

## Monitoreo comunitario participativo del agua en la periferia suroeste de la Ciudad de México

### *Participatory community-based monitoring of water in the southwest periphery of Mexico City*

María Perevochtchikova\* y Gabriel Eduardo Sandoval-Romero\*\*

Recibido: 23/12/2019. Aprobado: 29/06/2020. Publicado en línea: 21/10/2020.

**Resumen.** En este trabajo se presenta la experiencia de Monitoreo Comunitario Participativo (MCP) del agua en una comunidad forestal de la periferia suroeste de la Ciudad de México, realizado durante 2015-2017 por un equipo colaborativo (academia-comunidad). Apoyándose en el marco conceptual de MCP, se desarrollan varias etapas del estudio: i) el monitoreo del agua en la zona forestal (fuentes de abastecimiento de agua potable); ii) las mediciones en la parte urbana de la comunidad (domicilios y tanques de almacenamiento); iii) la aplicación de una encuesta sobre percepción social del servicio del agua, y iv) la toma de muestras de la calidad del agua para el laboratorio (para corroborar la rigurosidad de los datos tomados mediante el MCP). Se observa una tendencia de preservación de una buena calidad físico-química del agua, con una severa problemática bacteriológica; por otro lado, existe conciencia social sobre la deficiente dotación del recurso y la necesidad de conservación forestal. Finalmente, se reflexiona sobre la necesidad de implementar medidas de control de la contaminación y sobre la utilidad del MCP para el empoderamiento social y la toma de decisiones comunitarias para planeación territorial a escala local.

**Palabras clave:** calidad del agua, Ciudad de México, comunidad forestal, monitoreo colaborativo, percepción social.

**Abstract.** Environmental observation schemes involving the participation of citizens have long been positioned worldwide as key mechanisms for supporting political and social decisions at different scales and for diverse objectives and interests. Various terms have been used (all in the same sense) to refer to the participatory monitoring of nature, including “locally-based monitoring”, “community-based monitoring”, “citizen science”, “stakeholder participation”, and “public participation”. This implies carrying out environmental monitoring activities with local inhabitants participating in all stages, from sample collection to data analysis and the proposal of actions based on the information collected and the trends identified.

In Latin America, a region characterized by the continuous growth of urban populations that entails land-use changes and the ensuing loss of the ecosystem services provided by the surrounding environment, it is interesting to review collaborative initiatives of environmental observation from the “citizen science” perspective. These schemes can contribute to implementing effective participatory monitoring systems that, depending on the level of involvement of local inhabitants, may even become effective instruments for supporting government-led environmental conservation programs, especially under environmental budget shortages that are common in developing countries.

\* Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales, El Colegio de México A.C. (CEDUA-COLMEX), Camino al Ajusco, 20, Pedregal de Santa Teresa, Tlalpan, 10740, Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9349-8570>. Email: [mperevochtchikova@colmex.mx](mailto:mperevochtchikova@colmex.mx)

\*\* Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México (ICAT-UNAM), Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7136-4897>. Email: [eduardo.sandoval@icat.unam.mx](mailto:eduardo.sandoval@icat.unam.mx)

This paper describes the participatory, community-based, water monitoring (MCP, for its acronym in Spanish) carried out by an academy-local community collaborative team in a forest community of the southwestern part of Mexico City during 2015-2017. Prior to monitoring, training was provided by the Global Water Watch organization; infrastructure and technical support were provided by two scientific research projects. The method used in the study comprised the following stages: i) monitoring the quantity of water and the physical-chemical and bacteriological quality in the drinking water supply sources (two springs and a stream) located in the forested area of the community, using simple but scientifically endorsed observation techniques; ii) measuring the same water variables in a sample from water supply points (23 households and two water storage tanks) in the urban zone of the community; iii) conducting a survey of social perception about the water supply service in the households visited; and iv) collecting water samples for measuring physical-chemical water quality parameters in the laboratory, to corroborate the evaluation made through MCP.

Overall, good physical-chemical water quality was maintained over the two years of observations, but with serious bacteriological problems that would demand the implementation of water quality control measures jointly with the neighboring communities. The social perception revealed

that the community experiences severe water shortages in terms of quantity (water is supplied per batches, making it necessary to have storage devices) and quality (as visually identified by turbidity). The survey also revealed a strong citizen awareness of the natural resources of the community and the need to preserve the forest (as the springs and stream that supply water to the community are located in the forested area), and ongoing voluntary community work to clean ravines, etc.

Finally, this article discusses the usefulness of MCP schemes as means of social empowerment and community-based decision-making in territorial planning at a local level. Also discussed is the potential of MCP to support the implementation of policy instruments for land-use planning and environmental conservation programs at a regional scale. This would require expanding the water MCP experience to address other issues such as biodiversity, reforestation, natural plant regeneration, etc. and building capacity on MCP methods in other communities. This envisions transforming the MCP mechanism into an effective environmental monitoring and surveillance scheme and using it in the collaborative design and implementation of environmental public policy instruments.

**Keywords:** collaborative monitoring, forest community, Mexico City, social perception, water quality.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y la expansión urbana en las últimas décadas han provocado un grave impacto ambiental, reflejado en un mayor auge en las áreas periurbanas dado el constante cambio de uso del suelo (CUS) (Aguilar y Santos, 1022). En particular, la deforestación, como acción principal de CUS, conlleva la modificación y la desaparición parcial o total de los ecosistemas forestales, así como la degradación de sus funciones y servicios ecosistémicos (SE) (Thompson, 2011). Entre los SE, entendidos como beneficios que la humanidad obtiene de los ecosistemas forestales (Fischer *et al.*, 2009), se encuentran: i) de provisión o abastecimiento (agua, alimento, materiales), ii) de regulación (ciclo hídrico y de nutrientes), iii) culturales (tradiciones y recreación), y iv) de soporte (procesos físico-químicos del suelo) (MEA, 2005). A pesar de su importancia, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación ([www.fao.org](http://www.fao.org)) resalta que, a nivel global, los bosques y selvas disminuyen 13 millones de hectáreas por año, y en México se pierden alrededor de 500 mil hectáreas anualmente (Rosete-Vergés *et al.*, 2014).

Es importante agregar que, la propiedad de la tierra en territorios forestales se encuentra en un 80% en las manos del Estado (bosques públicos), seguido por el sector empresarial, con un 11%, y la posesión comunitaria en un 8% (Bull y White, 2009). La mayor proporción de bosques comunitarios e indígenas se encuentra en América Latina, con un 32.9% de la superficie total, seguida por Asia, con un 30.6% ([www.cifor.org](http://www.cifor.org)). En este sentido, si se considera que los países de América Latina y El Caribe albergan el 22% de los bosques del mundo (Cordero, 2011), resulta evidente la importancia de territorios forestales como medio de sustento de vida para sus poblaciones, de las cuales depende su conservación y el mantenimiento, y, por tanto, la preservación de múltiples SE. En México, aproximadamente 80% de los bosques se encuentran bajo la gestión comunitaria —ejidos y bienes comunales— (Bray *et al.*, 2005), y en la periferia de la Ciudad de México, la capital del país, es de casi 90% (Perevochtchikova, 2016).

Con el propósito de incentivar las actividades de conservación forestal en la periferia urbana, y con esto, la provisión de los SE (Niemelá *et al.*, 2012), se han implementado varios instrumentos de po-

lítica pública ambiental a nivel mundial, del tipo de compensación por SE (Rojo Negrete, 2018). En México son reconocidos los programas de Pago por Servicios Ambientales (Perevochtchikova 2016), aplicados en la CDMX desde los niveles federal y local (Pérez-Campuzano *et al.*, 2016). En el caso de la Ciudad de México (CDMX), entre los principales SE que provee este territorio se destacan: hídricos (Jujnovsky *et al.*, 2012; PAOT-SMA, 2012; Martínez *et al.*, 2015), captura de carbono (Vela-Correa *et al.*, 2012) y preservación de hábitat (Saavedra-Díaz *et al.*, 2011; PAOT-SMA, 2012). Es importante comentar que los instrumentos de conservación forestal implementados en la CDMX no poseen sistemas de monitoreo que confirmen su efectividad ambiental (Perevochtchikova *et al.*, 2016; Rojo Negrete, 2018). Entre las causas de la falta de este tipo de herramientas se han mencionado, a nivel internacional, la carencia de recursos humanos, el alto costo de adquisición de equipo y materiales para poder cubrir las observaciones continuas, sobre todo en grandes extensiones territoriales (Cohn, 2008). Como alternativa a esta problemática, se puede considerar el desarrollo de la ciencia ciudadana (Dickinson *et al.*, 2012), en particular, para el monitoreo público participativo (Geilfus, 2002; Shirk *et al.*, 2012) y el monitoreo comunitario participativo (MCP) de la naturaleza (Sharpe y Conrad, 2006; Conrad y Daoust, 2008; Burgos *et al.*, 2013). Estos esquemas de monitoreo requieren de colaboración para la observación ambiental entre los científicos y la ciudadanía (Shirk *et al.*, 2012); con base en el trabajo voluntario de los observadores (Cohn, 2008), que reciben capacitación para realizar las observaciones ambientales sustentadas científicamente (con protocolos), aunque reconociendo algunas fallas que pueden presentarse en el proceso (Deutsch y Ruiz-Córdova, 2015).

Cabe mencionar que en México existen varias iniciativas de MCP, casi todas de agua (Burgos *et al.*, 2013; Flores-Díaz *et al.*, 2013, 2018; Perevochtchikova *et al.*, 2016). En el caso de la CDMX, se ha evidenciado la experiencia de dos comunidades forestales (Perevochtchikova, 2016; González Meneses, 2018), pero no en términos de ser referente para la implementación de esquemas comunitarios de monitoreo de los SE o efectos de

los programas de conservación. Por lo que el presente trabajo aporta a la discusión de la utilidad de estos esquemas, apoyándose en el marco conceptual de MCP (Conrad y Daoust, 2008). Para esto, se presentan los resultados del monitoreo del agua en el área forestal y urbana de una comunidad ubicada en la periferia de la CDMX, realizado durante 2015-2017 por un equipo colaborativo (academia-comunidad), y se reflexiona sobre el empoderamiento de las comunidades a través de la información generada, que permite tomar decisiones a escala local en relación con los procesos ambientales identificados, adecuando los esquemas de monitoreo a problemáticas emergentes.

## MARCO CONCEPTUAL DE MONITOREO COMUNITARIO PARTICIPATIVO

Los esquemas de observación ecológica mediante la participación ciudadana se han posicionado alrededor del mundo como mecanismos importantes para el apoyo a la toma de decisión política y social (Lilja *et al.*, 2001; Lawrence, 2006; Dickinson *et al.*, 2012; Deutsch y Ruiz-Córdova, 2015). Pero su historia no es nueva, los inicios del monitoreo biológico participativo se ubican en el siglo XVIII (Jardine *et al.*, 1996) como simple observación; con posterior evolución y énfasis en el aporte de la información obtenida a los documentos oficiales y planeación territorial (Ashby, 2003).

