# Estimación socioambiental de la hidráulica campesina

Socioenvironmental Estimation of Peasant Hydraulics

*Acela Montes de Oca-Hernández*[1]

## Resumen

Productores campesinos de territorios rurales compiten por el acceso a recursos hídricos con sectores empresariales, privados y gubernamentales; esta disputa no necesariamente ocurre de manera beligerante, sino que también se manifiesta en diseños de tecnología hídrica que reflejan organización, participación social y gestión, pero ¿cuál es la estimación social y ambiental de la tecnología hidráulica que está inserta en sistemas de producción rural? El objetivo de este trabajo es analizar ecosistemas acuáticos artificiales desde una perspectiva que comprenda sus componentes sociales y ambientales a fin de resignificar su diversidad biológica y su importancia socioproductiva. Con el apoyo de la etnografía interpretativa y crítica se registran y analizan interacciones sociales que contribuyen a esbozar criterios de estimación ambiental, productiva y social de la hidráulica rural en la zona metropolitana del Estado de México. El uso de sistemas de información geográfica ayuda a representar la espacialidad de estos hidrosistemas. Los resultados indican que la tecnología hidráulica campesina, que pertenece a espacios influidos por la tasación mercantil del agua, es una alternativa para la continuidad y seguridad de la producción alimentaria. La capacidad organizativa campesina es la base que contribuye a mejorar el panorama de acceso limitado al agua.

**Palabras clave:** humedales artificiales; organización campesina; regadío; seguridad hídrica;

[1] Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Rurales por la Universidad Autónoma del Estado de México, México. Profesora-investigadora en el Centro de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades, Estado de México, México. Líneas de interés: gestión colectiva de recursos naturales, procesos sociales en el ámbito rural, sociedad, territorio y ambiente. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6331-3555. Correo electrónico: amhplata2007@yahoo.com.mx

una importante tradición agrícola, además de tecnologías tradicionales de almacenamiento de agua de lluvia y de escurrimientos perennes.

La tecnología hidráulica tradicional va de la mano con la agricultura. Esto ya fue esbozado por etnohistoriadores que utilizan el término agrohidráulica para referirse a la utilizada desde la época prehispánica (Boehm y Pereyra, 1974; Rojas *et al.*, 2009); dicha técnica está presente en zonas del centro de México, lugar donde reside población mazahua, otomí y nahua. La relación entre agricultura, agua, sociedad y ambiente es esencial para el tema de estudio de este artículo, porque toda actividad está relacionada con el insumo agua y éste a su vez con las normas que rigen a los grupos, lo que permite conservar entornos ambientales. De la variedad de recursos hídricos, se hará aquí una aproximación a los humedales artificiales (en adelante, HA).[2]

Los HA son construidos por los seres humanos para satisfacer necesidades apremiantes de agua y para depurarla. Es importante señalar que, en varios países del sur y el este de la cuenca mediterránea, así como en México y algunos países de Latinoamérica, los conocimientos tradicionales y las prácticas comunitarias asociadas con el tema del aprovisionamiento de agua todavía existente son de gran pertinencia (Boelens, 1998; Viñals *et al.*, 2001; Galindo *et al.*, 2008). Los HA contribuyen a la conservación de la biodiversidad, el mantenimiento de germoplasma (material genético que se transmite a la descendencia), la estabilidad climática, la conservación de ciclos biológicos y el suministro de áreas de refugio y zonas de crianza para una gran diversidad de especies, muchas de ellas de interés económico para el ser humano y de valor derivado de su belleza y significado cultural (Dugan, 1990).

Actualmente, los hidrosistemas de paisajes agrarios al parecer no gozan de representación administrativa institucionalizada; sin embargo, requieren de un conjunto de técnicas y conocimientos para controlar los flujos hídricos superficiales, adaptándolos al relieve del territorio. El acondicionamiento físico conlleva la planificación para diseccionar ríos (normalmente de segundo o tercer orden) y dirigir el agua a tierras de temporal. Por otra parte, es necesario comprender las acciones humanas involucradas en la circulación de canales a través de sistemas de propiedad social y privada, como por ejemplo, los acuerdos para el acceso y distribución del agua —algunos de los cuales son pactados oralmente—, lo cual representa un agregado más para el análisis de este ecosistema.

