officials of a CDMX environmental program. This exercise allowed knowing the challenges and providing recommendations to improve these evaluations, with the objective of their future implementation, to evaluate environmental programs and empower local actors with more information about their ecosystems and the benefits they generate.

**Keywords:** biodiversity; carbon storage; community monitoring; water infiltration.



## Introducción

El concepto de servicio ambiental (SA) es definido como todos los beneficios que el ser humano obtiene de los ecosistemas (MEA, 2005) y desde su surgimiento ha sido un parteaguas en el estudio de las interrelaciones complejas de los sistemas socioecológicos (Díaz *et al.*, 2015). A nivel internacional se han empleado diferentes mecanismos para incorporar este concepto en los instrumentos de política pública (Corbera *et al.*, 2009; Saavedra-Díaz y Perevochtchikova, 2017; Barnaud *et al.*, 2018, Balvanera *et al.*, 2020), en donde el pago por servicios ambientales (PSA) es probablemente el que más ha permeado (Perevochtchikova, 2017; Brownson *et al.*, 2019).

Se ha reportado que estos esquemas presentan limitaciones, como que los beneficiarios no cuentan con información y una valoración adecuada sobre los SA que proveen sus territorios (Vargas-Guillén *et al.*, 2009; Caro-Borrero *et al.*, 2015), aunado a que es complejo asegurar si los SA se están manteniendo, y en muchos casos las actividades que se realizan a través del PSA no siguen un método definido ni se realizan de forma integral, e incluso pueden comprometer la capacidad de los ecosistemas para proveer servicios (Perevochtchikova, 2014). Por ello mismo, resulta relevante que este tipo de programas evalúen integralmente los SA en conjunto con los actores interesados.

En este sentido, en las últimas décadas ha habido un incremento en la literatura que reconoce que las comunidades locales, al estar vinculadas directamente con su territorio, generan conocimiento empírico que puede ser sistematizado y permite obtener datos periódicos sobre el estado del ambiente y sus tendencias. Estas actividades se definen como monitoreo participativo lo cual permite, según el nivel de involucramiento de las comunidades locales, tomar decisiones de manejo rápidas y aplicables al contexto específico, desde el punto de vista ecológico, socioeconómico y cultural, e incidir en la gestión ambiental y la protección de los ecosistemas (García-Frapolli y Toledo, 2008; Danielsen *et al.*, 2009; Becker *et al.*, 2005; Brown *et al.*, 2012; García-Rubio *et al.*, 2017; Maass, 2018).

Al igual que los monitoreos tradicionales, las métricas, indicadores y seguimiento deben estar contenidos en protocolos y métodos definidos para conocer los cambios y determinar su significancia con relación al tiempo, los objetivos planteados y las medidas de conservación aplicadas en el territorio (Maass y Equihua, 2015). En el caso específico de los PSA, los monitoreos participativos permiten formalizar las observaciones hechas por los beneficiarios del programa, y con base en éstas, ajustar las actividades que se realizan en beneficio de la generación de los SA (Perevochtchikova, 2009, Flores-Díaz *et al.*, 2018; Monzon *et al.*, 2020, Perevochtchikova y Sandoval, 2020). Uno de los sitios idóneos donde se pueden implementar monitoreos participativos para evaluar servicios ambientales es el Suelo de Conservación de la Ciudad de México. Esta región abarca el 59 % (87 297.1



ha) de la entidad (GDF, 2012) y se caracteriza por albergar ecosistemas boscosos y agrícolas que proveen SA indispensables para los capitalinos, como son el suministro de agua, captura y almacén de carbono, mantenimiento de la biodiversidad, retención de partículas y mantenimiento del microclima, entre otros (Cram *et al.*, 2008; GDF, 2012; Almeida-Leñero *et al.*, 2016). Asimismo, está conformado por poblados rurales constituidos en ejidos y comunidades.

Desde el año 1947 existe una veda forestal en la Ciudad de México que prohíbe el aprovechamiento comercial de madera y el manejo selectivo de individuos arbóreos (SNIGF, 2018), lo cual ha contribuido a la extracción ilegal de madera, aumento de plagas, propagación acelerada de incendios, ventas ilegales de tierras y pocas oportunidades de trabajo en el campo para los pueblos originarios que habitan dichas zonas (Sheinbaum, 2011).

Debido a lo arriba mencionado, en las últimas dos décadas han surgido diversos instrumentos de política pública ambiental dedicadas a proporcionar recursos económicos a los propietarios de la tierra con el objetivo de mantener los ecosistemas y los SA que éstos generan.

Entre los programas que se han aplicado más recientemente se encuentran el pago por servicios ambientales hidrológicos (PSAH), Programa de Fondos de Apoyo para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas (PROFACE), el Programa de Retribución por la Conservación de Servicios Ambientales en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México (PRCSA), y el más reciente, Programa Altépetl Bienestar. A pesar de estos esfuerzos, hasta la fecha estos programas no han logrado detener el deterioro del suelo de conservación (Pérez-Campuzano *et al.*, 2016; Rojo, 2018).

Una de las principales debilidades que tienen este tipo de políticas públicas es generar métricas de evaluación desarrolladas en función de la conservación de los SA y fomentar una apropiación genuina de los pobladores sobre las acciones que estos programas promueven (Lawrence, 2006; García-Frapolli y Toledo, 2008; Pérez-Campuzano *et al.*, 2016; Hackbarta *et al.*, 2017). Por ello, se considera fundamental establecer mecanismos y herramientas que permitan dicha evaluación utilizando información sencilla, económica y que pueda ser realizada directamente por los propios beneficiarios (Lawrence, 2006). Estas herramientas y técnicas deberán irse ajustando tanto por la comunidad, como con las instituciones que otorgan el recurso (Balderas *et al.*, 2014; Maass y Equihua, 2015), tomando en cuenta a su vez la falta de presupuesto gubernamental (Perevochtchikova y Sandoval, 2020).

El objetivo de este trabajo es relatar las experiencias en el diseño y evaluación de técnicas y herramientas para monitorear el mantenimiento de servicios ambientales aplicadas a un programa ambiental en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México.



## Método

El proceso que se siguió para el diseño y evaluación de las técnicas y herramientas para monitorear el mantenimiento de los servicios ambientales constó de dos grandes etapas: el diseño teórico de las herramientas y una evaluación en campo con actores locales (Figura 1).

**Figura 1: Esquema metodológico para el diseño y evaluación de las herramientas**



Nota: Los números corresponden al orden en que se efectuaron las distintas fases.

Fuente: elaboración propia.

## Diseño de las herramientas

### Selección de los servicios ambientales

Para la selección de los SA a evaluar, se partió de la identificación de todos los beneficios que proveen al Suelo de Conservación de acuerdo con el MEA (2005) y posteriormente se escogieron aquellos que fueran más tangibles, cuya complejidad de monitoreo fuera mínima y que incluyera criterios



ecológicos que brindaran información sobre el estado de los ecosistemas (indicadores). Los servicios escogidos fueron: infiltración de agua, almacén de carbono y mantenimiento de la biodiversidad. Se eligieron servicios de regulación para que dieran información profunda sobre los procesos funcionales del ecosistema.

### **Selección y adecuación de las técnicas**

Una vez seleccionados los SA que se podían monitorear, se hizo una revisión en la literatura para seleccionar las técnicas más adecuadas para la evaluación de cada uno de ellos. Se revisaron 91 documentos entre artículos científicos y de divulgación, catálogos, fichas de identificación, guías prácticas, informes, libros, páginas oficiales y tesis. A partir de esta información se diseñaron procedimientos, tratando de emplear el mínimo de equipo especializado, materiales de fácil acceso y que pudieran garantizar una alta confiabilidad. Para cada una de las herramientas técnicas se elaboraron manuales con indicaciones precisas (protocolos) sobre cómo llevar a cabo el método: lista de material para realizarlas, la toma de datos en campo, así como formatos para el registro de información.