Para el monitoreo participativo de la naturaleza se han utilizado diversos términos, como “*locally-based monitoring*”, “*cummunity-based monitoring*”, “*citizen science*”, “*stakeholder participation*” and “*public participation*” (Danielsen *et al.*, 2005; Dallahmed *et al.*, 2009; Conrad y Hilchey, 2011; Shirk *et al.*, 2012). Sin embargo, todos estos términos han sido aplicados en el mismo sentido, del desarrollo de actividades de monitoreo ambiental referidas a la recolección y análisis sistemático de la información, así como a la toma de decisiones al respecto de los cambios detectados. Lo que supone la participación e involucramiento de la población local (comunidades y ejidos en el contexto de recursos forestales en América Latina y, particularmente, en México) en todas las etapas de monitoreo, dentro

de distintos intereses y objetivos (Evans y Guariguata, 2008, p. 6).

El proceso de monitoreo comunitario participativo (MCP) es continuo, e implica una amplia gama de actividades para la construcción de la información sobre los cambios observados en la naturaleza, que puede llevar a establecer mecanismos de remediación y control. Pero, como lo sintetizan Evans y Guariguata (2008, p. 12), para que inicie y funcione el MCP es necesario cumplir con ciertos requerimientos: i) obtener financiamiento y establecer compromisos adecuados antes de empezar el trabajo; ii) capacitar a los voluntarios sobre los protocolos de monitoreo, análisis de datos y posibilidades de rediseño de monitoreo; iii) entender los motivos de su participación y crear un esquema de reconocimiento; iv) utilizar metodologías de observación sencillas y sustentadas científicamente, y v) enfocarse en resultados que sean útiles para todos los participantes y la toma de decisión a distintas escalas.

El término participación tiene un significado con múltiples facetas, desde lo social, ideológico, político y metodológico, lo que implica el involucramiento de distintos actores, incluyendo a la academia, el gobierno y la ciudadanía, en el proceso de MCP de recursos naturales (Danielsen *et al.*, 2005, 2010; Conrad and Hilchey, 2011). A escalas locales se da la participación de las comunidades u otras agencias de carácter civil, no gubernamental, lo que puede significar el empoderamiento social en cuestiones de construcción del conocimiento para la gestión ambiental y territorial (Clayton *et al.*, 1997; Goodwin, 1998). En relación con el grado de involucramiento de la sociedad en el proceso de MCP ambiental, Lawrence (2006) y Conrad y Hilchey (2011) proponen cuatro etapas: i) consultivo (pasivo), cuando el papel de la sociedad es el de contribuir a la información; ii) funcional (instrumental), se entrena y se capacita a la sociedad para la recolección de datos ambientales; iii) colaborativo (consenso), permite construcción del conocimiento y la planeación en forma conjunta; iv) transformativo (autogestión), cuando la sociedad se empodera del proceso de la generación del conocimiento, y toma decisiones con base en la información obtenida.

Actualmente se cuenta con la experiencia de MCP en muchos países del mundo:

- Europa: Inglaterra (Hamilton *et al.*, 2001), Holanda, Finlandia (Battersby y Greenwood, 2004) y Suecia (Franzén *et al.*, 2015)
- Norteamérica: Nueva Escocia (Sharpe y Conrad, 2006), EE. UU. (Bagby *et al.*, 2003) y Canadá (Whitelaw *et al.*, 2003; Lawrence, 2006)
- África: Namibia (Stuart-Hill *et al.*, 2005), Tanzania (Topp-Jorgensen *et al.*, 2005), Kenia, entre otros (Bennun *et al.*, 2005)
- Asia: Nepal (Ojha *et al.*, 2003), India (Ghate y Nagendra, 2005), Tailandia (Steinmetz *et al.*, 2006), China (Van Rijsoort y Jinfeng, 2005), Tailandia (Danielsen *et al.*, 2005)
- América Latina: Brasil (Shanley y Stockdale, 2008; García dos Santos *et al.*, 2011), Ecuador (Becker *et al.*, 2005), Bolivia (Noss *et al.*, 2005), Colombia (Loaiza Cerón *et al.*, 2011), Costa Rica (Geilfus, 2002) y México (Burgos *et al.*, 2013; Perevochtchikova *et al.*, 2016).

El MCP se ha aplicado para diferentes propósitos y observaciones del estado de los ecosistemas; específicamente, en el sector forestal, para los monitoreos de productos maderables y no maderables, y para medir y mejorar el bienestar humano y la elaboración de políticas públicas (Evans y Guariguata, 2008).

De la amplia bibliografía sobre MCP, en relación con el agua en general, se pueden ubicar diferentes publicaciones sobre temas como la planeación hídrica, la gestión integrada y por cuencas (Dungumaro y Madulu, 2003); la administración del agua para las necesidades agrícolas (Barnes *et al.*, 2013; Franzén *et al.*, 2015); el manejo de aguas residuales en comunidades rurales (Dalahmeh *et al.*, 2009), y la planeación del uso del recurso en territorios indígenas (Hoverman y Ayre, 2012). Esta participación se refiere no solo a la obtención de datos sobre un recurso, sino que comprende la contribución del conocimiento para generar propuestas de acciones para revertir o prevenir el problema detectado (Evans y Guariguata, 2008).

El MCP del agua, vinculado a la preservación de los servicios ecosistémicos, resulta ser un cam-



po para desarrollar (Firehock y West, 1995; Ely, 2002; Wilderman, 2005; García y Brown, 2009; Barnes *et al.*, 2013). Particularmente, en la relación “bosque-agua” de los ecosistemas forestales aún son menos las publicaciones científicas que se puede encontrar (Becker *et al.*, 2005; Asquith *et al.*, 2008). Sin embargo, son reconocidas varias iniciativas de programas masivos del MCP del agua en todo el mundo, como el programa voluntario de Alabama, que tiene casi 30 años de experiencia (Deutsch y Ruiz-Córdova, 2015), entre otros, apoyados por los gobiernos de los EE. UU., Canadá y Australia, mencionados en Perevochtchikova *et al.* (2016).

Entre estas experiencias se destaca el papel de la organización Global Water Watch (GWW) en la implementación y la certificación de las redes de MCP del agua en Argentina, Brasil, Ecuador, México y Perú (<http://www.globalwaterwatch.org>). En México las experiencias más importantes y con observaciones a largo plazo han sido efectuadas en los estados Veracruz (desde 2005) y Michoacán (desde 2010), donde se han formado las redes de MCP del agua mediante la colaboración científico-social, con apoyo en la certificación de la GWW (Aranda *et al.*, 2008; Flores-Díaz *et al.*, 2013,

2018; Burgos *et al.*, 2013). Otras experiencias en el MCP del agua en México hacen referencia al área de la CDMX (Perevochtchikova *et al.*, 2016; González Meneses, 2018). Todas estas iniciativas confirman el interés y la importancia de llevar a cabo el MCP (Lawrence, 2006) para una mejor comprensión de los recursos hídricos, mediante la apropiación de técnicas sencillas de observación y el uso de la información generada para la gestión local (Danielsen *et al.*, 2010).

## MÉTODO

### Zona de estudio

Los bienes comunales de San Miguel y Santo Tomás Ajusco (en adelante, la comunidad Ajusco) se ubican en la periferia suroeste de la Ciudad de México (CDMX), la capital del país (Figura 1). Esto es dentro del territorio denominado Suelo de Conservación (SC), que posee un 45% de cobertura forestal y alberga un 12% de la biodiversidad nacional (PAOT-SMA, 2012); donde un 90% del territorio forestal del SC se encuentra en propiedad colectiva —comunidades y ejidos— (Scheinbaum, 2011). El

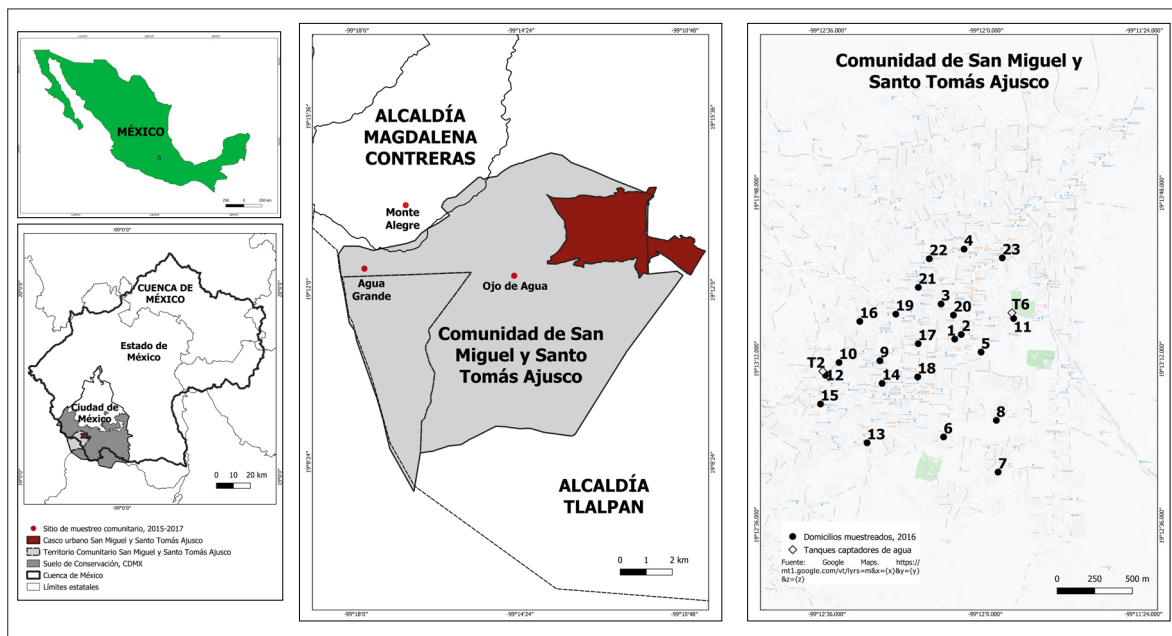


Figura 1. La ubicación de la zona de estudio. Fuente: elaboración de Arturo Ramos Bueno, con base en las coberturas de PAOT-SMA (2012).

SC, dada la cercanía a la ciudad de México, padece serios problemas ambientales, muchos relacionados con el cambio de uso del suelo (Schteingart y Salazar, 2003), y particularmente con la deforestación (Pérez-Campuzano *et al.*, 2012).

De acuerdo con el Departamento de Asuntos Agrarios y Colonización (DOF, 1975), la comunidad de Ajusco cuenta con 7619.2 hectáreas y 604 comuneros (que poseen título de la propiedad de la tierra). El órgano máximo de la autoridad comunal es la asamblea comunitaria (donde participan los comuneros o sus descendientes con carta poder), en la cual se elige al presidente y al comité de vigilancia cada tres años, se discuten y se aprueban todos los asuntos importantes de interés para toda la comunidad (incluyendo la participación en programas gubernamentales), con base normativa interna del estatuto comunal (Almaraz, 2014).