[2] De manera habitual el término humedal denota una zona donde el agua es el principal factor controlador del medio y los seres vivos asociados a éste. Los servicios que proporcionan son extremadamente valiosos para la población mundial. Un hallazgo fundamental de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM) es la siguiente: se estima que el valor de estos humedales y de los servicios de sus ecosistemas asociados es de 14 billones de dólares estadounidenses anuales. Estos ecosistemas se originan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella, o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas. La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional refleja interés en ellos por ser hábitat de aves acuáticas (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2007).

El artículo se divide en cuatro apartados: el primero marca la importancia de la hidráulica campesina desde la noción ontológica del territorio; el segundo presenta la caracterización de los HA en la zona metropolitana de Toluca; en el tercero se explica la gestión social de los HA en el contexto ambiental y, en el cuarto, se expone la propuesta de estimación socioambiental de los HA frente al modelo administrativo formal de manejo de agua.

## Metodología

Se recurre al método de la etnografía interpretativa-crítica por considerarse adecuado para abordar las prácticas colectivas implícitas de intervención ambiental para el acceso al agua, así como su continuidad histórica. Se identifican y combinan aspectos sociales, productivos y ambientales para precisar la categoría de estimación de los HA estudiados.

Se elige la ZMT porque presenta un acelerado cambio de uso de suelo a partir de diversas obras públicas, industriales y del sector vivienda; por contar con población originaria (otomí) catalogada como marginada y pobre, y porque posee espacios con reservas de agua que conviven con la creciente urbanización. Para registrar las actividades antrópicas se utilizaron recursos y herramientas como los mapas cartográficos, las anécdotas y los relatos, cuyo fin fue obtener el contexto y las expectativas en la funcionalidad de los HA. Se discuten los contextos de participación social para la provisión del agua para una mejor comprensión e interpretación de la variedad de relaciones y comportamientos de las formas de vida campesinas. La recopilación de información se realizó en tres etapas:

a) Se zonificaron los HA de la ZMT mediante principios de recuperación histórica y recorridos de campo en época de sequía y época de lluvias durante dos años: 2016 a 2018, apoyados en Sistemas de Información Geográfica.

b) Se aplicaron entrevistas grupales e individuales a organizaciones sociales, propietarios particulares y campesinos con tiempo y voluntad para continuar con la técnica de almacenamiento de agua. La guía de preguntas estuvo relacionada con la gestión y uso de HA.

c) Se utilizó un diario de campo para registrar día a día las conversaciones y relaciones sociales sobre el tema de los HA entre autoridades y usuarios y viceversa, incluyendo otros datos, como fechas y horas de asambleas, número de asistentes, acuerdos y toma de decisiones; esta información fue luego triangulada.

Para el diseño de la muestra se utilizó el muestreo por criterios, considerando que las personas o grupos entrevistados cumplieran con principios como derecho a voz y voto para la toma de decisiones, producción relacionada con agroecosistemas y haber realizado alguna gestión para la conservación, construcción o rehabilitación del HA. La guía de entrevista a profundidad (no menor a dos horas) consistió en una serie de preguntas relacionadas con las dimensiones ambiental, social y productiva. Para el análisis de las entrevistas se concretaron tres categorías para cada dimensión: la ambiental, que implica biodiversidad, recuperación y conservación; la social, que considera participación, compromiso y gestión; y la productiva, que involucra cultivos, tecnología e inversión.

## La hidráulica campesina como premisa ontológica en el territorio

La ontología hace referencia al conjunto de premisas y prácticas a través de las cuales se define qué mundos y qué clase de seres existen o pueden existir, las condiciones que posibilitan dichas existencias, y el conjunto de obligaciones o relaciones que estas generan (Descola, 2006; Kohn, 2013). Para situar geográficamente a las sociedades que posibilitan diversas prácticas para acceder a recursos hídricos se considera el concepto de territorio.