### **Evaluación en campo**

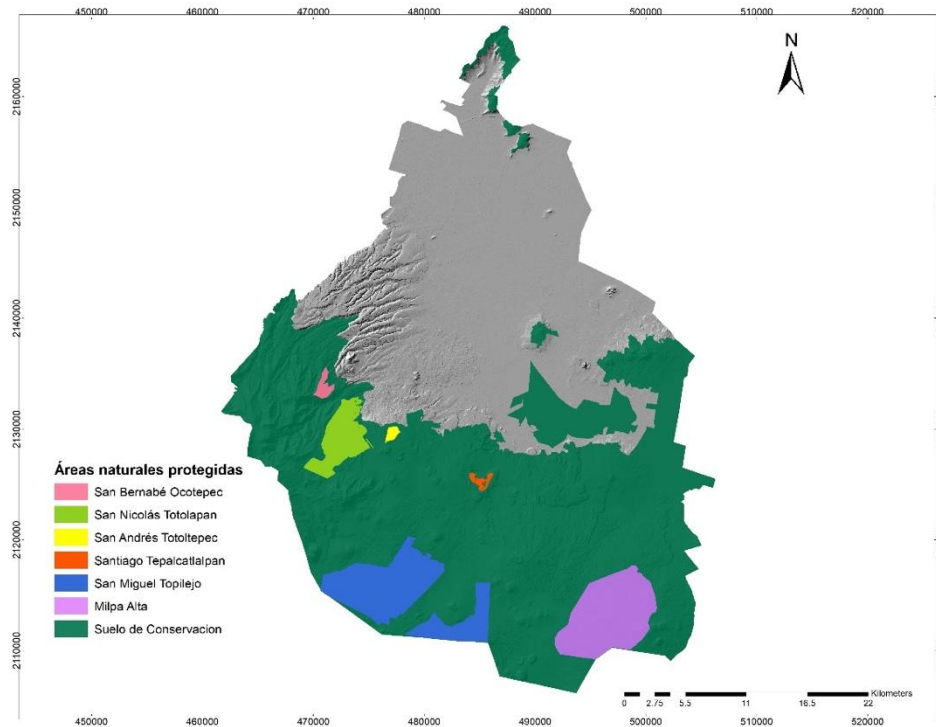
En esta etapa se probaron las técnicas y herramientas propuestas de manera piloto.

### **Selección del programa ambiental y de los actores**

Con el objetivo de probar si las herramientas propuestas podrían ser aplicables al SC-CDMX y servir para evaluar programas ambientales se decidió usar como estudio de caso el programa de PRCSA, ya que las autoras contaban con antecedentes del mismo porque realizaron la evaluación externa de dicho programa y contaban con permiso para el acceso a campo y acercamiento previo con funcionarios y beneficiarios para realizar entrevistas. El PRCSA es un programa voluntario impulsado por la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales (DGCORENA) de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA). La implementación del PRCSA se llevó a cabo entre los años 2010 a 2018, tiempo en el cual se establecieron siete áreas naturales protegidas de categoría local: San Miguel Topilejo, San Nicolás Totolapan, San Bernabé Ocoatepec, San Miguel Ajusco, Milpa Alta, Santiago Tepalcatlalpan y San Andrés Totoltepec, las cuales todas, exceptuando Ajusco, recibían incentivo económico (Figura 2).



**Figura 2. Localización de las áreas naturales protegidas beneficiadas por el PRCSA**



Fuente: elaboración propia.

La compensación económica que recibían por parte del PRCSA era destinada a la coordinación técnica, la operación de brigadas y a la ejecución de actividades, además de otorgar un estímulo económico (incentivo anual) para el núcleo agrario. Los beneficiarios tenían la libertad de establecer un plan anual de trabajo, el cual era verificado por funcionarios asociados al Programa. Los actores seleccionados para poner a prueba las herramientas fueron: el coordinador técnico de cada área protegida, los jefes de brigada y los funcionarios de la DGCORENA encargados del programa de PRCSA.

Los coordinadores técnicos son personas contratadas por la comunidad, con formación universitaria, normalmente en agronomía, ingeniería forestal o biología. Ellos se encargan de elaborar el programa de trabajo. Los jefes de brigada normalmente tienen una formación de nivel básico, generalmente son hombres y son quienes organizan a los brigadistas que realizan las actividades en el bosque. Los funcionarios son personas que laboran en la Subdirección de Áreas Naturales Protegidas (ANP) de la DGCORENA, personal de los Centros Regionales para la Conservación de Recursos Naturales, Jefes de Unidad Departamental (JUD), con nivel técnico o universitario, y son los encargados de revisar las actividades que realizan las brigadas y el plan de trabajo de cada área protegida.



### **Fase de capacitación teórica y práctica**

La fase de capacitación consistió en una sesión teórica al inicio de la capacitación, cuatro sesiones en campo con asistencia del equipo que diseñó las herramientas, una sesión de campo autónoma y una sesión teórica de retroalimentación. En la primera sesión teórica se presentaron los criterios usados para la selección de los servicios ambientales, las técnicas propuestas, los manuales y los formatos de campo. Mediante mapeo participativo se identificaron las áreas potenciales para monitorear los SA propuestos en cada una de las áreas protegidas. Con la información recabada durante la sesión teórica se planearon las salidas a campo. Las sesiones de campo se realizaron durante los meses de septiembre y octubre de 2018 y se llevaron a cabo en dos de las comunidades que reciben el Programa: San Nicolás Totolapan y San Bernabé Ocotepéc; en ellas los participantes pusieron en práctica los métodos, llenaron los formatos de campo e interpretaron los datos obtenidos, acompañados de los integrantes del grupo de investigación.

### **Sesión de campo autónoma y retroalimentación**

Posteriormente se pidió a los asistentes que intentarían probar las herramientas de manera autónoma en cada una de sus áreas protegidas. Un mes después se les volvió a citar a una sesión teórica de cierre para presentar los resultados del proceso.

Durante los talleres teóricos y prácticos se hizo registro de los asistentes, observación participante y previo a la última sesión se realizó un cuestionario en línea abierto y cerrado. Para la observación participante en las sesiones se registraron las actitudes de los asistentes según la siguiente clasificación: actitudes de participación de interés (dar opiniones, pedir ayuda y orientación, pedir sugerencias, estar de acuerdo), y actitudes de participación con poco interés (antagonismo para realizar las actividades, dejar la sesión; modificado del sistema de categorías de observación de Bales en Cornejo, 2003).

El cuestionario fue aplicado durante el taller de cierre (fase de retroalimentación) donde se incorporaron los rubros siguientes: interés y/o disposición para llevar a cabo los monitoreos en el futuro; alcance y limitaciones operativas de las metodologías en campo; factibilidad operativa de las herramientas en campo; asimilación de los participantes sobre la relevancia de los SA, sobre los métodos de monitoreo (tiempo de ejecución de las técnicas, las limitantes geográficas, limitaciones sociales) y sobre el monitoreo comunitario *per se* como forma de evaluación del éxito del Programa.





## Resultados

### Diseño de las herramientas

A continuación, se describe cada SA seleccionado y las herramientas de monitoreo propuestas.

#### Infiltración de agua

Servicio ambiental de regulación definido como la capacidad del ecosistema para captar e infiltrar agua y contribuir de esa manera con la provisión del servicio para la ciudad. Para evaluar el mantenimiento de este servicio se escogió una herramienta cualitativa que busca identificar las zonas con mayor potencial de infiltración (ZPI) y así determinar áreas prioritarias. Es una modificación del método propuesto por Matus *et al.* (2009) para la evaluación de los siguientes factores: pendiente, el tipo de suelo, el tipo de roca, la cobertura vegetal y el uso de suelo. Estos parámetros permiten ver si el manejo que se le está dando al bosque contribuye con el mantenimiento del servicio. Esta herramienta evalúa el potencial de infiltración en tiempo y espacio, para poder detectar cambios y actividades que puedan estar perjudicando los procesos de infiltración a lo largo del tiempo. Incluye tablas de ponderación para cada factor evaluado y alternativas de evaluación por si no se conoce el tipo de roca y/o no es posible utilizar un infiltrómetro (por ejemplo, en suelos poco profundos). Se sugiere que las ZPI estén identificadas geográficamente con el objetivo de ser monitoreadas y prevenir su cambio de uso de suelo.