Geográficamente, la posición de la comunidad corresponde a la frontera suroeste del parteaguas de la Cuenca de México y llega a las alturas hasta 3900 msnm (Figura 1), donde se cuenta con un clima templado, que se caracteriza por la precipitación promedio anual de 700 a 800 mm, y las lluvias de mayo a octubre (PAOT-SMA, 2012). Estas condiciones climatológicas y orográficas han favorecido la existencia de una gran biodiversidad en la zona y la provisión de múltiples servicios ecosistémicos a escala regional y local (Cram *et al.*, 2008); en particular, de la regulación del ciclo hídrico, la captura de carbono, preservación de hábitat y recreación, entre otros (Perevchtchikova *et al.*, 2016).

En cuanto a servicios ecosistémicos hídricos (SEH), el territorio de la comunidad contribuye con la recarga de agua subterránea a escala regional, como SEH de regulación (Zabala *et al.*, 2017), y a la provisión del agua a escala local y regional mediante captura del recurso en manantiales del sistema “Pueblos” (Monte Alegre, Viborillas, Potrero Chico y La Saucedá) (DGCOH-GDF, 1999; SACM-GDF, 2003). Por otro lado, la comunidad ha participado en múltiples ocasiones en el programa federal de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), llegando a ocupar bajo esta modalidad más de 5 mil ha (Perevchtchikova, 2016); además de incorporarse recientemente a los apoyos de conservación de SE a escala local de la

CDMX. Para determinar los efectos del PSA, durante 2012-2017 se desarrollaron en la comunidad dos proyectos de investigación científica,<sup>1</sup> dentro de los cuales, en 2015 surgió la iniciativa que llevó a la capacitación en el MCP del agua por la GWW.

### ***Etapas y técnicas aplicadas***

Con base en los antecedentes bibliográficos sobre el MCP del agua y, especialmente en México (Aranda *et al.*, 2008; Deutsch *et al.*, 2010; Deutsch y Ruiz-Córdova, 2015; Flores-Díaz *et al.*, 2013, 2018; Burgos *et al.*, 2013; Perevchtchikova *et al.*, 2016; González Meneses, 2018), se determinaron varias etapas para el desarrollo de este trabajo. También se solicitó el apoyo de la organización Global Water Watch (GWW), sede México, para la capacitación certificada en el MCP del agua (<http://mexico.globalwaterwatch.org/>).

El proceso de capacitación, financiado por los proyectos de investigación, y realizado por la GWW en enero de 2015, permitió formar a ocho monitores: cuatro desde la comunidad (tres hombres y una mujer designados desde la representación comunitaria) y cuatro desde la academia (tres alumnos de posgrado y el coordinador técnico de los proyectos). Los criterios que determinaron este proceso fueron (tal como lo comentan Evans y Guariguata, 2008): el presupuesto disponible para la adquisición de equipo y materiales de monitoreo, el acuerdo sobre la voluntariedad del monitoreo, y el compromiso de invertir el tiempo en la realización del monitoreo en los siguientes 2-3 años, con posibilidad de rediseñar el monitoreo.

El proceso de capacitación empezó con un taller para la determinación de los sitios de interés para el MCP del agua en la comunidad de Ajusco. En este se llevó a cabo el mapeo participativo que reflejó el conocimiento local sobre el territorio, con la ubicación de zonas forestales y fuentes de agua, y permitió ubicar las principales problemáticas de la contaminación, el deterioro de recursos y las zonas de conservación forestal (incluyendo las que han

<sup>1</sup> El MCP tuvo el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, al inicio con el proyecto 155039 de Ciencia Básica (2012-2015) y la continuación con el proyecto 246947 de Problemas Nacionales (2015-2017).

obtenido el apoyo de PSAH). Como prioridad para el MCP, desde la comunidad fue identificada la necesidad de observar el estado de las fuentes de abastecimiento de agua potable, referidos a dos manantiales (Ojo de Agua y Agua Grande) y un arroyo (Monte Alegre, en el ejido vecino de San Nicolás Totolapan), ubicados en zona forestal que ha obtenido apoyo de PSA federal, y en su zona urbana, por la provisión de SEH a escala local (Figura 1).

Dentro de las características de la calidad del agua se seleccionaron para el MCP: i) parámetros físico-químicos (temperatura de aire y agua (T, °C), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (od, ppm), saturación de oxígeno (sat, %), alcalinidad (en mg/l), dureza (en mg/l), turbidez (en unidades de turbidez Jackson, JTU); y ii) bacteriológicos (en unidades formadoras de colonias, UFC, de bacterias coliformes en 100 ml, *Escherichia coli* o *E. coli*, y otras bacterias). Se capacitó a los monitores en el uso de técnicas de medición *in situ*, cultivo de bacterias e incubación, con posterior interpretación de los resultados obtenidos, según el manual de Deutsch *et al.* (2010).

Para lo anterior, se habilitó a los participantes en el uso del maletín “Water Quality Test Kit” (con sustancias químicas preparadas para ser usadas dentro del protocolo de medición para cada parámetro). Para la medición de bacterias *E. coli* se construyó una incubadora portátil (con hielera, lámpara y cable), se adquirieron los medios de cultivo Coliscan EasyGel y las placas Petri pretratadas. Adicionalmente, se aprovechó del equipo disponible dentro de los proyectos para el monitoreo de la cantidad del agua (caudal Q, m<sup>3</sup>/s), con el medidor automático de flujo “Global Water”. El proceso de MCP del agua en la parte forestal de la comunidad se realizó de forma mensual durante 2015-2017. Por lo que en la primera etapa del trabajo se presentan los resultados del MCP del agua en las fuentes de abastecimiento del agua potable de la comunidad (con un total de 23 salidas de campo realizadas).

En la segunda etapa, se desarrolló el monitoreo en la parte urbana de la comunidad durante el mes de julio de 2016, con 23 domicilios y dos tanques de agua T2, T6 visitados, siguiendo las líneas de distribución del agua por tandeo de la comunidad

(Figura 1), acompañados de una encuesta sobre la percepción social del servicio dotado existente del agua (vinculada al bienestar comunitario). Para el monitoreo en la parte urbana se implementaron las mismas técnicas de medición de parámetros *in situ*, complementándolas con el análisis de salinidad (S, ppm), sólidos totales disueltos (STD, ppm) y conductividad eléctrica (CE, µS), con el medidor TRACER Pocketester de LaMotte. Por su parte, el cuestionario aplicado a jefes de hogares contenía 30 preguntas agrupadas en 3 bloques temáticos sobre: i) datos generales del encuestado, ii) servicio del agua en casa (cantidad, calidad, frecuencia, pago y posibles mejoras), iii) conservación de manantiales y bosque (conocimiento de recursos naturales comunitarios y medidas de preservación) (Anexo 1).

Para corroborar la rigurosidad de los datos de la calidad del agua obtenidos durante el MCP, se tomaron en julio de 2016 varias muestras del agua (filtradas y acidificadas) para el análisis de laboratorio (de principales aniones y cationes),<sup>2</sup> que fueron procesadas en el laboratorio de calidad ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Campus Juriquilla (Anexo 2). En total se procesaron 6 muestras (con una de control): 3 de las fuentes de abastecimiento del agua (los dos manantiales y el arroyo arriba mencionados), 2 en la parte urbana de la comunidad (domicilios 9 y 20), y una en el tanque de almacenamiento (T2). Todo esto ayudó a reflexionar sobre el proceso de MCP, la rigurosidad y la utilidad de la información obtenida para el empoderamiento comunitario en la gestión de sus recursos naturales y la planeación territorial.

## RESULTADOS

### *Calidad del agua en las fuentes de abastecimiento*

Los resultados de MCP para tres sitios monitoreados, ubicados en el área forestal (dos manantiales y un arroyo) se presentan en la Figura 2.

<sup>2</sup> Los parámetros medidos en laboratorio fueron: i) pH, T °C, conductividad µS, alcalinidad CaCO<sub>3</sub>; ii) F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>; iii) Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, V, Zn.

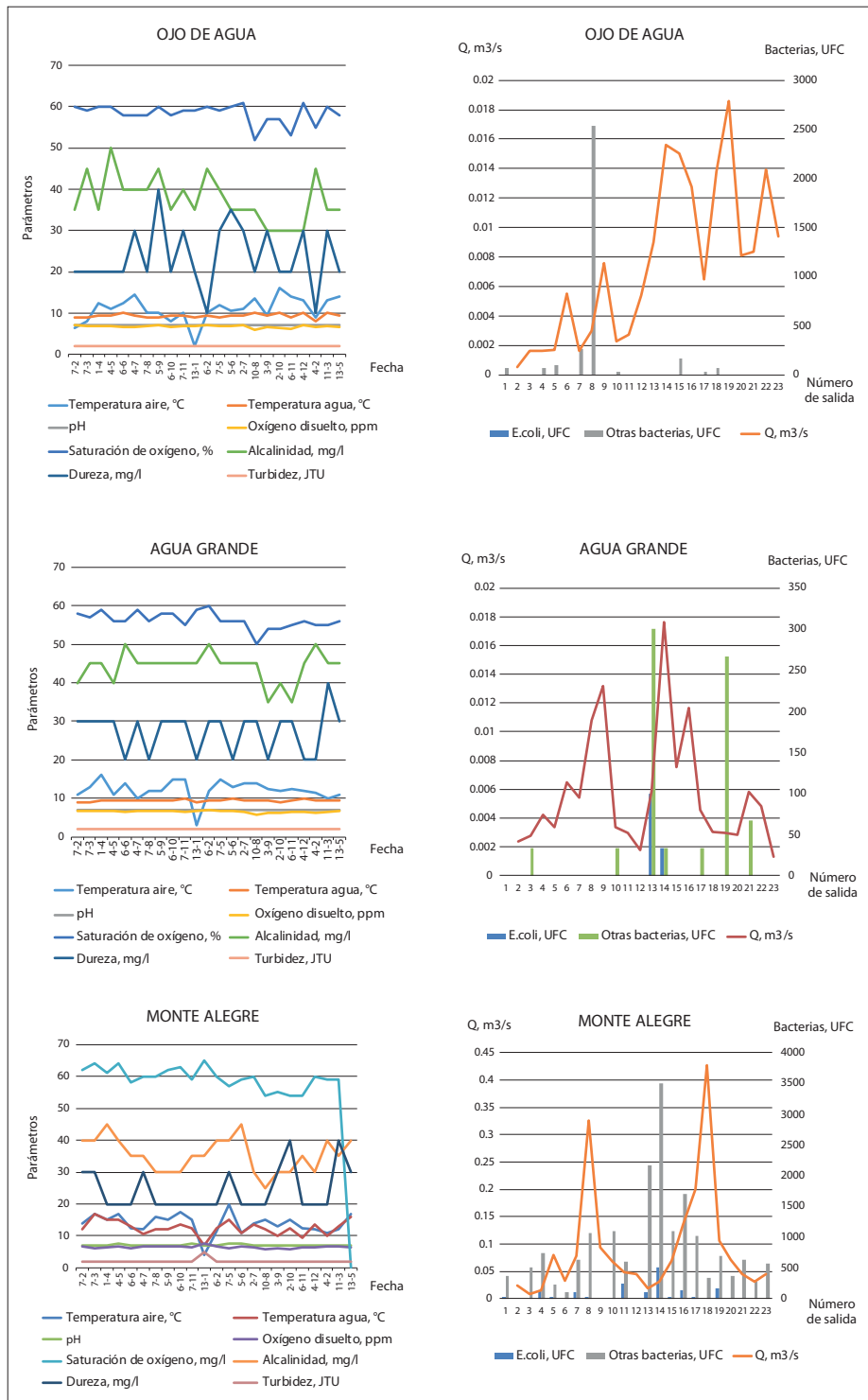


Figura 2. Los parámetros físico-químicos (izquierda), bacteriológicos y caudal del agua (derecha) en las fuentes de abastecimiento de la comunidad Ajusco, 2015-2017. Fuente: trabajo de campo.