Para los geógrafos "el territorio es un espacio apropiado por los grupos sociales, para fijarse en él, asegurar su supervivencia, construir viviendas y rutas, explotar productos, delimitar dominios. También se producen procesos de expansión sobre territorios próximos o lejanos para apropiarse de sus recursos, lo que puede generar diferentes conflictos" (Capel, 2016: 7-8). Para el antropólogo Escobar (2015) los territorios de la diferencia nos invitan a adentrarnos en temas de resistencia, oposición, defensa y afirmación de los territorios. En tal sentido optamos por la ontología que rige en la hidráulica campesina en el contexto de sus alternativas frente al desarrollo de la ingeniería del agua.

El movimiento o la existencia del agua ha requerido de explicaciones científicas y culturales para comprender su comportamiento, de manera que estamos familiarizados con el ciclo del agua y algunas de sus propiedades. Ahora, el procedimiento mecánico para aprovechar la fuerza del agua o modificarla exige mayor conocimiento; la ciencia física, específicamente la ingeniería hidráulica, ha generado las herramientas, técnicas y dispositivos para proyectar y construir obra hidráulica (Kobus *et al.*, 1994).

En este sentido, la hidráulica del siglo XX proyecta un esfuerzo de poca importancia para reconocer la ecología de los territorios; pero no siempre ha brindado el medio adecuado para solventar requerimientos hídricos a los grupos campesinos. La ingeniería hidráulica continúa desarrollando tecnología dirigida al abastecimiento de ciudades, generación

de energía, saneamiento de las aguas residuales, diagnóstico e identificación de contaminantes, aprovechamiento de aguas subterráneas, simulación de flujos, entre otras. La planificación y diseño de grandes estructuras hidráulicas para el aspirado progreso o desarrollo para unos territorios, ha dejado desprovistos del vital líquido y otros recursos a vastas poblaciones, especialmente campesinas o indígenas (Bartolomé, 1992)

No obstante, lo destacable en torno a los ríos son los entornos campesinos que, vía sus organizaciones locales, han desarrollado y conservado tecnología hidráulica tradicional, por ejemplo, los HA. Reflexionar sobre un tipo de hidráulica, contraria a la ingeniería, lleva al planteamiento de que la hidráulica campesina es una alternativa viable en regiones marcadas por competencia de recurso hídrico.

Sin embargo, los estanques de retención y almacenamiento de agua se enfrentan a restricciones que inician con intervenciones ajenas al contexto de economías campesinas, seguidas del cambio en la propiedad de la tierra acceso al agua, en algunas poblaciones campesinas, depende de la gestión comunitaria.

La hidráulica campesina se considera en este artículo como una técnica desarrollada y transmitida vía oral, cuyas materias primas o tecnología hidráulica son las que provee el ambiente donde se construye obra. Las técnicas empleadas, por simples que parezcan, demandan un trabajo colaborativo para aprovechar fuentes hídricas comunes o bien ordenar los usos. El abastecimiento, conducción y uso del agua se basa en estructuras sociales autogestivas (de base colectiva y familiar), usualmente con bajo costo económico. Las obras hidráulicas que se construyen localmente, en términos ambientales son hábitat de especies endémicas de anfibios, peces y patos, refugio de aves migratorias y soporte de recursos agroforestales.

Generalmente, la estimación socioambiental de la hidráulica se tasa en términos cuantitativos. La medición de impactos y el diseño de indicadores en materia hídrica o forestal para reducir costos de obra, implementar precios por volumen de uso o garantizar la provisión del recurso, son proyecciones dadas a partir de datos generales o estadísticos y desde la visión del investigador, desarrollador de proyectos empresariales o personal gubernamental (Escobar y Gómez, 2007; Perevochtchikova, 2013). Las metodologías cuantitativas de costo-beneficio social y ambiental son útiles, sin duda, para afrontar o minimizar riesgos y sobre todo reducir costos financieros de empresas, gobierno o algunos grupos sociales, pero generalmente no comprenden aspectos no institucionalizados de lo social, al negar expresiones organizativas vinculadas con los recursos comunes.