#### Almacén de carbono

Servicio de regulación definido como la cantidad de carbono que la vegetación arbórea puede almacenar en su estructura y de esa manera contribuir con la regulación de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Para estimar el almacén de carbono se propuso evaluar la biomasa en la vegetación arbórea y a partir de ello calcular las toneladas de carbono por hectárea para cada área a monitorear, siguiendo el método propuesto por Russo (2009). Para lo anterior, se establecieron parcelas circulares anidadas como puntos de muestreo. Dentro de éstas se determinó la densidad de la plantación (número de árboles por hectárea), el área basal, altura y diámetro a la altura del pecho de los árboles. Los cálculos originales se organizaron para simplificar la complejidad de las operaciones, mediante el uso de ejemplos y marcando cada etapa del proceso con las unidades correspondientes. Adicionalmente, se elaboró una hoja de cálculo con la finalidad de simplificar el uso de las fórmulas requeridas.



## **Mantenimiento de la biodiversidad**

Es un servicio ambiental de regulación definido como la capacidad del ecosistema para mantener las poblaciones de organismos vivos, sus procesos e interacciones indispensables para la generación de los servicios ambientales. Para poder monitorear este servicio se propuso el método de registro de presencia/ausencia de seis especies de fauna, representativas de tres grupos de vertebrados terrestres. Para la selección de especies se hizo una revisión bibliográfica exhaustiva sobre biodiversidad y registros de especies para el SC-CDMX en bases de datos, páginas oficiales y artículos científicos.

Se seleccionaron aquellas especies con características biológicas y ecológicas que las convierten en indicadoras del estado de mantenimiento y conservación del ecosistema y de las cadenas tróficas; que además fueran de fácil reconocimiento e identificación en campo por los monitores, y que no fueran de importancia médica, esto último con la finalidad de minimizar riesgos para los monitores. Las especies seleccionadas fueron: cuatro salamandras (*Aquiloerycea cephalica*, *Chiropterotriton chiropterus*, *Pseudoeurycea belli*, *Pseudoeurycea leprosa*), por su alta sensibilidad a los cambios ambientales (calidad ambiental); dos aves: gallina de monte (*Dendrortyx macroura*) y gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*) por su capacidad de dispersión, polinización, ser sensibles a la calidad del hábitat; y tres mamíferos: teporingo (*Romerolagus diazi*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y gato montés (*Lynx rufus*), por su sensibilidad a la calidad del hábitat y capacidad de movilidad, lo que indica conectividad del paisaje.

## **Fase de prueba**

### **Fase de capacitación**

Con la finalidad de tener representación de todas las áreas protegidas y que a la vez fueran grupos manejables, se convocaron a 28 personas (18 hombres y 10 mujeres), de los cuales asistieron 24 personas; 12 beneficiarios (brigadistas, jefes de brigada y coordinadores técnicos) y 12 funcionarios del programa (jefes de unidad departamental y personal de los centros regionales). De los asistentes, únicamente 12 se presentaron entre el 80-100 % de las sesiones. En la sesión teórica inicial se explicó a los asistentes cada uno de los servicios, por qué fueron escogidos y la importancia de cuantificarlos. Posteriormente, mediante mapeo participativo se ubicaron las zonas donde les parecía más relevante llevar a cabo el procedimiento.

Para las sesiones prácticas de capacitación se ajustaron las fechas y horarios a la disponibilidad de la mayoría de los asistentes; éstas tenían la finalidad de aplicar las herramientas propuestas para evaluar los SA en las zonas antes identificadas. Cada día de trabajo se solicitó a los participantes agrupados por equipos que siguieran las especificaciones del manual para



cada uno de los servicios a evaluar, que llevaran un registro fotográfico de las sesiones y llenaran los formatos de campo asociados a las herramientas. Durante las sesiones de acompañamiento (capacitación en campo) los participantes implementaron todas las herramientas propuestas.

### **Sesión de campo autónoma**

Con el fin de reforzar lo aprendido en las sesiones de capacitación se solicitó a los asistentes que implementaran las técnicas conforme al manual proporcionado a sus respectivos núcleos agrarios, sin acompañamiento de técnicos, ni apoyo del grupo de investigación, con el fin de conocer la factibilidad de aplicación de cada uno de los métodos. En esta etapa 60 % de los beneficiarios del Programa aplicaron las herramientas propuestas de manera autónoma.

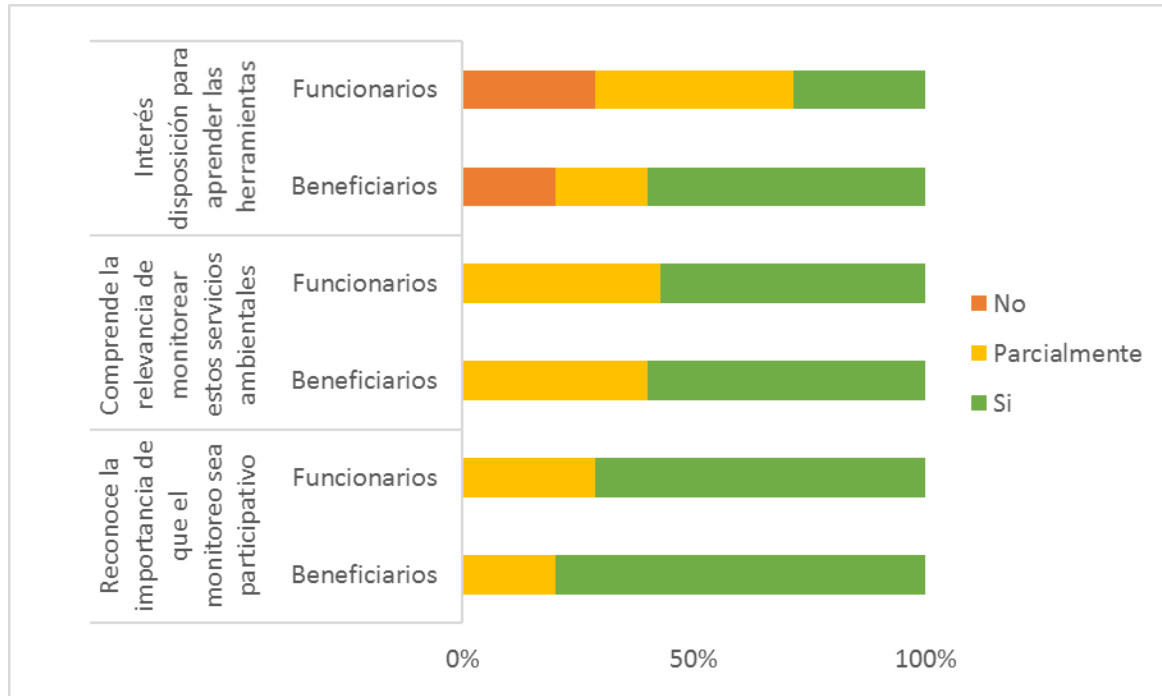
### **Retroalimentación**

Luego de la fase autónoma, las autoras enviaron un cuestionario de seguimiento y evaluación interno de las herramientas propuestas para conocer las perspectivas de los participantes con relación a la puesta en marcha, la dificultad y la factibilidad de operación de las herramientas como parte de sus actividades anuales. A partir de la información del cuestionario, se observó que la disposición para participar en la capacitación fue mayor por parte de los beneficiarios que de los funcionarios del programa (Figura 3).