Con estas observaciones se determinaron los rangos óptimos en relación con la calidad del agua para la vida acuática y el uso humano, basándose en el manual de Deutsch *et al.* (2010) (Cuadro 1).

A partir de estos datos se pudo observar la tendencia general de la preservación de buena calidad físico-química del agua en los tres sitios de monitoreo, cumpliendo con la normatividad mexicana del agua potable (NOM-127-SSA1-1994: DOF, 2000), con la excepción de las concentraciones de bacterias *E. coli* y Otras bacterias. Las últimas están presentes de forma constante en el arroyo Monte Alegre, algunas veces en el manantial Agua Grande, y prácticamente ausentes en el Ojo de Agua. Las concentraciones aumentan con crecidas de caudal y el arrastre de materia orgánica de las riveras hacia las fuentes de agua.

Los resultados obtenidos pasaron por un proceso de revisión por parte de la GWW, y después

de la capacitación de los monitores en enero de 2016, la información se incorporó a la base de datos (<http://mexico.globalwaterwatch.org/datos-de-agua/ver-datos/>). Así mismo, los resultados fueron presentados en marzo de 2017 ante las autoridades comunitarias, el comité del agua y otros comuneros interesados. En esta reunión se decidió informar a la asamblea general comunitaria y también llevar el mensaje a comunidades y ejidos vecinos, ante la necesidad de actuar de manera sinérgica para el control de actividades productivas, vinculadas al uso de agroquímicos, el libre pastoreo y el tiradero de basura en las riberas de los arroyos y áreas cercanas a los manantiales. Además de presentar los datos observados ante la Comisión Nacional Forestal (que promueve el programa federal de PSAH), como una forma alternativa de llevar a cabo el monitoreo de efectos ambientales (hídricos) dentro de la zona forestal apoyada por el programa.

Cuadro 1. La calidad del agua en fuentes de abastecimiento de la comunidad Ajusco y su relación con vida acuática y uso humano.

Característica medida	Rango observado	Determinación cualitativa	Caracterización para vida acuática y uso humano
Temperatura de agua	7-17° C	Baja	Óptimo para vida acuática (menos de 32° C); corresponde a saturación de oxígeno de 10-11 mg/l
pH	7-7.5	Neutral	Óptimo para vida acuática (pH=6.5-8.5); calidad de agua destilada
Dureza (Ca, Mg)	10-40 mg/l	Suave y moderadamente suave	Suave (0-20 mg/l), moderadamente suave (20-60 mg/l); calidad óptima
Alcalinidad (CaCO <sub>3</sub> )	25-50 mg/l	Sistemas estables	Buen sistema amortiguador (20-80 mg/l); ambiente estable para vida acuática
Oxígeno disuelto	5.8-7.5 ppm	Buena	Buena (4-7 ppm) para mayoría de animales acuáticos; buena para peces tropicales; bajo para peces de aguas frías
Saturación de oxígeno	50-65 %	Pobre o aceptable	Menos de 60% es agua pobre (caliente o bacterias usando oxígeno); 60-79% aceptable para mayoría de vida animal
Turbidez	2-5 JTU	Sin sedimento	Óptimo para vida acuática, permite la penetración de luz
<i>E. coli</i>	0-500 UFC	Potable a recreación	0-agua potable, 250-600 recreación, 2000-agua antes de tratamiento
Otras bacterias	0-3500 UFC	Potable a contaminada	0-agua potable, 250-600 recreación, 2000-agua antes de tratamiento

Fuente: trabajo de campo y manual de Deutsch *et al.* (2010).

### Calidad del agua en la parte urbana de la comunidad

Como se puede observar del Cuadro 2, se presenta una tendencia general en la preservación de buena calidad físico-química del agua en los sitios de monitoreo. Con los siguientes rangos de parámetros: pH entre 7.14-8.35, dureza 20-30 mg/l, alcalinidad 25-40 mg/l, saturación de oxígeno 65-100 ppm y turbidez de 2 JTU. Los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles para la calidad de agua potable recomendada para el consumo humano, según la normatividad mexicana (NOM-127-SSA1-1994). La excepción presenta solo sólidos totales suspendidos (30-90 ppm), los cuales no deben estar presentes en el agua destinada para consumo humano, igual que salinidad (20-60 ppm) y, asociada a la concentración de sales, conductividad eléctrica (50.1-135  $\mu$ S).

Pero la característica de mayor preocupación ha resultado la concentración de colonias de *E. coli* y otras bacterias, dado que se encontraron *E. coli* en 5 tomas domiciliarias, y otras bacterias fueron presentes en dos terceras partes de los sitios monitoreados y en dos tanques almacenadores del agua (T2 y T6), lo que viola la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994). En este sentido, es importante agregar que, por la información del comité del agua de la comunidad, en los tanques no funcionaba el sistema de cloración, tampoco se ha hecho revisión de su estado físico (para determinar posibles infiltraciones), ni limpieza en años.

### Percepción social del servicio de agua en la comunidad

De la encuesta aplicada se pudo observar que los domicilios de la comunidad albergan en promedio de una a 23 personas, de los cuales 95.6% son familiares directos, a los que en un 30% se les avisó del monitoreo. Por otro lado, al 91% de los encuestados les pareció una buena idea contribuir a esta iniciativa, dado que permite "... saber con seguridad que es agua limpia", "saber cómo está" y "que consumen" (datos de encuesta, 2016).

En términos del sistema de servicio, se observó que un 95.6% de los encuestados tiene el acceso a la tubería directa, pero hay solo un 69.5% a los que le llega el agua al terreno; el consumo cons-

tante de agua por medio de pipas lo utiliza un 30%, y, a veces, de otras fuentes un 30%. Sobre la frecuencia del abasto, solo un 13% mencionó contar con el servicio constante, el 26% varios días a la semana; en cuanto un 65% comenta sobre el abasto por tandeo con frecuencia de una vez cada 15-20 días. En este sentido, un 26% considera que el volumen suministrado no les alcanza para cubrir las necesidades en este periodo, pero, en general, la gente en un 100% recurre al almacenamiento del agua en diferentes tipos de recipientes. De estos, un 22% almacena en tinacos subterráneos, 19% en tinacos ubicados en el techo de la vivienda, 16% en una cisterna en el patio, y los demás en diversos tipos más, como tambos, botes, piletas, etc. Un 38% comenta que lavan los recipientes cada 3-6 meses, 21% cuando estos se vacían, 13% cada mes, 8% cada 15 días, y hay un 12% que no los lava nunca.

Por otro lado, un 61.6% de los encuestados piensan que el agua que les llega a domicilio es de buena calidad, y un 13% que lo es a veces; esto lo explican dado que un 60.9% considera que se ve bien el agua (otros 13% que lo es a veces), un 73% que no percibe olor alguno o solo de cloro a veces. Pero, un 72.8% detecta la presencia de sedimento en el agua, sobre todo en la época de lluvia, cuando el agua llega turbia (y hasta de color negro, al inicio de bombeo) a sus domicilios.

Considerado en el territorio comunitario el agua como recurso común, un 95.6% de los encuestados no paga por este servicio. Pero casi todos comentan (en 95.6%) que el servicio de abasto puede ser mejorado mediante la renovación de infraestructura (100%), mejora en la calidad del agua (95.6%) y conservando el bosque de la comunidad (100%). En este sentido, a la pregunta sobre el origen del agua que llega a sus casas, un 87% detecta sus fuentes en los manantiales de la comunidad y un 52% en las de comunidades vecinas, incluso un 61% saben con precisión donde se encuentran los manantiales y los arroyos.

En este sentido, un 87% de los encuestados considera que hay una conexión entre los manantiales y el bosque, por lo que todos aseguran que habría que preservarlo para garantizar el servicio del agua a tiempo prolongado. Entre las medidas de

Cuadro 2. Calidad del agua en la parte urbana de la comunidad Ajusco.

N	Fecha	Altura msnm	T aire °C	T agua °C	pH	OD ppm	Sat %	Alcalinidad mg/L	Dureza mg/L	Turbidez JTU	CE µS	S ppm	STD ppm	<i>E. coli</i> UFC	Otras bacterias UFC
1	09/07/2016	2893	16.5	13.6	7.38	10	100	25	20	2	50.1	20	30	33	1500
2	09/07/2016	2900	17	16.8	7.36	9.3	100	25	20	2	51.6	20	30	0	400
3	09/07/2016	2893	19	14.8	7.47	7.2	71	30	30	2	75.8	30	50	0	0
4	09/07/2016	2878	21	15.5	7.57	7.8	79	25	20	2	58.1	20	30	0	0
5	14/07/2016	2877	15.3	13.4	7.82	9.1	78	35	20	2	58.4	30	40	0	0
6	14/07/2016	2897	16	13.7	7.6	9.6	91	35	20	2	59.2	20	40	0	0
7	14/07/2016	2860	18	15.5	7.56	8.9	79	35	20	2	58.5	20	30	0	0
8	14/07/2016	2879	20.5	16.5	8.35	6.6	65	35	20	2	101.6	40	50	0	0
9	14/07/2016	2962	19.6	15.5	7.32	6.7	66	35	20	2	74	30	50	0	100
10	14/07/2016	3005	18.5	16.5	7.75	7.2	73	35	20	2	72.5	30	50	33	400
11	15/07/2016	2837	17.5	12.9	7.76	8.8	82	35	20	2	74	20	50	33	1400
12	15/07/2016	2970	19.3	12.6	7.96	7	65	30	20	2	62.3	20	40	0	1367
13	15/07/2016	2955	19.2	12.6	7.76	7.4	68	25	20	2	64.5	20	40	0	1367
14	15/07/2016	2962	18	17.3	7.51	8.8	92	25	20	2	72.4	30	50	0	933
15	15/07/2016	2988	18.6	14.5	7.77	6.9	66	30	20	2	75	40	60	0	533
16	15/07/2016	2973	18.6	12.6	7.35	7.8	72	25	30	2	71.7	30	40	0	933
17	20/07/2016	2924	14.5	14	7.45	8	76	25	20	2	52.4	30	40	133	4567
18	20/07/2016	2926	13.8	12.5	7.5	8.2	77	30	20	2	54.9	20	30	0	3400
19	20/07/2016	2950	16	13.6	7.4	9.2	87	30	20	2	62.6	20	30	0	3600
20	20/07/2016	2892	18	14.6	7.47	7.9	79	25	20	2	60.5	20	40	0	3367
21	20/07/2016	2918	17.5	16.3	7.57	9	91	25	20	2	52.9	20	30	67	1967
22	20/07/2016	2900	16	13.6	7.14	9.6	91	30	20	2	101.1	40	60	0	1800
23	20/07/2016	2857	18.7	17.3	7.47	8.1	85	40	30	2	135	60	90	33	1967
Promedio			17.7	14.6	7.58	8.2	80	30	21	2	69.5	27	43	14.5	1287
T2	09/07/2016	3009	17	11.8	7.57	7.2	65	30	20	2	48.3	20	30	0	1433
T6	15/07/2016	2850	18.8	16	7	4.8	48	35	20	2	73.4	30	50	0	833
Promedio			17.9	13.9	7.29	6.0	57	33	20	2	60.9	25	40	0.0	1133

Fuente: trabajo de campo.

conservación forestal ubican las acciones, como no tala, recolección de basura y reforestación, además de "... no dejar que los animales pasten cerca de los manantiales", "no quemar, no sacar tierra y ni piedra", "no permitir a los turistas mal uso del bosque", y "contribuir con faena comunitaria" (datos de encuesta, 2016). Por lo que un 91% está dispuesto en aportar a la realización de actividades de conservación, y un 65%, voluntariamente; comentando que están constantemente contribuyendo a las faenas (como limpieza de barrancas) que son obligatorias para los comuneros, y en conjunto influyen en el bienestar comunitario.