El agua utilizada en sistemas campesinos es un recurso apropiado socialmente porque es considerada como un bien común (con variantes). El campesino o usuario tiene o reconoce, además de espacios privados y públicos, un territorio comunitario. Cuando observamos estructuras hidráulicas tradicionales, que además son comunitarias, pocas veces

tenemos referencias históricas, sobre sus manejos sociales y sus implicaciones organizativas. A pesar de que la obra hidráulica campesina prescinde de personal técnico o burócrata, sus estructuras siguen siendo esenciales para el almacenamiento.

Por lo tanto, para estimar social y ambientalmente la hidráulica campesina tienen que considerarse los elementos siguientes: reglas locales, diversos sistemas de propiedad para acceder al agua y otros recursos, tipo de abastecimientos hídricos en sistemas agrícolas tradicionales y convencionales, otros sistemas de producción campesina, normativas informales frente a suficientes o insuficientes fuentes hídricas, acuerdos para la conducción de flujos para almacenar el agua, dificultades físicas para dirigir las escorrentías, arreglos sociales para minimizar daños en propiedades al abrir canales o zanjas, presencia y regulación de especies endémicas, asociación entre campesinos, sistema gubernamental y pequeños propietarios, así como mecanismos de sanciones. En adición, se busca expresar la realidad a la que se enfrenta la hidráulica campesina desde las esferas de participación, acuerdos, reglas y no desde el análisis de tendencia o construcción de escenarios.

## Caracterización de los HA en la zona metropolitana de Toluca

El área de estudio se ubica en la zona metropolitana de Toluca (ZMT) e incluye sistemas de propiedad social y privada (ejidos, comunidades agrarias, pueblos, ranchos, exhaciendas y una institución de educación superior). Su altitud oscila desde los 2 800 a 2 660 msnm, con una temperatura media de 14.6 ºC y precipitación pluvial media de 770 mm.

La ZMT se nutre de distintas fuentes (ríos, arroyos y manantiales) que emanan de las principales elevaciones (Nevado de Toluca y sierra de la Cruces). Los ríos que aportan parte de su caudal a los HA son el río Tejalpa, San Pedro, Ajolotes, La Gavia, Dolores, Santiaguito, Los Pantanos, Solanos, San Pablo, San Lorenzo, Temoaya, Almoloya, La Hortaliza y San Cristóbal. Respecto a los arroyos destacan Garrapata, Cuchilla, Ciervita, Buenavista, Paso de Vázquez, Molino, San Miguel, Terrerillos, Zarco, Conejeras, San Cayetano, La Cueva, San Ángel, San Nicolás, La Pila, Agua Chiquita, La Venta, San Agustín, Arroyo Seco, Los Capullos, San José, el Rosario y Loma Blanca.

En cuanto a los manantiales figuran Arroyozarco y Ojuelos. La zona donde se ubican los HA presenta las siguientes geomorfologías: pie de monte volcánico y planicie aluvio-lacustre. El pie de monte presenta una pendiente que va de 6° a 12º y la planicie con pendiente de 0° a 1.5º (Aceves *et al.*, 2014). La planicie se ha vuelto altamente urbanizable desde finales del siglo XX, y se concentra en cuatro municipios que en orden de importancia son Toluca, Metepec, Almoloya de Juárez y Zinacantepec.

El tipo de humedales referidos en el documento datan de tres temporalidades. Los primeros son de la época colonial y presumiblemente fueron construidos con capital privado, pero con trabajo intenso de peones.[3] Los segundos se hicieron durante la reforma agraria, cuando la demanda de agua en los nacientes ejidos, comunidades agrarias y pueblos requirió del trabajo cooperativo para conservar y rehabilitar obra hidráulica o bien para construirla (AHEM, 1940). Respecto a la tercera etapa, concerniente al periodo neoliberal y, dados los cambios en materia de tierras con propiedad social, han sido los pequeños propietarios y ejidatarios quienes han asumido la conservación de los entornos hídricos. La Figura 1 representa la ZMT, cuyos municipios en donde se concentran los HA se ubican en la parte norte y noroeste; mientras tanto, los humedales naturales (laguna del Sol y de la Luna del Nevado de Toluca y la zona lagunar de las Ciénegas de Lerma) se localizan al sur y al este de la ciudad de Toluca.