También se identificaron dos puntos de vista sobre las herramientas a emplear entre los grupos de participantes: por un lado, los funcionarios consideraron que los métodos eran “sencillos y, en algunos casos, poco exactos o tecnificados”; por otro lado, los beneficiarios mostraron preocupación por el tiempo que se tendría que invertir para llevarlas a cabo y por su posible interferencia con las actividades ya comprometidas con el Programa. Cabe mencionar que a la mayoría de los participantes les pareció relevante monitorear los SA como una herramienta para evaluar si éstos se están manteniendo y por lo tanto si los programas ambientales están logrando los objetivos para los que fueron creados; además reconocieron la importancia de que sea de forma participativa.



**Figura 3. Interés de los participantes por monitorear los servicios ambientales (n=12)**

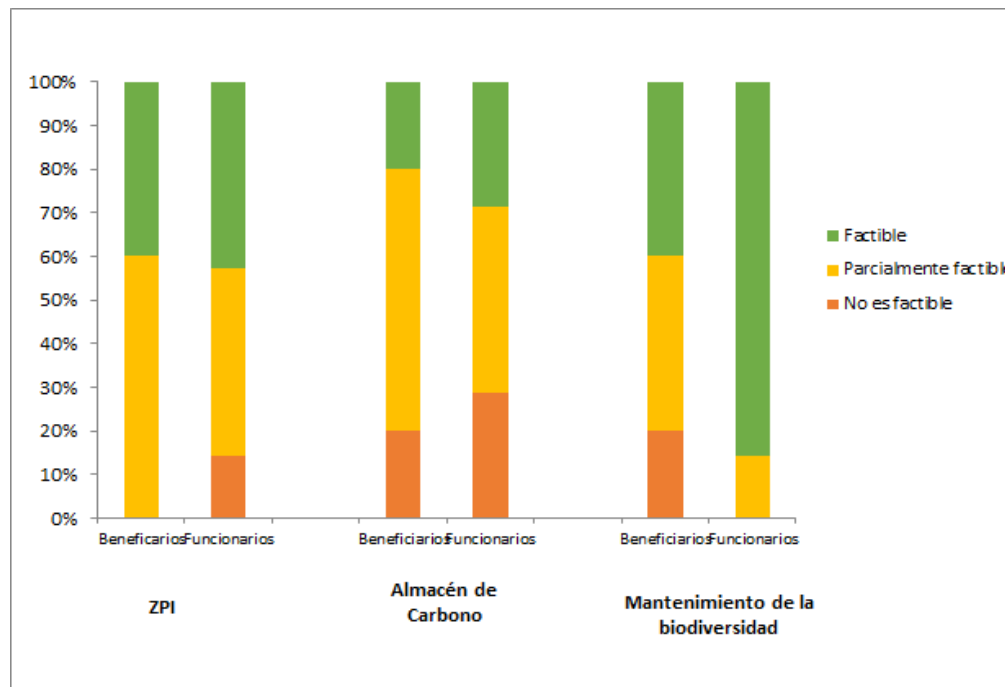


Fuente: elaboración propia

Como resultado de la evaluación integral de las herramientas por parte de los actores se detectó que, en la mayoría de los casos, los beneficiarios y los funcionarios consideran posible y potencialmente factible aplicar las herramientas propuestas. La técnica para medir ZPI fue la mejor aceptada por los beneficiarios, junto con la de mantenimiento de la biodiversidad. Los funcionarios presentaron una opinión muy similar, sin embargo, ven más factible aplicar esta última. La técnica para evaluar los almacenes de carbono fue poco aceptada, tanto por beneficiarios como por funcionarios (Figura 4).



**Figura 4. Disposición por grupo de asistentes para aplicar en el futuro**



Nota: El análisis se realizó tomando en cuenta las opiniones de los participantes que asistieron al 80-100 % de la capacitación teórico-práctica; n=12.  
Fuente: elaboración propia

Con relación a la técnica para identificar ZPI, hubo una falsa expectativa tanto por parte de los beneficiarios como de los funcionarios, quienes esperaban datos cuantitativos de la cantidad de agua que se infiltra por unidad de superficie. Sin embargo, se aclaró a los participantes que esta herramienta busca identificar las zonas con potencial de infiltración, a nivel de paisaje, con la finalidad de incentivar el manejo adecuado del bosque.

A pesar de corresponder a uno de los servicios mejor conocidos, la metodología de almacén de carbono fue la que recibió menos disposición de monitoreo, debido a que los asistentes consideran que “los cálculos no son sencillos y representan un reto”, lo que dificultaría su aplicación en el futuro sin una capacitación previa y periódica. Sin embargo, al final de la sesión, aunque los cálculos fueron un reto para los participantes, la mayoría mostró interés por aprender las técnicas dado que es el único servicio evaluado que presenta la posibilidad real de adquirir fondos de financiamiento externos al Programa.

Para el caso del mantenimiento de la biodiversidad, se calificó su ejecución como factible por los participantes, lo que está relacionado con la facilidad de usar el material, así como la familiaridad con métodos de monitoreo de fauna realizados en años anteriores como parte de sus actividades mensuales establecidos por el Programa. Sin embargo, casi la



mitad de los participantes beneficiarios no estaban de acuerdo con dar seguimiento a las especies propuestas y prefirieron dar continuidad al monitoreo de algunas que ellos previamente identificaban en campo.

Se mencionó con frecuencia la especie víbora de cascabel (*Crotalus molossus*). Sin embargo, además de ser una especie de importancia médica, los monitoreos referidos no han seguido un método preciso; Sin embargo, además de ser una especie de importancia médica, los monitoreos referidos no han seguido métodos sistemáticos, que no permiten evaluar en el tiempo los cambios en el ecosistema. La reticencia a monitorear las especies propuestas indica que durante la capacitación, tal vez por falta de tiempo, no se logró transmitir la importancia ecológica ni generar un interés sobre las especies que se propuso monitorear.

Derivado de la retroalimentación se presentó una propuesta de calendario anual que marcaba la periodicidad para la aplicación de cada herramienta, con el fin de complementar las actividades calendarizadas de los monitoreos y hacer los ajustes pertinentes en función de su disponibilidad de tiempo. La recomendación es que las herramientas técnicas se apliquen a lo largo del año. Se sugiere que la herramienta de ZPI se realice durante la temporada de secas debido a que si el suelo se encuentra saturado con agua puede alterar los resultados. En cambio, la evaluación de los almacenes de carbono puede realizarse durante todo el año, de tal forma, que puede ajustarse al calendario de actividades de los monitores. Para el mantenimiento de la biodiversidad se planteó un calendario anual de monitoreo con la temporalidad adecuada para cada especie (según sus características etológicas —de comportamiento—). Este calendario permite intercalar las otras herramientas de evaluación de SA y actividades propias del Programa.

En la última sesión conjunta se enfatizó que la ejecución futura de estas herramientas debe ser responsabilidad de los beneficiarios (específicamente los brigadistas que son parte del núcleo agrario); de esta forma, la curva de aprendizaje les permitirá integrar el conocimiento de manera paulatina. Se recomendó además que los coordinadores técnicos de cada comunidad, así como los funcionarios de la DGCORENA, apoyen a los brigadistas en la toma de datos y los cálculos asociados a cada metodología, pero que sean los propios brigadistas quienes aprendan los métodos. De tal forma que se disminuya la probabilidad de pérdida de personal capacitado por rotación de coordinadores técnicos dentro de cada núcleo agrario.

A partir de los resultados anteriores y con base en el trabajo realizado en las sesiones teóricas y en campo, se modificó de manera general la redacción técnica en secciones específicas de los manuales y formatos de campo, y se modificó el lenguaje con la finalidad de facilitar su comprensión. Se describieron más ampliamente las características para la delimitación de sitios de muestreo y se incluyeron más imágenes sobre las formas de los rastros para algunas especies. De manera particular, para la técnica de



almacén de carbono, se incluyó material complementario para el ajuste de las distancias por el efecto de la pendiente y se elaboró una hoja de cálculo para facilitar el uso de las fórmulas.