### **Rigurosidad de datos del MCP de agua**

A partir de los resultados de las muestras de agua procesadas en laboratorio (Anexo 2), se puede constatar que prácticamente no se observa variación entre la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento (dos manantiales y un arroyo) y en la parte urbana de la comunidad, en cuanto a sus características físico-químicas. Los rangos de parámetros observados fueron: K=1.08-2.2 mg/l, Mg=1.48-2.67 mg/l, Mn=0.023-0.071 mg/l, Na=2.7-5.06 mg/l, Si=8.91-18.83 mg/l, Cl=0.58-0.90 mg/l, NO<sub>3</sub>=0.63-1.05 mg/l, SO<sub>4</sub>=3.85-4.82 mg/l. Tampoco hubo diferencias para los parámetros de pH=7.1-7.2, conductividad eléctrica=55.1-92.3 µS, entre otros, y solo la temperatura del agua resultó restante, con 21.3° C en laboratorio (más alta por la transportación de las muestras), lo que se encuentra dentro de la normatividad mexicana para el agua de consumo humano (NOM-127-SSA1-1994; DOF, 2000).

Las concentraciones de *E. coli* (0-1266 UFC) y otras bacterias (33-3433 UFC) se hallaron con una mayor presencia en los sitios monitoreados en la parte urbana de la comunidad. Lo que, sin duda, preocupa por su seguridad alimentaria y requiere de implementación urgente de medidas de purificación del agua. Pero, en general, los datos obtenidos de la calidad del agua en laboratorio, no se diferencian (se complementan) de los parámetros físico-químicos medidos en el campo, que puede indicar el cumplimiento de los protocolos de muestreo por los monitores y confirma la rigurosidad de datos obtenidos por el MCP y se vincula con

la utilidad del monitoreo como alternativa para observaciones ambientales continuas.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

A partir del MCP del agua desarrollado en 2015-2017 en la comunidad de Ajusco, se observó que la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento de la comunidad (dos manantiales y un arroyo) y en la parte urbana (23 domicilios y dos tanques almacenadores) presentaron las mismas características físico-químicas, calificadas como aptas para consumo humano dentro de la normatividad mexicana (NOM-127-SSA1-1994; DOF, 2000). Existe la preocupación en el caso de las colonias *E. coli* y de otras bacterias, por su presencia en el arroyo y varios sitios dentro de la comunidad. En relación con esta problemática habría que tomar medidas de acción urgentes para el control de la contaminación, no solo al interior de la comunidad, sino en conjunto con otras comunidades y ejidos, para establecer sinergias en cuando a actividades productivas que implican impacto sobre los SEH, tal como lo comentan Flores-Díaz *et al.* (2018).

Por otro lado, es importante considerar medidas de conservación en la parte forestal a largo plazo por el alcance regional de los SEH de provisión y regulación que ofrece este territorio (Zabala *et al.*, 2017); esto implica la realización de las actividades establecidas dentro de los programas de compensación por SEH, como el PSAH federal o mecanismos locales (Perevochtchikova, 2016). Para la medición de sus efectos se podría apoyar en el MCP, que permite involucrar la población local, minimizar los costos de inversión y mantenimiento, sin disminuir la calidad y cantidad de los datos obtenidos (Deutsch y Ruiz-Córdova, 2015). En este sentido, el ejercicio realizado en la comunidad Ajusco confirma que la calidad del agua de las muestras de laboratorio correspondió al análisis realizado *in situ*, lo que corrobora la rigurosidad de los datos del MCP, siempre y cuando se realice y se mantenga la capacitación de monitores, el seguimiento estricto del protocolo y el acompañamiento colaborativo de campo (Cohn, 2008).

La parte importante en el proceso de la iden-

tificación de procesos naturales bajo esquemas del MCP es el establecimiento de la “línea base” (*baseline*) para poder determinar las modificaciones y así detectar cambios abruptos (Barnes *et al.*, 2013), que, en el caso de la comunidad de Ajusco, pueden ser referidos al trabajo de Zabala *et al.* (2017). Con esta línea histórica de calidad y cantidad del agua determinada, construida con base en registros oficiales (DGCOH-GDF, 1999; SACM-GDF, 2003) y, ahora con la experiencia de dos años de la comunidad, se puede continuar con un esquema de mediciones del agua que se adapte a las necesidades emergentes de la comunidad, e incluso puede cambiar de enfoque o periodicidad de datos a tomar.

En cuanto a la toma de decisiones a partir de la información generada sobre la calidad, la cantidad y el servicio del agua en un territorio; tal como lo comentan Danielsen *et al.* (2010), este proceso puede tardar de 3-12 meses a 3-9 años (dependiendo de la escala de acción), desde su formulación hasta la implementación de medidas. Esta situación compleja se da porque en la gestión y la planeación territorial siempre se involucran diversos actores que se rigen bajo diferentes intereses (Danielsen *et al.*, 2005; Reutebuch *et al.*, 2008). Lo mismo se ha observado en la comunidad de Ajusco en cuanto al proceso de la generación del conocimiento dentro del MCP sobre recursos hídricos que llevaba varios años y la comunicación apenas estaba en sus inicios, pero, depende completamente de las prioridades y la voluntad de la representación comunitaria en curso (Perevochtchikova, 2016).

Es de notar que, el éxito del MCP, como lo comentan Barnes *et al.* (2013), García y Brown (2009), Lawrence (2006), Danielsen *et al.* (2010), depende de múltiples factores y el compromiso de los actores involucrados. En específico, es importante contar con un financiamiento inicial para realizar la capacitación de los monitores y la adquisición del equipo y materiales, pero también es importante trabajar en la comunicación y la educación ambiental para promover la formación de la conciencia ambiental y cohesión social en el grupo monitor y en la comunidad. Esto permitiría evitar las situaciones de la falta de interés de los monitores, su fluctuación (a cuadros sin

preparación previa), y atender a tiempo el cambio de prioridades, los intereses o las problemáticas emergentes (Flores-Díaz *et al.*, 2013, 2018; Burgos *et al.*, 2013; Perevochtchikova *et al.*, 2016). Pero, además, influenciaría el proceso de cambio del MCP de consultivo y funcional (solo aprovechando la participación ciudadana en la obtención del dato) a colaborativo y transformativo, cuando la sociedad se empodera del proceso de la generación del conocimiento, y toma decisiones con base en la información obtenida para planeación territorial, uso y aprovechamiento de recursos naturales (Lawrence, 2006).

En este sentido, en el caso de la comunidad de Ajusco, se observó una predisposición inicial para la capacitación en el MCP del agua y el compromiso de los monitoreos a corto plazo, que implicó una adaptación del esquema de monitoreo a necesidades propias de la comunidad. Los resultados del trabajo presentado permitirán determinar las medidas de control de la contaminación en las fuentes de abastecimiento y en el trayecto del agua a los domicilios de la comunidad, pero también aportarían la información importante para la planeación territorial y la mejora del bienestar comunitario (en vínculo al servicio del agua). Además de contar con un instrumento de autogestión que podría usarse para atender otras problemáticas (Fernández Jiménez *et al.*, 2008; Dickinson *et al.*, 2012); como, por ejemplo, en expandir la experiencia del MCP del agua a otras comunidades para el estudio de efectos de instrumentos de política pública ambiental implementados en el SC de la CDMX, o a otros aspectos ambientales (biodiversidad, reforestación, regeneración natural, suelo) y socio-culturales (tradiciones, usos y costumbres) que podrían ser observadas y documentados para el empoderamiento comunitario y la toma de decisiones locales (Conrad y Hilchey, 2011).

Por otro lado, la participación ciudadana en la generación de la información ambiental (Danielsen *et al.*, 2005, 2010; Conrad y Hilchey, 2011; Dickinson *et al.*, 2012), en el contexto de la expansión urbana, podría ser útil para el desarrollo de los instrumentos gubernamentales de planeación territorial y programas masivos de conservación a escala regional (Cohn, 2008). En situaciones de