**Figura 1. Humedales artificiales en la ZMT**

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2015).

[3] De uno hasta seis meses para excavar y retirar el suelo utilizando técnicas de la época del neolítico como pala, pico y azadón, como lo menciona en entrevista el Sr. Librado, quien actualmente desempeña el cargo de presero del río Tejalpa, comunidades aguas abajo (Sr. Librado, comunicación personal, 12 de julio de 2017).

Las caracteristicas de estos HA es que presentan alguno o todos los atributos que señalan Mitch *et al.* (2000):

a) El suelo o sustrato está fundamentado en un suelo hidrométrico, no drenado, es decir, saturado de agua de manera temporal o permanente.

b) Presenta una lámina o capa de agua poco profunda o agua subterránea próxima a la superficie del terreno, ya sea permanente o temporal.

c) Al menos periódicamente permanece en el terreno, de manera predominante, una vegetación acuática y semiacuática.

d) Está presente un manejo antrópico en la construcción para su almacenamiento, así como en el control y mantenimiento de obra, además de los acuerdos sociales para la distribución y manejo del conflicto.

Los HA de la ZMT cumplen con la característica de ser construidos en suelos aptos para almacenamiento de agua, ya que no requieren implementación tecnológica para reducir o evitar su permeabilidad; generalmente tienen agua durante todo el año, aunque en la época de secas (octubre a abril) es en menor cantidad; esto permite mantener la vida vegetal y animal.

Los recorridos de campo, previa creación de cartografía temática de núcleos agrarios mediante polígonos, líneas y puntos de las subcuencas de la Región Hidrológica 12 (RH12Aa, RH12Aj, RHAi) y límites municipales del Estado de México, aunados al uso del equipo de Global Positioning System (GPS), favorecieron la corroboración y registro de condiciones físicas, ambientales, sociales y productivas de algunos HA.

Por otro lado, durante el proceso de desarrollo económico de la ciudad de Toluca, en sus localidades, barrios, colonias, residenciales y fraccionamientos se presenta una competencia por la ocupación del suelo entre sectores gubernamentales, núcleos agrarios (ejidos), empresas inmobiliarias y pueblos. La mayor atención se centra en la demanda de agua, de ahí la importancia de estos almacenamientos desde la concepción de su estructura.

Los componentes de un humedal son el área de captación de escurrimientos, la construcción o acondicionamiento de una zona de depresión para el almacenamiento, el área de inundación, la red de distribución y la zona productiva (Esquema 1). Los flujos de entrada y salida del recurso hídrico en un HA están relacionados con dos formas de provisión: el trabajo antrópico (detentado en organizaciones centrales, locales y familiares) desde donde se diseña, estabiliza, dirige y controla el paso del

agua, así como las condiciones de precipitación pluvial y el relieve del espacio geográfico.

**Esquema 1. Componentes de los humedales artificiales**

Fuente: elaboración propia.

En ese cometido, las funciones técnicas de los implicados en el uso y resguardo de estos cuerpos de agua utilizan no sólo técnicas y herramientas de la etapa neolítica, sino también programaciones de tandeos de agua o fechas de cierre/apertura total de las salidas. En el caso del cierre de válvulas, el propósito es evitar que el HA se vacié totalmente y se pierda la vida acuática; la apertura está condicionada a la precipitación pluvial y la temperatura de determinado año; si es un año lluvioso, es posible dejar correr el agua o ampliar la zona de riego; si por el contrario es un año de sequía, disminuye el área de riego o no se hace uso de ella.