Para el mantenimiento de la biodiversidad, se realizaron ajustes a las medidas de los cuadrantes para el monitoreo de salamandras y las distancias entre las estaciones olfativas para el monitoreo de venado y gato montés (técnica para monitorear el mantenimiento de la biodiversidad). Finalmente, se agregaron y/o modificaron imágenes complementarias. También se rectificaron o corrigieron parcialmente los formatos de registro para la toma de datos en campo.

## Discusión

### **¿Qué tanto sirven estas herramientas para evaluar servicios ambientales?**

A pesar de que el concepto de servicio ambiental es cada vez más reconocido por la sociedad, no hay un consenso sobre las herramientas de evaluación para los mismos. Existe una mayor necesidad de desarrollar estrategias, métodos y herramientas que puedan ser incorporadas a la evaluación interdisciplinaria de SA (Hackbart *et al.*, 2017). Además, en países en vías de desarrollo se suma la carencia de información socioambiental sistematizada y actualizada, y es justamente en estos países donde este tipo de evaluaciones son más urgentes, ya que los ecosistemas son más vulnerables por las dificultades de mantenimiento, resultado de la dinámica sociopolítica a la que se enfrentan (Starkl *et al.*, 2013).

Por lo tanto, es necesario pasar de la identificación de SA a la evaluación de éstos, utilizando la información y técnicas que se encuentren disponibles. Las herramientas propuestas estuvieron inspiradas en ese sentido, buscando técnicas con poco grado de complejidad para su aplicación, pero que permitieran obtener información consistente sobre el ecosistema. Cada una de ellas fue revisada antes de la etapa de retroalimentación y posterior a ella, y aunque encontramos limitaciones en cada una, las autoras consideran que los alcances proporcionan información suficiente que permite evaluar los SA (Cuadro 1).



**Cuadro 1: Retos y alcances de las herramientas propuestas para la evaluación del Programa**

Servicio Ambiental	Descripción	Alcances	Limitaciones
<b>Potencial de infiltración</b>	Permite conocer el estatus de las condiciones físicas del suelo, así como el potencial de infiltración en tiempo y espacio	<p>Detecta cambios a lo largo de un periodo de tiempo, puede ayudar a determinar la influencia de las actividades humanas en los procesos de infiltración.</p> <p>No se requiere experiencia previa, el equipo es alternativo de acuerdo con las características del paisaje.</p>	<p>La determinación de las características del paisaje, como el tipo de roca madre, puede ser difícil de reconocer.</p> <p>Solamente puede aplicarse en época de estiaje cuando el suelo no esté saturado con agua.</p> <p>No brinda datos cuantitativos de infiltración de agua.</p>
<b>Almacén de carbono</b>	Permite estimar la cantidad de CO <sub>2</sub> que el bosque es capaz de almacenar en sus tejidos	<p>Brinda información a los beneficiarios para establecer una línea base; metodología extrapolable (de una parcela a la totalidad del bosque); la robustez de los datos aumenta conforme se incrementa el área muestreada.</p> <p>El equipo técnico es adaptable y asequible; puede ser evaluado en cualquier temporada del año (estiaje o lluvias).</p>	<p>Se requiere de personal con un nivel de experiencia medio en el uso de hoja de cálculo o calculadora científica para estimar la altura de los árboles y la pendiente en los sitios.</p>
<b>Mantenimiento de la biodiversidad</b>	Permite conocer la presencia de especies consideradas "clave" en un ecosistema	<p>El registro de presencias es la base de estudios de calidad ambiental a largo plazo, ya que las especies están asociadas con elementos biofísicos del paisaje como fuentes de agua, refugio y alimento.</p> <p>La experiencia requerida para su aplicación es mínima, ya que son técnicas rápidas para detectar la presencia (o ausencia) de las especies en el ecosistema en el tiempo y el espacio.</p>	<p>Detectar la presencia de un solo individuo no asegura que la calidad ambiental del sitio sea buena, así como la ausencia de las especies, no es indicador definitivo de mala calidad.</p> <p>No brinda información sobre el estado poblacional de las especies.</p>

Fuente: elaboración propia.

### ¿Qué tan dispuestos estarían los beneficiarios para aplicarlas?

Los asistentes a los talleres de capacitación reconocieron que las herramientas propuestas para evaluar los SA son factibles para aplicarse en el futuro. Sin embargo, independientemente de la herramienta, los beneficiarios consideran menos factible implementarlas, a diferencia de los funcionarios, quienes lo consideran más factible; esto se debe a que los primeros serán los que tendrán que trabajar en el campo y los segundos sólo supervisarlas.





La implementación e internalización de estas herramientas promueve que los beneficiarios adquieran habilidades y que generen reflexiones sobre qué actividades hacer en función del mantenimiento de los SA y puedan hacer aportaciones en la toma de decisiones (Lawrence, 2006). Cabe mencionar que el éxito de la implementación de estas herramientas no sólo depende de las cuestiones técnicas; como lo mencionan Maass y Equihua (2015) éstas deben poder ajustarse en el tiempo (modelo adaptativo), conforme se detecten oportunidades de mejora (manejo adaptativo), modificación de materiales, y lenguaje, sin comprometer los objetivos del monitoreo.

Las diferencias de opinión con relación a la implementación de las herramientas propuestas resultan de importancia, ya que las dinámicas sociales influyen en el desarrollo y éxito de los programas de evaluación mediante el monitoreo (Balderas *et al.*, 2014). Posiblemente si la selección de las técnicas se hubiera hecho de manera participativa, la aceptación y el entendimiento hubiera sido mucho mayor, por lo que es importante considerarlo para futuras implementaciones o para evaluar nuevos SA.

Por otro lado, también dependen de las relaciones de confianza existentes tanto dentro de la comunidad, como con las instituciones que otorgan el recurso (Balderas *et al.*, 2014). Es de suma importancia que los beneficiarios de los programas participen en las diferentes etapas y procesos que los constituyen (planeación de actividades, implementación, evaluación y toma de decisiones), de tal manera que los involucrados reconozcan la asignación de los recursos, los costos de las actividades y los beneficios obtenidos. Esto ha sido reconocido por Mukama *et al.* (2012) y por Rudd (2000), quienes consideran que las comunidades deben respetar las reglas, procedimientos y valores que las predisponen a trabajar colectivamente en beneficio mutuo.

Estas experiencias resaltan la importancia de generar y mantener redes de confianza (capital social) dentro de los programas ambientales, así como la promoción y mantenimiento de capital social dentro de los núcleos agrarios (Avila-Foucat, 2002), con el fin de mantener acciones en pro del mantenimiento del Suelo de Conservación como recomienda Rodríguez-Martínez (2008). Para incentivar y promover la participación de la comunidad se deben establecer objetivos comunes con las agencias gubernamentales, mecanismos de gestión (aplicación de la ley) y transparencia financiera, de evaluación y respaldo técnico para el monitoreo y con ello asegurar que se cumplan las metas establecidas.

Cabe mencionar que según lo expresado por los beneficiarios participantes, el recurso económico otorgado por el Programa no es suficiente incentivo para trabajar en el mantenimiento de los SA: “el ingreso es bajo, por lo que los miembros jóvenes de la comunidad optan por buscar trabajo en otra zona o incluso en vender sus tierras”. Este hecho coincide con lo reportado por Mukama *et al.* (2012), quienes explican que la disposición



ciudadana para participar en programas con PSA se basa en la expectativa del ingreso esperado y la percepción del efecto negativo que ciertas actividades pueden tener sobre el ambiente.

De acuerdo con lo anterior, se considera que el interés mostrado por los asistentes para aprender estas herramientas puede deberse a que representa la posibilidad potencial de adquirir fondos de financiamiento externos al PRCSA. Por lo que se deben promover otros mecanismos de retribución económica en función de los SA que no estén ligados a un programa ambiental en particular. Por ejemplo, métodos alternativos de compensación, al establecer modelos de aprovechamiento sustentable o por los fondos concurrentes con el ámbito privado (Herbert *et al.*, 2010).