carencia presupuestaria para la implementación de programas forestales, el mecanismo de MCP podría transformarse en esquemas efectivos de monitoreo y vigilancia ambiental, con base en el manejo de técnicas sencillas, pero rigurosas científicamente hablando, de observación ambiental (Rojo Negrete, 2018). Por último, el MCP tiene un potencial para ser incluido en el diseño y la implementación de los instrumentos de política pública, como el ordenamiento ecológico territorial, los inventarios forestales, los programas de pago por servicios ambientales, entre otros.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento de proyectos de investigación 246947 Problemas Nacionales y 290832 FONCICYT, ANR-CONACYT. Un especial agradecimiento a Moises Reyes Flores y Reynaldo Camacho, de la comunidad San Miguel y Santo Tomás Ajusco, y a Nidya Aponte por su constante acompañamiento en campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. G. y Santos, C. (2011). Asentamientos informales y preservación del medio ambiente en la Ciudad de México. Un dilema para la política de uso del suelo. En E. Pérez Campuzano, E., M. Perevochtchikova y V. S. Ávila Foucat (Coord.), *Suelo de conservación del Distrito Federal ¿hacia una gestión y manejo sustentable?* (pp. 93-124). México: IPN y Miguel Angel Porrúa.
- Almaraz Vázquez, M. N. (2014). *Servicios ambientales forestales y prácticas de aprovechamiento de Recursos de Uso Común en el Suelo de Conservación del Distrito Federal: Caso de estudio los B.C. San Miguel y Santo Tomás Ajusco*. Tesis de licenciatura, Colegio de Geografía, FFL-UNAM, México.
- Aranda, E., Oral, R., Flores, A., Ramos, M., Vidriales, G. y Manson, R. (2008). *Monitoreo comunitario del agua*. México: Asociación de Vecinos del Pixquiuc – Zoncuanntla A.C. Global Water Watch-Veracruz, Instituto de Ecología, Xalapa.
- Asquith, N. M., Vargas, M. T. y Wunder, S. (2008). Selling two Environmental services: In-kind payments for bird habitat and watershed protection in Los Negros, Bolivia. *Ecological Economics*, 65(4), 675-684.
- Ashby, J. A. (2003). Introduction: uniting science and participation in the process of innovation—research for development, in: B. Pound, S. Snapp, C. McDougall, & A. R. Braun (Eds) *Managing natural resources for sustainable livelihoods: uniting science and participation*. London, UK: Earthscan, pp. 1–19.
- Bagby, K., Brown, B., Chapp, S. y Hunter, J. (2003). *Sharing stewardship of the harvest: Building capacity among low income non-timber forest product harvesters*. Taylorsville, California: Pacific West Community Forestry Center.
- Barnes, A. P., Toma, L., Willock, J. y Hall, C. (2013). Comparing a “budge” to a “nudge”: Farmer responses to voluntary and compulsory compliance in a water quality management regime. *Journal of Rural Studies*, 32, 448-459.
- Battersby, J. E. y Greenwood, J. J. D. (2004). Monitoring terrestrial mammals in the UK: past, present and future, using lessons from the bird world. *Mammal Review*, 34, 3-29.
- Becker, C. D., Agreda, A., Astudillo, E., Costantino, M. y Torres, P. (2005). Community-based monitoring of fog capture and biodiversity at Loma Alta, Ecuador enhance social capital and institutional cooperation. *Biodiversity and Conservation*, 14, 2695-2707.
- Bennun, L., Matiku, P., Mulwa, R., Mwangi, S. y Buckley, P. (2005). Monitoring Important Bird Areas in Africa, towards a sustainable and scalable system. *Biodiversity and Conservation*, 14, 2575-2590.
- Bray, D. B., Merino-Pérez, L. y Barry, D. (2005). *The community forests of Mexico: Managing for sustainable landscapes*. Austin: University of Texas Press.
- Bull, Q. y White, A. (2009). *Estado de la tenencia de las tierras forestales*, Recuperado el 20 de junio de 2017 de <http://www.fao.org/docrep/016/i2185s/i2185s04.pdf>
- Burgos, A., Páez, R., Carmona, E. y Rivas, H. (2013). A systems approach to modeling Community-Based Environmental Monitoring: a case of participatory water quality monitoring in rural Mexico. *Environmental Monitoring Assessment*, 185(12), 10297-10316.
- Clayton, A., Oakley, P. y Pratt, B. (1997). *Empowering People: A Guidebook to Participation*. INTRAC, Resource document, UNDP/CSOPP Documents. Recuperado el 20 de junio de 2017 en <http://portals.wi.wur.nl/files/docs/ppme/UNDPCSOPP-EmpoweringPeople-GuidetoParticipation.pdf>
- Cohn, J. (2008). Citizen Science: Can Volunteers Do Real Research? *BioScience*, 58, 192-197.
- Conrad, C. y Daoust, T. (2008). Community-based monitoring frameworks: Increasing the effective-

- ness of environmental stewardship. *Environmental Management*, 41, 356-358.
- Conrad, C. C. y Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental Monitoring Assessment*, 176, 273-291.
- Cordero, D. (2011). *Los bosques en América Latina*. Resource document. Ecuador: Fundación Friedrich Ebert, FES-ILDIS. Recuperado el 20 de junio de 2017 en [http://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/los\\_bosques\\_en\\_america\\_latina\\_fesildis\\_2011.pdf](http://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/los_bosques_en_america_latina_fesildis_2011.pdf)
- Cram, S., Cotler, H., Morales, L. M., Sommer, I. y Carmona, E. (2008). Identificación de los servicios ambientales potenciales en el paisaje urbano del Distrito Federal. *Investigaciones Geográficas*, 66, 81-104.
- Dalahmeh, S. S., Assayed, M. y Suleiman, W. T. (2009). Themes of stakeholder participation in greywater management in rural communities in Jordan. *Desalination*, 243(1-3), pp. 159-169.
- Danielsen, F., Jensen, A., Alviola, P., Balet, D., Mendoza, M., Tagtag, M., Custodio, C. y Enghoff, M. (2005). Does monitoring matter? A quantitative assessment of management decisions M. from locally-based monitoring of protected areas. *Biodiversity and Conservation*, 14, 2633-2652.
- Danielsen, F., Burgess, N. D., Jensen, M. y Pirhofer-Walzi, K. (2010). Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people involvement. *Journal of Applied Ecology*, 47(6), 1166-1168.
- Deutsch, W.G., Romagnoli, O. y Ruiz-Córdova, S.S. (2010). *Manual de monitoreo comunitario del agua: Monitoreo bacteriológico y físico-químico*. México: Centro Internacional de Agricultura y Ambientes Acuáticos, GWW Program-Alabama University, Fundación Gonzalo Rio Arronte, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- Deutsch, W. G. y Ruiz-Córdova, S. (2015). Trends, challenges, and responses of a 20-year, volunteer water monitoring program in Alabama. *Ecology and Society*, 20, 14.
- Dickinson, J. L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R. L., Martin, J., Phillips, T. y Purcell, K. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10, 291-297.
- Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, Gobierno del Distrito Federal (DGCOH-GDF). (1999). *Estudios para el aprovechamiento y rehabilitación de los manantiales de la Delegación Tlalpan*. Informe Final. México: DGCOH-GDF, SACM.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (1975, 3 de enero). *Resolución sobre reconocimiento y titulación de bienes comunales del poblado denominado San Miguel Ajusco, Delegación de Tlalpan, D.F. México*.
- DOF (2000). *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. México: Gobierno Federal.
- Dungumaro, E. W. y Madulu, N. F. (2003). Public participation in integrated water resources management: the case of Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth*, 28, 1009-1014.
- Ely, E. (Ed.) (2002). Success stories. *The Volunteer Monitor*, 14, 24, Recuperado el 20 de junio de 2017 de [http://water.epa.gov/type/rs/monitoring/upload/2004\\_10\\_13\\_monitoring\\_volunteer\\_newsletter\\_volmon14no2.pdf](http://water.epa.gov/type/rs/monitoring/upload/2004_10_13_monitoring_volunteer_newsletter_volmon14no2.pdf)
- Evans, K. y Guariguata, M. (2008). *Monitoreo Participativo para el manejo forestal en el trópico*. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR).
- Fernández Jiménez, M. E., Ballard, H. L. y Sturtevant, V. E. (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.
- Firehock, K. y West, J. (1995). A brief history of volunteer biological water monitoring using macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 14(1), 197-202.
- Fischer, B., Tuerner, K. y Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68, 643-653.
- Flores-Díaz, A. C., Ramos-Escobedo, M. G., Ruiz-Córdova, S. S., Manson, R., Aranda, E. y Deutsch, W. G. (2013). *Monitoreo comunitario del agua: retos y aprendizaje desde la perspectiva de Global Water Watch-México*. México: GWW.
- Flores-Díaz, A. C., Quevedo Chacón, A., Páez Bistrain, R., Ramírez, M. I. y Larrazábal, A. (2018). Community-Based Monitoring in Response to Local Concerns: Creating Usable Knowledge for Water Management in Rural Land. *Water*, 10, 542. DOI: 10.3390/w10050542
- Franzén, F., Hammer, M. y Balfors, B. (2015). Institutional development for stakeholder participation in local water management- An analysis of two Swedish catchments. *Land Use Policy*, 43, 217-227.
- García, C. E. R. y Brown, S. (2009). Assessing water use and quality through youth participatory research in a rural Andean watershed. *Journal of Environmental Management*, 90, 3040-3047.
- García dos Santos, D., Veiga, F., Diederichsen, A., Guimarães, J., Bardy Pradoc, R. y Schuler, A. E. (2011). *Panorama del monitoreo de los PSA hídricos en*

- Brasil: el caso del programa productor de agua. México: Memorias del Congreso Internacional de Pago por Servicios Ambientales.
- Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Ghate, R. y Nagendra, H. (2005). Role of monitoring in institutional performance: Forest management in Maharashtra, India. *Conservation and Society*, 3, 509-532.
- González Meneses, V. (2018), *Monitoreo Ambiental Comunitario en el contexto de la Ciudad de México: estudio de caso en la Cuenca del Río Magdalena*. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias de Sostenibilidad, UNAM, México.
- Goodwin, P. (1998). 'Hired hands' or 'Local voice': Understandings and experience of local participation in conservation. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 23(4), 481-491.
- Hamilton, C., Rai, R. K., Shrestha, R. B., Maharian, M., Rasaily, L. y Hood, S. (2001). Exploring visions: Self-monitoring and evaluation processes within the Nepal-UK Community Forestry Project. En M. Estrella (Ed.), *Learning from change: issues and experiences in participatory monitoring and evaluation*. Canadá: International Development Research Center.
- Hoverman, S. y Ayre, M. (2012). Methods and approaches to support Indigenous water planning: An example from the Tiwi Islands, Northern Territory, Australia. *Journal of Hydrology*, 474, 47-56.
- Jardine, N., Secord, J. y Spary, E. (1996). *Cultures of Natural History*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jujnovsky, J., González-Martínez, T. M., Cantoral-Uriza, E. A. y Almeida-Leñero, L. (2012). Assessment of Water Supply as an Ecosystem Service in a Rural-Urban Watershed in Southwestern Mexico City. *Environmental Management*, 49, 690-702.
- Lawrence, A. (2006). No Personal Motive? Volunteers, Biodiversity and the False Dichotomies of Participation. *Ethics, Place & Environment*, 9(3), 279-298.
- Lilja, N., Ashby, J. A. y Sperling, L. (2001). *Assessing the impact of participatory research and gender analysis*. Cali, Colombia: International Centre for Tropical Agriculture (CIAT).
- Loaiza-Cerón, W., Reyes-Trujillo, A. y Carvajal-Escobar, Y. (2011). Modelo para el monitoreo y seguimiento de indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico en el sector agrícola. *Revista Colombiana de Geografía*, 20(2), 77-89.
- Martínez, S., Kralisch, S., Escolero, O. y Perevochtchikova, M. (2015). Vulnerability of Mexico City's Water Supply Sources in the Context of Climate Change. *Journal of Water and Climate Change*, 6(3), 518-533.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. EE. UU.: MEA, Island Press.
- Niemelä, J. (Coord.) (2012). *Urban Ecology. Patterns, processes and applications*. Nueva York: Oxford University Press.
- NOM-127-SSA1-1994, *Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*, DOF, México, 19/01/1996, con última modificación 16/12/1999.
- Noss, A. J., Oetting, I. y Leny Cuellar, R. (2005). Hunter self-monitoring by the Isoseno-Guaraní in the Bolivian Chaco. *Biodiversity and Conservation*, 14, 2679-2693.
- Ojha, H., Pokharel, B., McDougall, C. y Paudel, K. (2003). Learning to Govern: How to improve monitoring system in community forestry in Nepal? *Journal of Forest and Livelihood*, 2, 23-34.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial, Secretaría de Medio Ambiente (PAOT-SMA). (2012). *Atlas geográfico del Suelo de Conservación del Distrito Federal*. México: GDF, PAOT-SMA.
- Perevochtchikova, M. (2016). *Estudio de los efectos del programa de pago por servicios ambientales. experiencia en Ajusco, México*. México: El Colegio de México.
- Perevochtchikova, M., Aponte, N., Zamudio-Santos, V. y Sandoval-Romero, G. E. (2016). Monitoreo comunitario participativo de la calidad del agua: caso Ajusco, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VII(6), 5-22.
- Pérez-Campuzano, E., Perevochtchikova, M. y Ávila-Foucat, V. S. (Coords.) (2012). *Suelo de Conservación del Distrito Federal ¿hacia una gestión y manejo sustentable?* México: IPN.
- Pérez-Campuzano, E., Ávila-Foucat, V. S. y Perevochtchikova, M. (2016). Environmental policies in the peri-urban area of Mexico City: The perceived effects of three environmental programs. *Cities*, 50, 129-136.
- Reutebuch, E., Deutsch, W. y Ruiz-Córdova, S. (2008). *Community-Based Water Quality Monitoring – Data Credibility and Application*. EE. UU.: Alabama Water Watch, Auburn University.
- Rojo Negrete, I. A. (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, FFL-UNAM, México.
- Rosete-Vergés, F. A., Pérez-Damián, J. L., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E. N., Salinas-Chávez, E. y Remond-Noa, R. (2014). El avance de la defo-