### **¿Qué tanto servirían como método de evaluación de un programa ambiental?**

Debido a que no pueden hacer aprovechamiento legal en sus tierras, los pobladores del SC dependen en gran medida de los apoyos gubernamentales, traducidos en programas ambientales que tienen la finalidad de conservar los bosques y las zonas agrícolas. Estos programas ambientales, como ya se mencionó arriba, carecen de mecanismos de evaluación cuyas métricas estén en función de los SA que se estén generando (Perez-Campuzano, *et al.*, 2016). Por ejemplo, en el caso de los PSA se han caracterizado por emplear mecanismos económicos que no han logrado compensar los costos de oportunidad perdidos por la conservación, en gran medida por la falta de valoraciones económicas de los SA que permitan establecer precios y mercados competitivos (Shapiro-Garza, 2013).

En el caso del PROFACE y del PRCSA, las reglas de operación y las actividades que desarrollaban los beneficiarios estaban más enfocadas en cumplir metas operativas que en verificar si son aptas para mejorar las condiciones de los ecosistemas, por ejemplo, reforestaciones con plantas no nativas, o en zonas donde no son necesarias, o construcción de tinas ciegas, que contribuyen con la erosión del suelo e imposibilitan la regeneración natural respectivamente (Cotler *et al.*, 2015).

En este sentido, las herramientas propuestas resultan útiles para modificar metas operativas y generar información que ayude en el diseño y monitoreo de estos instrumentos basados en datos sobre el estado de los SA que se están conservando, promoviendo políticas públicas más coherentes y efectivas (Koff y Maganda, 2019; Koff *et al.*, 2020; Cetina-Arenas, 2021). También podrían servir para promover el empoderamiento de los pobladores locales mediante la construcción de capacidades para obtener datos y analizarlos, y para reconocer el valor que tienen sus ecosistemas, lo que facilita su involucramiento en todas las etapas del proceso de toma de decisiones y gestión de los recursos como lo recomiendan García-Frapolli y Toledo (2008) y Koleff *et al.*, 2016.



Con este tipo de mecanismos es posible sentar las bases para la participación y colaboración dentro de un programa de monitoreo de SA de acuerdo con Lawrence (2006) y Ramos *et al.*, 2018. Es decir, este enfoque participativo en la planeación es un medio para aminorar diferencias entre los grupos y propiciar condiciones de igualdad, desde el diseño, ejecución y evaluación en los proyectos; lo que contribuye a la transparencia en los procesos y la construcción del consenso (Von Bertrab y Zambrano, 2010). Asimismo, se promueve el aprendizaje social, el intercambio de conocimientos y la construcción compartida del conocimiento (Fernandez-Gimenez *et al.*, 2008), tal como lo pudimos observar en nuestros resultados, con las aportaciones de los asistentes en el ajuste de las herramientas, basadas en sus experiencias personales y el conocimiento de sus tierras.

Es importante que las instituciones de gobierno adopten este tipo de herramientas para tener métricas claras y comparables sobre el estado de conservación de los bosques, que promuevan acciones de manejo adaptativo y que involucren de manera activa a los beneficiarios, para que éstos además puedan asumir como propias las herramientas proporcionadas e implementen esquemas de monitoreo constante y efectivo sobre los servicios que generan sus ecosistemas, con el fin último de comunicar la importancia que éstos tienen para la CDMX.

## Consideraciones finales

- Los programas ambientales deben ser evaluados en función de los objetivos para los que fueron creados, en este sentido se considera que las herramientas diseñadas y probadas en este estudio pueden ser una buena alternativa para su evaluación y monitoreo.
- Estas herramientas deben ser adaptativas, de tal manera que se puedan ir adecuando a necesidades y expectativas de los beneficiarios para que sean un instrumento que les permita conocer el estado de sus ecosistemas.
- Una de las mayores limitantes de esta propuesta de evaluación es que no involucró a todos los integrantes del núcleo agrario, sino únicamente a las personas que trabajan directamente en el área natural protegida, por lo que se debe trabajar en mecanismos de inclusión y participación para que el conocimiento permeé a más personas de las comunidades (jóvenes, mujeres y personas ajenas a las brigadas de monitoreo), dado que son los beneficiarios directos de los SA y deberían estar involucrados en la toma de decisiones sobre los mismos.
- Actualmente el Programa ambiental que opera en la Ciudad de México es el “Altepetl”, el cual cuenta con mucho mayor presupuesto para implementar acciones de conservación en el SC-CDMX que los programas anteriores; sin embargo, tampoco tiene asociados mecanismos de evaluación y monitoreo de SA de una manera



sistemática, por lo que se espera que estas herramientas pudieran utilizarse para la evaluación de dicho programa u otras políticas públicas similares.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de María Fernanda Pacheco González, Etzalli Esquivel Pérez, Sharon Aguilar Zúñiga del Laboratorio de Ecosistemas de Montaña y a los funcionarios del PCRSA de la DG-CORENA Arturo Peña y Víctor Martínez, en el marco del convenio entre la Facultad de Ciencias de la UNAM con la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA), para la “Evaluación Externa del Programa de Retribución para la Conservación de los Servicios Ambientales en Reservas Ecológicas Comunitarias y Áreas Comunitarias de Conservación Ecológica” 53027-2087-26-VI-18. Este manuscrito es parte de los productos del proyecto SECTEI-267-2019 “Estrategia para la gestión integral de cuencas de la Ciudad de México mediante la valoración Socio-Económica de Servicios Ambientales hidrológicos y su distribución espacial: estudio de caso Cuenca del río Magdalena”. Finalmente, Lucía Almeida Leñero agradece al CONACyT el apoyo para la estancia sabática en la Universidad Autónoma de Barcelona.

## Referencias

- Almeida-Leñero, Lucía; González-Martínez, Teresa, y Pisanty, Irene (2016). “Introducción a los servicios ecosistémicos”. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA), *La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. III*. México: CONABIO/SEDEMA, pp. 22-27. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/232765>
- Avila-Foucat, Véronique Sophie (2002). “Community-Based Ecotourism Management Moving towards Sustainability, in Ventanilla, Oaxaca, Mexico”. *Ocean & Coastal Management* 45, pp. 511-529. doi: 10.1016/S0964-5691(02)00083-2
- Balderas Torres, Arturo; Santos Acuña, Lucio Andrés, y Canto Vergara, José Manuel (2014). “Integrating CBM into Land-Use Based Mitigation Actions Implemented by Local Communities”. *Forests*, 5(12), pp. 3295-3326. doi: 10.3390/f5123295.
- Balvanera, Patricia; Pérez-Harguindeguy, Natalia; Perevochtchikova, María; Laterra, Pedro; Cáceres, Daniel Mario, y Langle-Flores, Alfonso (2020). “Ecosystem Services Research in Latin America 2.0: Expanding Collaboration across Countries, Disciplines, and Sectors”. *Ecosystem Services*, 42. doi: 10.1016/j.ecoser.2020.101086