- restación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, 20, 21-35.
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Gobierno del Distrito Federal (SACM-GDF). (2003). *Estudio de aprovechamiento y optimización de los manantiales Viborillas, La Sauceda y Monte Alegre, para el mejoramiento y aprovechamiento del suministro del agua potable en las partes de la delegación Tlalpan*. México: Sistemas y Proyectos Ambientales, SA de CV, SACM-GDF.
- Scheinbaum, C. (2011). La compleja problemática del Suelo de Conservación del Distrito Federal: apuntes para su conservación. En E. Pérez-Campuzano, M. Perevochtchikova y V. S. Ávila-Foucat (Coords.), *Suelo de Conservación del Distrito Federal ¿hacia una gestión y manejo sustentable?* (pp. 13-38). México: IPN.
- Schteingart, M. y Salazar, C. (2003). Expansión urbana, protección ambiental y actores sociales en la ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 18(3), 433-460.
- Shanley, P. y Stockdale, M. (2008). Traditional knowledge, forest management, and certification: A reality check. *Forests, Trees and Livelihoods*, 18, 55-68.
- Sharpe, A. y Conrad, C. (2006). Community Based Ecological Monitoring in Nova Scotia: Challenges and Opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 113, 395-409.
- Shirk, J., Ballard, L., Wilderman, H. L., Phillips, C. C., Wiggins, T., Jordan, R. y Bonney, R. (2012). Public Participation in Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, 17, 2.
- Steinmetz, R., Chutipong, W. y Seuaturien, N. (2006). Collaborating to conserve large mammals in Southeast Asia. *Conservation Biology*, 20, 1391-1401.
- Stuart-Hill, G., Diggle, R., Munali, B., Tagg, J. y Ward, D. (2005). The Event Book System: a community-based natural resource monitoring system from Namibia. *Biodiversity and Conservation*, 14, 2611-2631.
- Thompson, I. (2011). Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasylva*, 238(62), 25-30.
- Topp-Jorgensen, E., Poulsen, M. K., Lund, J. F. y Massao, J. F. (2005). Community based monitoring of natural resource use and forest quality in montane forests and miombo woodlands of Tanzania. *Biodiversity and Conservation*, 14, 2653-2677.
- Van Rijsoort, J. y Jinfeng, Z. (2005). Participatory resource monitoring as a means for promoting social change in Yunnan, China. *Biodiversity and Conservation*, 14, 2543-2573.
- Vela-Correa, G., López-Blanco, J. y Rodríguez-Gamiño, M. de L. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones Geográficas*, 77, 18-30.
- Whitelaw, G., Vaughan, H., Craig, V. y Atkinson, D. (2003). Establishing the Canadian Community Monitoring Network. *Environmental Monitoring and Assessment*, 88, 409-418.
- Wilderman, C. C. (2005). *Portrait of a watershed: Sherman's Creek*. Resource document, PEE. UU.: Pennsylvania Department of Environmental Protection, Pennsylvania, Dickinson College. DOI: 10.13140/RG.2.1.3618.3925 20/06/2017.
- Saavedra-Díaz Z., Ojeda Revah, L. y López Barrera, F. (2011). Identification of threatened areas of environmental value in the Conservation Area of Mexico City, and setting priorities for their protection. *Investigaciones Geográficas*, 74, 19-34.
- Zabala, M. E., Martínez, S., Perevochtchikova, M., Sandoval-Romero, G. E. y Aponte, N. O. (2017). Hydrochemical assessment of Hydrological Environmental Services in the recharge area in the Southwest of Mexico City. *Environmental Earth Sciences*, 76, 113.



**ANEXO 1. Cuestionario de percepción social sobre el servicio del agua en la comunidad Ajusco.****1. Datos generales**

1. Comunidad San Miguel o Santo Tomás:
2. La dirección de la casa:
3. ¿Cuántos integrantes de la familia viven en el terreno de la casa?
4. ¿Son familiares directos? (si-no)
5. ¿Les avisaron del monitoreo de la calidad del agua? (si-no)
6. ¿Quién y cuándo avisó?
7. ¿Les pareció bien la idea de la medición de la calidad del agua en la casa? (si-no)
8. ¿Por qué (si-no)?

**2. Servicio del agua en la casa**

9. ¿En qué forma se obtiene el servicio del agua en su casa?
  - a. Tubería directa en la casa
  - b. Tubería que llega al terreno
  - c. Pipas
  - d. Otro \_\_\_\_\_ (por favor indique cómo)
10. ¿Con qué frecuencia llega el servicio del agua?
  - a. Constante (todos los días)
  - b. Varios días a la semana \_\_\_\_\_ (por favor indique cuantos días a la semana)
  - c. Varios días al mes \_\_\_\_\_ (por favor indique cuantos días al mes)
11. ¿Le alcanza esta cantidad para las necesidades de la casa? (si-no)
12. ¿Almacena el agua? (si-no)
13. ¿En qué tipo de recipiente la almacena?
  - a. Tinaco subterráneo
  - b. Cisterna en la superficie



**ANEXO 1. Continúa.**

- a. Cisterna en la superficie
- b. Otro recipiente \_\_\_\_\_ (por favor indique de que tipo)
2. ¿Con que frecuencia lava el recipiente donde almacena el agua?
- a. Cada \_\_\_\_\_ mes
- b. Otro \_\_\_\_\_ (por favor indique el tiempo)
3. ¿Usted considera que el agua que le llega a la casa es de buena calidad? (si-no)
4. ¿Por qué opina así (sobre buena o mala calidad del agua)?
- a. Se ve bien
- b. Se ve mal
- c. Tiene olor
- d. Tiene sedimento
- e. Otro \_\_\_\_\_ (por favor indique que se observa)
5. ¿Usted paga por el servicio del agua? (si-no)
6. En caso afirmativo ¿A qué organización se hace el pago?
7. ¿Cuánto paga por el servicio del agua al mes? \_\_\_\_\_ (en pesos)
8. ¿Considera que es adecuado su pago? (si-no)
9. ¿Piensa Usted que el servicio del agua puede ser mejorado? (si-no)
10. En caso afirmativo ¿De qué forma puede ser mejorado?
- a. Renovando infraestructura
- b. Mejorando la calidad del agua
- c. Haciendo mediciones y estudios de la calidad y cantidad del agua
- d. Cuidando el bosque de la comunidad

**ANEXO 1. Continúa.****3. Manantiales y bosque**

1. ¿Sabe usted de dónde proviene el agua que consume en su casa?
  - a. Manantiales de la comunidad
  - b. Manantiales y ríos de otras comunidades
  - c. Otras fuentes \_\_\_\_\_ (por favor indique cuáles) \_\_\_\_\_
2. ¿Sabe usted que la comunidad de Ajusco posee varios manantiales en su territorio? (si-no) \_\_\_\_\_
3. ¿Conoce donde están ubicados? (si-no) \_\_\_\_\_
4. ¿Considere que hay una conexión entre los manantiales y el bosque? (si-no) \_\_\_\_\_
5. ¿Cree que hay que preservar el bosque para que haya agua en los manantiales? (si-no) \_\_\_\_\_
6. En caso afirmativo ¿Cómo se podría cuidar el bosque?
  - a. No talar
  - b. Recoger la basura
  - c. Reforestar
  - d. Otro \_\_\_\_\_ (por favor indique como)
7. ¿Usted estaría dispuesto a participar en estas actividades? (si-no) \_\_\_\_\_
8. ¿Con qué condiciones sería?
  - a. Sin pago
  - b. Por pago
  - c. Otra forma \_\_\_\_\_ (por favor indique cual)

**¡MUCHAS GRACIAS POR SU TIEMPO!**

**ANEXO 2. Análisis de la calidad físico-química y bacteriológica de las muestras del agua.**

Muestras	Al mg/L	As mg/L	B mg/L	Ba mg/L	Be mg/L	Bi mg/L	Ca mg/L	Cd mg/L
1 (T2)	0.049	<l.c.	0.043	0.022	<l.c.	<l.c.	4.065	<l.c.
2 (domicilio 20)	0.095	<l.c.	0.042	0.022	<l.c.	<l.c.	4.539	<l.c.
3 (domicilio 9)	0.048	<l.c.	0.041	0.022	<l.c.	<l.c.	4.121	<l.c.
4 (Ojo de Agua)	<l.c.	<l.c.	0.040	0.019	<l.c.	<l.c.	3.977	<l.c.
5 (Agua Grande)	0.029	<l.c.	0.037	0.019	<l.c.	<l.c.	7.542	<l.c.
6 (Monte Alegre)	0.041	<l.c.	0.038	0.023	<l.c.	<l.c.	3.749	<l.c.
7 (control)	0.029	<l.c.	0.059	0.021	<l.c.	<l.c.	0.016	<l.c.
l.d.	0.0012	0.0043	0.0006	0.0003	0.0000	0.0029	0.0038	0.0003
l.c.	0.0040	0.0143	0.0020	0.0010	0.0000	0.0097	0.0127	0.0010
% Recuperación de QCS26 0.5	90	109	91	93	95		94	105
% Recuperación de MULTI						103		
% Recuperación de NIST1640a			94	97	90		90	108

l.d.	Límite de detección
l.c.	Límite de cuantificación
% Recuperación de QCS26 0.5	Porcentaje de recuperación del estándar certificado QCS26 preparado a una concentración de 0.5 mg/L y analizado en el lote de muestras
% Recuperación de MULTI	Porcentaje de recuperación del estándar certificado IV preparado a una concentración de 0.5 mg/L y analizado en el lote de muestras
% Recuperación de NIST1640a	Porcentaje de recuperación de un material de referencia certificado NIST1640a analizado con el lote de muestras

F-	Cl-	NO <sub>2</sub> -	Br-	NO <sub>3</sub> -	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	pH	Conductividad uS	Alcalinidad CaCO <sub>3</sub> - mg/L	Temperatura °C	E.coli colonias	Otras coliformes
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L						
<l.c.	0.72	<l.c.	<l.c.	0.98	<l.c.	4.82	7.2	61.07	29.0	21.3	933	1833
<l.c.	0.73	<l.c.	<l.c.	0.89	<l.c.	4.73	7.1	63.1	25.0	21.3	1266	3433
<l.c.	0.7022	<l.c.	<l.c.	0.9753	<l.c.	4.20	7.2	60.91	27.9	21.5	1166	3233
0.0737	0.9001	<l.c.	<l.c.	1.0481	<l.c.	3.85	7.1	70.03	27.0	21.2	0	33
<l.c.	0.7751	<l.c.	<l.c.	1.0148	<l.c.	4.73	7.2	92.28	42.1	21.3	0	33
<l.c.	0.5839	<l.c.	<l.c.	0.6337	<l.c.	4.37	7.2	55.07	20.1	21.6	33	1020
<l.c.	<l.c.	<l.c.	<l.c.	0.4679	<l.c.	<l.c.	6.5	1.122	3.1	21.5	nd	nd
0.05	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25						
100	99	95	100	103	102	97						

**ANEXO 2. Continúa.**

Muestras	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn				
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L				
1 (T2)	0.0177	<l.c.	0.004	0.0516	1.671	<l.c.	1.6880	0.0707				
2 (domicilio 20)	0.0179	<l.c.	0.003	0.0686	1.463	<l.c.	1.4960	0.0258				
3 (domicilio 9)	0.0178	<l.c.	0.004	0.0520	1.570	<l.c.	1.6100	0.0467				
4 (Ojo de Agua)	0.0175	<l.c.	<l.c.	0.0336	2.200	<l.c.	1.4780	0.0243				
5 (Agua Grande)	0.0181	<l.c.	<l.c.	0.0313	1.432	<l.c.	2.6760	0.0233				
6 (Monte Alegre)	0.0180	<l.c.	<l.c.	0.0469	1.084	<l.c.	1.6230	0.0249				
7 (control)	0.0179	<l.c.	<l.c.	0.0305	<l.c.	<l.c.	0.0322	0.0232				
l.d.	0.0008	0.0004	0.0010	0.0011	0.0450	0.0000	0.0002	0.0001				
l.c.	0.0027	0.0013	0.0033	0.0037	0.1500	0.0000	0.0007	0.0003				
% Recuperación de QCS26 0.5	110	100	101	94	92		95	94				
% Recuperación de MULTI							96					
% Recuperación de NIST1640a		92			90		90					
l.d.	Límite de detección											
l.c.	Límite de cuantificación											
% Recuperación de QCS26 0.5	Porcentaje de recuperación del estándar certificado QCS26 preparado a una concentración de 0.5 mg/L y analizado en el lote de muestras											
% Recuperación de MULTI	Porcentaje de recuperación del estándar certificado IV preparado a una concentración de 0.5 mg/L y analizado en el lote de muestras											
% Recuperación de NIST1640a	Porcentaje de recuperación de un material de referencia certificado NIST1640a analizado con el lote de muestras											
F-	Cl-	NO <sub>2</sub> -	Br-	NO <sub>3</sub> -	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	pH	Conductividad µS	Alcalinidad CaCO <sub>3</sub> - mg/L	Temperatura °C	E.coli colonias	Otras coliformes
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L						
<l.c.	0.72	<l.c.	<l.c.	0.98	<l.c.	4.82	7.2	61.07	29.0	21.3	933	1833
<l.c.	0.73	<l.c.	<l.c.	0.89	<l.c.	4.73	7.1	63.1	25.0	21.3	1266	3433
<l.c.	0.7022	<l.c.	<l.c.	0.9753	<l.c.	4.20	7.2	60.91	27.9	21.5	1166	3233
0.0737	0.9001	<l.c.	<l.c.	1.0481	<l.c.	3.85	7.1	70.03	27.0	21.2	0	33
<l.c.	0.7751	<l.c.	<l.c.	1.0148	<l.c.	4.73	7.2	92.28	42.1	21.3	0	33
<l.c.	0.5839	<l.c.	<l.c.	0.6337	<l.c.	4.37	7.2	55.07	20.1	21.6	33	1020
<l.c.	<l.c.	<l.c.	<l.c.	0.4679	<l.c.	<l.c.	6.5	1.122	3.1	21.5	nd	nd
0.05	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25						
100	99	95	100	103	102	97						

**ANEXO 2. Continúa.**

Muestras	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Se	Si
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1 (T2)	<l.c.	3.2010	0.0056	<l.c.	0.0226	2.6410	#####	0.0258	10.940
2 (domicilio 20)	<l.c.	3.1150	0.0054	<l.c.	0.0231	1.7020	#####	0.0274	11.030
3 (domicilio 9)	<l.c.	3.1340	0.0056	<l.c.	0.0226	1.7750	#####	0.0256	10.840
4 (Ojo de Agua)	<l.c.	5.0570	0.0085	0.0567	0.0257	1.6540	#####	0.0266	18.830
5 (Agua Grande)	<l.c.	4.3940	0.0051	<l.c.	0.0229	1.9850	#####	0.0250	11.380
6 (Monte Alegre)	<l.c.	2.7000	0.0041	<l.c.	0.0210	1.8230	#####	0.0267	8.910
7 (control)	<l.c.	0.0759	<l.c.	<l.c.	0.0158	<l.c.	#####	0.0245	0.285
l.d.	0.0008	0.0112	0.0006	0.0093	0.0027	0.0236	#####	0.0058	0.0024
l.c.	0.0027	0.0373	0.0020	0.0310	0.0090	0.0787	#####	0.0193	0.0080
% Recuperación de QCS26 0.5	102	93	96		96		97	101	97
% Recuperación de MULTI				100		109			
% Recuperación de NIST1640a	95	90	94						90

l.d.	Límite de detección
l.c.	Límite de cuantificación
% Recuperación de QCS26 0.5	Porcentaje de recuperación del estándar certificado QCS26 preparado a una concentración de 0.5 mg/L y analizado en el lote de muestras
% Recuperación de MULTI	Porcentaje de recuperación del estándar certificado IV preparado a una concentración de 0.5 mg/L y analizado en el lote de muestras
% Recuperación de NIST1640a	Porcentaje de recuperación de un material de referencia certificado NIST1640a analizado con el lote de muestras

F-	Cl-	NO <sub>2</sub> -	Br-	NO <sub>3</sub> -	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	pH	Conductividad uS	Alcalinidad CaCO <sub>3</sub> - mg/L	Temperatura °C	E.coli	Otras
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L					colonias	coliformes
<l.c.	0.72	<l.c.	<l.c.	0.98	<l.c.	4.82	7.2	61.07	29.0	21.3	933	1833
<l.c.	0.73	<l.c.	<l.c.	0.89	<l.c.	4.73	7.1	63.1	25.0	21.3	1266	3433
<l.c.	0.7022	<l.c.	<l.c.	0.9753	<l.c.	4.20	7.2	60.91	27.9	21.5	1166	3233
0.0737	0.9001	<l.c.	<l.c.	1.0481	<l.c.	3.85	7.1	70.03	27.0	21.2	0	33
<l.c.	0.7751	<l.c.	<l.c.	1.0148	<l.c.	4.73	7.2	92.28	42.1	21.3	0	33
<l.c.	0.5839	<l.c.	<l.c.	0.6337	<l.c.	4.37	7.2	55.07	20.1	21.6	33	1020
<l.c.	<l.c.	<l.c.	<l.c.	0.4679	<l.c.	<l.c.	6.5	1.122	3.1	21.5	nd	nd
0.05	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25						
100	99	95	100	103	102	97						



**ANEXO 2. Continúa.**

Muestras	Sn	Sr	Tl	V	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1 (T2)	<l.c.	0.0335	<l.c.	0.0063	0.0097
2 (domicilio 20)	<l.c.	0.0326	<l.c.	0.0062	0.0089
3 (domicilio 9)	<l.c.	0.0329	<l.c.	0.0061	0.0148
4 (Ojo de Agua)	<l.c.	0.0217	<l.c.	0.0241	0.0054
5 (Agua Grande)	<l.c.	0.0726	<l.c.	<l.c.	0.0052
6 (Monte Alegre)	<l.c.	0.0385	<l.c.	<l.c.	0.0109
7 (control)	<l.c.	<l.c.	<l.c.	<l.c.	0.0308
l.d.	0.0024	0.0024	0.0044	0.0008	0.0002
l.c.	0.0080	0.0080	0.0147	0.0027	0.0007
% Recuperación de QCS26 0.5			103	91	103
% Recuperación de MULTI	107	95			
% Recuperación de NIST1640a		90		90	106

l.d.	Límite de detección
l.c.	Límite de cuantificación
% Recuperación de QCS26 0.5	Porcentaje de recuperación del estándar certificado QCS26 preparado a una concentración de 0.5 mg/L y analizado en el lote de muestras
% Recuperación de MULTI	Porcentaje de recuperación del estándar certificado IV preparado a una concentración de 0.5 mg/L y analizado en el lote de muestras
% Recuperación de NIST1640a	Porcentaje de recuperación de un material de referencia certificado NIST1640a analizado con el lote de muestras

F-	Cl-	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br-	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	pH	Conductividad uS	Alcalinidad CaCO <sub>3</sub> - mg/L	Temperatura °C	E.coli colonias	Otras coliformes
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L						
<l.c.	0.72	<l.c.	<l.c.	0.98	<l.c.	4.82	7.2	61.07	29.0	21.3	933	1833
<l.c.	0.73	<l.c.	<l.c.	0.89	<l.c.	4.73	7.1	63.1	25.0	21.3	1266	3433
<l.c.	0.7022	<l.c.	<l.c.	0.9753	<l.c.	4.20	7.2	60.91	27.9	21.5	1166	3233
0.0737	0.9001	<l.c.	<l.c.	1.0481	<l.c.	3.85	7.1	70.03	27.0	21.2	0	33
<l.c.	0.7751	<l.c.	<l.c.	1.0148	<l.c.	4.73	7.2	92.28	42.1	21.3	0	33
<l.c.	0.5839	<l.c.	<l.c.	0.6337	<l.c.	4.37	7.2	55.07	20.1	21.6	33	1020
<l.c.	<l.c.	<l.c.	<l.c.	0.4679	<l.c.	<l.c.	6.5	1.122	3.1	21.5	nd	nd
0.05	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25						
100	99	95	100	103	102	97						