- Barnaud, Cecile; Corbera, Esteve; Muradian, Roldan; Salliou, Nicolas; Sirami, Clélia; Vialatte, Aude; Choisis, Jean-Philippe; Dendoncker, Nicolas; Mathevet, Raphael; Moreau, Clémence; Reyes-García, Victoria; Boada, Martí; Deconchat, Marc; Cibien, Catherine; Garnier, Stephan; Maneja, Roser, y Antona, Martine (2018). “Ecosystem Services Interdependencies, and Collective Action: A Conceptual Framework”. *Ecology and Society*, 23(1). doi: 10.5751/es-09848-230115.
- Becker, C. Dustin; Agreda, Ana; Astudillo, Evelyng; Costantino, Melina, y Torres, Pascual (2005). “Community Based Monitoring of Fog Capture and Biodiversity at Loma Alta, Ecuador enhance Social Capital and Institutional Cooperation”. *Biodiversity and Conservation*, 14, pp. 2695-2707. doi: 10.1007/s10531-005-8402-1.
- Brown, Peter R.; Jacobs, Brent, y Leith, Peat (2012). “Participatory Monitoring and Evaluation to Aid Investment in Natural Resource Manager Capacity at a Range of Scales”. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, pp. 7207-7220. doi: 10.1007/s10661-011-2491-y.
- Brownson, Katherine; Guinessey, Elizabeth; Carranza, Marcia; Esquivel, Manrique; Hesselbach, Hilda; Madrid-Ramírez, Lucía, y Villa, Luis (2019). “Community-Based Payments for Ecosystem Services (CB-PES): Implications of Community Involvement for Program Outcomes”. *Ecosystem Services*, 39. doi: [10.1016/j.ecoser.2019.100974](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100974)
- Caro-Borrero, Angela; Corbera, Esteve; Neitzel, Kurt Christoph, y Almeida-Leñero, Lucía (2015). “We Are the City Lungs: Payments for Ecosystem Services in the Outskirts of Mexico City”. *Land Use Policy*, 43, pp. 138-148. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.11.008>
- Cetina-Arenas, Lucero (2021). “Los pagos por servicios ambientales en la periferia de la CDMX: un enfoque de coherencia de políticas públicas para el desarrollo” (Tesis de maestría en Sostenibilidad). Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 46 pp.
- Corbera, Esteve; González Soberanis, Carmen, y Brown, Katrina (2009). “Institutional Dimensions of Payments for Ecosystem Services: An Analysis of Mexico’s Carbon Forestry Programme”. *Ecological Economics* 68, pp. 743-761. doi: 10.1016/j.ecolecon.2008.06.008.
- Cornejo, José Manuel (2003). *Tècniques d'anàlisi grupal guia de treball*. Departament de Psicologia Social Universitat de Barcelona, pp. 182. <https://www.ub.edu/dppss/lps/docu/tag.pdf>
- Cotler, Helena; Cram, Silke; Martínez Trinidad, Sergio, y Bunge, Verónica (2015). “Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en



México: caso de las zanjas trinchera”. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM*, 88, pp. 6-18.

- Cram, Silke; Cotler, Helena; Morales, Luis Miguel; Sommer, Irene, y Carmona, Estela (2008). “Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal”. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM*, 66, pp. 81-104.
- Danielsen, Finn; Burgess, Neil D.; Balmford, Andrew; Donald, Paul F.; Funder, Mikkel; Jones, Julia P.G.; Alviola, Philip; Balete, Danilo S.; Blomley, Tom; Brashares, Justin; Child, Brian; Enghoff, Martin; Fjeldsa, Jon; Holt, Sone; Hübertz, Hanne; Jensen, Arne E.; Jensen, Per M.; Massao, John; Mendoza, Marlynn M.; Ngaga, Yonika; Poulsen, Michael K.; Rueda, Ricardo; Sam, Moses; Skielboe, Thomas; Stuart-Hill, Greg; Topp-Jorgensen, Elmer, y Yonten, Deki (2009). “Local Participation in Natural Resource Monitoring: a Characterization of Approaches”. *Conservation Biology*, 23(1), pp. 31-42. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01063.x.
- Díaz, Sandra; Demissew, Sebsebe; Carabias, Julia; Joly, Carlos; Lonsdale, Mark; Ash, Neville; Larigauderie, Anne; Adhikari, Jay Ram; Arico, Salvatore; Báldi, Andrés; Bartuska, Anne; Baste, Ivar Andreas; Bilgin, Adem; Brondizio, Eduardo; Chan, Kai MA; Figueroa, Viviana Elsa; Duraippah, Anantha; Fischer, Markus; Hill, Rosemary; Koetz, Thomas; Leadley, Paul; Lyver, Philip; Mace, Georgina Mary; Martin-Lopez, Berta; Okumura, Michiko; Pacheco, Diego; Pascual, Unai; Pérez, Edgar Selvin; Reyers, Belinda; Roth, Eva; Saito, Osamu; Scholes, Robert John; Sharma, Nalini; Tallis, Heather; Thaman, Randolph; Watson, Robert; Yahara, Tetsukazu; Hamid, Zakri Abdula; Akosim, Callistus; Al-Hafedh, Yousef; Allahverdiyev, Rashad; Amankwah, Edward; Asah, Stanley T.; Asfaw, Zemed; Bartus, Gabor; Brooks, L.Anathea; Caillaux, Jorge; Dalle, Gemedo; Darnaedi, Dedy; Driver, Amanda; Erpul, Gunay; Escobar-Eyzaguirre, Pablo; Failler, Pierre; Mokhtar Fouda, Ali Mokhtar; Fu, Bojie; Gundimeda, Haripriya; Hashimoto, Shizuka; Homer, Floyd; Lavorel, Sandra; Lichtenstein, Gabriela; Mala, William Armand; Mandivenyi, Wadzanayi; Matczak, Piotr; Mbizvo, Carmel; Mehrdadi, Mehrasa; Metzger, Jean Paul; Mikissa, Jean Brueno; Moller, Henrik; Mooney, Harold Alfred; Mumby, Peter; Nagendra, Harini; Nesshover, Carsten; Oteng-Yeboah, Alfred Apau; Pataki, György; Roué, Marie; Rubis, Jennifer; Schultz, Maria; Smith, Peggy; Sumaila, Rashid; Takeuchi, Kazuhiko; Thomas, Spencer; Verma, Madhu; Yeo-Chang, Youn, y Zlatanova, Diana (2015). “The IPBES Conceptual Framework — Connecting Nature and People”. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, pp. 1-16. doi: 10.1016/j.cosust.2014.11.002



- Fernandez-Gimenez, María E.; Ballard, Heidi L., y Sturtevant, Victoria (2008). “Adaptive Management and Social Learning in Collaborative and Community-Based Monitoring: A Study of Five Community-Based Forestry Organizations in the Western USA”. *Ecology and Society*, 13(2), 4 pp.
- Flores-Díaz, Adriana Carolina; Quevedo Chacón, Alexander; Páez Bistrain, Rosaura; Ramírez, María Isabel, y Larrazábal, Alejandra (2018). “Community-Based Monitoring in Response to Local Concerns: Creating Usable Knowledge for Water Management in Rural Land”. *Water*, 10(5). doi: 10.3390/w10050542
- García-Frapolli, Eduardo y Toledo, Víctor Manuel (2008). “Evaluación de sistemas socioecológicos en áreas protegidas: un instrumento desde la economía ecológica”. *Argumentos*, 21(56), pp. 103-116.
- García-Rubio, Oscar; García-Tello, Diana Brisseth, y Osorno-Sánchez, Tamara Guadalupe (2017). “La ciencia ciudadana como herramienta de la investigación científica”. En Magaly Aguilar Ortiz, Raúl López Pineda y Martha Lucía Saavedra Rivera (coords.), *Compromiso social universitario: tejiendo la identidad de la UAQ*. Santiago de Querétaro, México, pp. 47-55.
- GDF (Gobierno del Distrito Federal) (2012). *Atlas geográfico del suelo de conservación del Distrito Federal*. Distrito Federal, México: Secretaría del Medio Ambiente/Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, 96 pp.
- Hackbart, Vivian Cristina dos Santos; de Lima, Guilherme Theodoro Nascimento Pereira, y dos Santos, Rozely Ferreira (2017). “Theory and Practice of Water Ecosystem Services Valuation; Where Are We Going?”. *Ecosystem Services*, 23, pp. 218-227. doi: 10.1016/j.ecoser.2016.12.010.
- Herbert, Tommie; Vonada, Rebecca; Jenkins, Michael; Bayon, Ricardo, y Frausto Leyva, Juan Manuel (2010). *Fondos Ambientales y Pagos por Servicios Ambientales*. Río de Janeiro, Brasil: Red de Fondos Ambientales de Latinoamérica y el Caribe (RedLAC), 102 pp.
- Koff, Harlan; Challenger, Antony, y Portillo, Israel (2020). “Guidelines for Operationalizing Policy Coherence for Development (PCD) as a Methodology for the Design and Implementation of Sustainable Development Strategies”. *Sustainability*, 12(10). doi: 10.3390/su12104055
- Koff, Harlan y Maganda, Carmen (2019). “Saving the Baby while Discarding the Bathwater: the Application of Policy Coherence for



- Development Analysis to Payment for Watershed Services”. *Madera y Bosques*, 25(3), pp. 1-20. doi: 10.21829/myb.2019.2531760.
- Koleff, Patricia; Urquiza-Haas, Tania; Urquiza-Haas, Esmeralda, y Ruiz-González, Sylvia (2016). “Necesidades y prioridades de conocimiento científico para fortalecer la toma de decisiones”. En CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), *Capital natural de México, volumen IV Capacidades humanas e institucionales*. Ciudad de México, México, pp. 305-370.
- Lawrence, Anna (2006). “No Personal Motive? Volunteers, Biodiversity and the False Dichotomies of Participation”. *Ethics, Place and Environment*, 9(3), pp. 279-298. doi: 10.1080/13668790600893319.
- Maass, Manuel (2018). “Los sistemas socio-ecológicos desde el enfoque socioecosistémico”. En Véronique Sophie Avila-Foucat y María Perevochtchikova (coords.), *Sistemas socio-ecológicos: marcos analíticos y estudios de caso en Oaxaca, México*. Ciudad de México, México: IIEC-UNAM, pp. 19-66.
- Maass, Manuel y Equihua, Miguel (2015). “Earth Stewardship, Socioecosystems, the Need for a Transdisciplinary Approach and the Role of the International Long Term Ecological Research Network (ILTER)”. En Ricardo Rozzi, F. Stuart Chapin III, J. Baird Callicott, S.T.A. Pickett, Mary E. Power, Juan J. Armesto y Roy H. May Jr. (eds.). *Earth Stewardship, Linking Ecology and Ethics in Theory and Practice*. Chile: Editorial Springer, pp. 217-234.
- Matus, Oscar; Faustino, Jorge, y Jiménez, Francisco (2009). “Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica: Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua”. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, núm. 38, 40 pp.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005). *Ecosystems and Human Well-Being*. Washington DC, Estados Unidos: Island Press, 155 pp.
- Monzón Alvarado, Claudia María; Zamora Rendón, Arantxa, y Vázquez Pérez, Andrea del Socorro (2020). “Integrating Public Participation in Knowledge Generation Processes: Evidence from Citizen Science Initiatives in Mexico”. *Environmental Science and Policy*, 114, pp. 230-241. doi: 10.1016/j.envsci.2020.08.007
- Mukama, Kusaga; Mustalahti, Irmeli, y Zahabu, Eliakimu (2012). “Participatory Forest Carbon Assessment and REDD+: Learning from Tanzania”. *International Journal of Forestry Research*, 14 pp. doi: 10.1155/2012/126454.





- Perevochtchikova, María (2009). “La situación actual del sistema de monitoreo ambiental en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México”. *Estudios demográficos y urbanos*, 24(3), pp. 513-547. doi: 10.24201/edu.v24i3.1327
- Perevochtchikova, María (coord.) (2014). *Pago por Servicios Ambientales en México. Un acercamiento para su estudio*. Ciudad de México, México: El Colegio de México, 289 pp.
- Perevochtchikova, Maria (2017). *Estudio de los efectos del programa de pago por servicios ambientales: Experiencia en Ajusco*. Ciudad de México, México: El Colegio de México, 252 pp.
- Perevochtchikova, María, y Sandoval-Romero, Gabriel Eduardo (2020). “Monitoreo comunitario participativo del agua en la periferia suroeste de la Ciudad de México”. *Investigaciones geográficas*, (103). doi: 10.14350/rig.60063
- Pérez-Campuzano, Enrique; Ávila-Foucat, Véronique Sophie, y Perevochtchikova, María (2016). Environmental Policies in the Peri-Urban Area of Mexico City: The Perceived Effects of Three Environmental Programs. *Cities*, 50, pp. 129-136. doi: 10.1016/j.cities.2015.08.013
- Ramos, Alya; Jujnovsky, Julieta, y Almeida-Leñero, Lucía (2018). The Relevance of Stakeholders’ Perceptions of Ecosystem Services in a Rural-Urban Watershed in Mexico City. *Ecosystem Services*, 34, pp. 85-95. doi: 10.1016/j.ecoser.2018.10.003
- Rodríguez-Martínez, Rosa Elisa (2008). “Community Involvement in Marine Protected Areas: The Case of Puerto Morelos Reef, México”. *Journal of Environmental Management*, 88(4), pp. 1151-1160. doi: 10.1016/j.jenvman.2007.06.008
- Rojó Negrete, Iskra (2018). “Evaluación del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en la Comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, 2004- 2017” (Tesis de doctorado, Posgrado en Geografía). Ciudad de México, México: FFL-UNAM.  
[https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000771855](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000771855)
- Rudd, Murray Alan (2000). “Live Long and Prosper: Collective Action, Social Capital and Social Vision”. *Ecological Economics*, 34, pp. 131-144. doi: 10.1016/S0921-8009(00)00152-X
- Russo, Ricardo O. (2009). “Guía Práctica para la Medición de la Captura de Carbono en la Biomasa Forestal”. Guácimo, Limón, Costa Rica: Unidad de Carbono Neutro-Universidad Earth, 17 pp.



- Saavedra Díaz, Zenia María, y Perevochtchikova, María (2017). “Evaluación ambiental integrada de áreas inscritas en el programa federal de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. Caso de estudio: Ajusco, México”. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 93, pp. 76-94.
- Shapiro-Garza, Elizabeth (2013). “Contesting the Market-Based Nature of Mexico’s National Payments for Ecosystem Services Programs: Four Sites of Articulation and Hybridization”. *Geoforum*, 46, pp. 5-15. doi: 10.1016/j.geoforum.2012.11.018
- Sheinbaum, Claudia (2011). “La compleja problemática del Suelo de Conservación del Distrito Federal: apuntes para su conservación”. En Enrique Pérez Campuzano, María Perevochtchikova y Véronique Sophie Ávila-Foucat (eds.), *Suelo de Conservación del Distrito Federal: ¿hacia una gestión y manejo sustentable?* Ciudad de México, México: Porrúa, pp. 13-38.
- SNIGF (Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal) (2018). “Declaración de Veda Forestal”. *Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal*. <https://snigf.cnf.gob.mx>
- Starkl, Markus; Brunner, Norbert; López, Eduardo, y Martínez-Ruiz, José Luis (2013). “A Planning-Oriented Sustainability Assessment Framework for Peri-Urban Water Management in Developing Countries”. *Water Research*, 47(20), pp. 7175-7183. doi: 10.1016/j.watres.2013.10.037
- Vargas-Guillén, Adalberto; Aguilar-Martínez, Susana; Castillo-Santiago, Miguel Ángel; Esquivel-Bazán, Elsa; Hernández-Vázquez, Marcos Antonio; López-Gómez, Ana María, y Quechulpa-Montalvo, Sotero (2009). “Programa estatal para la compensación por servicios ecosistémicos. Una propuesta para Chiapas”. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 58 pp.
- Von Bertrab, Alejandro y Zambrano, Luis (2010). “Participatory Monitoring and Evaluation of a Mexico City Wetland Restoration Effort”. *Ecological Restoration*, 28(3), pp. 343- 353. doi: 10.3368/er.28.3.343.

Editora asociada: Martha Ileana Espejel Carbajal  
Recibido: 31 agosto 2021  
Aceptado: 16 febrero 2022