*Dirección de las corrientes de agua*: provienen del deshielo del Nevado de Toluca, que forma ríos perennes e intermitentes, y de algunos manantiales. En la trayectoria de los ríos se suman numerosas descargas de aguas residuales. De los ríos mencionados discurren los canales de riego, y en función de las curvas de nivel dirigen el recurso a las zonas de cultivos; trabajo que se realiza de manera colectiva entre los usuarios.

**Especies lacustres**

Mediante 46 observaciones y entrevistas se reportan los siguientes HA ubicados al norte de la ciudad de Toluca: San Jerónimo, San Mateo, Santa Rosa, Santa Eduviges, Las Maravillas UAEM, San Blas, Nuevo, La Palma, Canchiqui, Los Ángeles, En Medio, Las Flores, Nova, Santa Juana sección 1, 2 y 3, San Martín, La Barranca, Urbina, San Mateo, Redondo, Garambullos, La Llave, Pelón, Cuate 1, San Diego, San Diego de los Padres, En Medio III, La Puerta, San José Buenavista, San Antonio, San Miguel, La Bandera, San Isidro, San Luis, El Aguaje, Dolores, Guadalupe, La Bolsa, La Peña, San Elías, San Francisco, Limber, y Los Árboles (recorridos de campo de enero 2017 a mayo 2019, estaciones primavera-invierno).

En estos ecosistemas se localizan variedades de plantas acuáticas (micrófitos) como el tule (*Typha angustifolia),* junco *(Schoenoplectus californicus*), tule de laguna (*Schoenoplectus lacustris*) y lenteja de agua (*Lemna minor L.*); esta última es capaz de absorber nutrientes y contaminantes de los ecosistemas acuáticos (Arroyave, 2004). Asimismo, hay especies endémicas como pescado blanco (*Chirostoma humboldtiana*), juil (*Algansea tincella*) y ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum)* y ajolote de piel fina *(Ambystoma bombypellum);* este último, anfibio representativo de México, se encuentran en la categoría de especie críticamente amenazada (UICN, 2020).

En los HA del área de estudio, específicamente en los municipios de Zinacantepec, Almoloya de Juárez, Toluca y Temoaya, se han encontrado entre 10 y 500 ajolotes de piel fina (observación de pescadores en trabajo de campo en los meses de marzo a junio de 2018); los hay de color café oscuro con el dorso negro, pardos con dorso blanco, negros, verdosos y grisáceos (observación durante trabajo de campo, marzo a junio de 2018).

Otras especies presentes son la rana y los acociles (*Cambarellus montezumae*), crustáceo de agua dulce de la familia de los cambáridos. De acuerdo con las referencias de los implicados en los HA, de la localidad de San Pablo Autopan, estas especies "crecen solitas, nadie las siembra" (Sr. Juan Carlos, comunicación personal, 14 de junio de 2017).

A partir del año 2000 se han observado especies introducidas como la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*). El método de propagación de estos peces ha sido a través de su "siembra". Algunos ejidatarios reciben apoyos en especie por el gobierno estatal y municipal para sembrar crías de carpa. En 2017, el gobierno estatal distribuyó 940 mil crías en 14 bordos de los ejidos de Calixtlahuaca, Tlachaloya, San Martín, La Palma, Toltepec, San Pablo Autopan, Santa Juana primera sección, y Tecaxic.[4] Estas autoridades incentivan este cultivo sin conocer principios

[4] Las autoridades de la Dirección de Acuacultura de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (Sedagro) y el gobierno municipal de Toluca señalan que fueron los comisariados ejidales y algunos campesinos que

elementales de la cadena trófica, dado que las carpas y las tilapias se alimentan del estado larval y alevín del ajolote. Entre las especies faunísticas que se pueden apreciar hay aves endémicas como el pato negro (*Anas acuta*), pato triguero, criollo, silvestre o mexicano (*Anas diazi*), la gallareta americana (*Fulica americana*), y especies migratorias como el pato canadiense *(Aythya affinis).*

Respecto a los árboles, arbustos y arvenses, los que existen son los propios del clima templado-frío como álamos (*Populus*, árbol frondoso, longevo y de rápido crecimiento), sauces (*Salix*), capulín (*Prunus salicifolia*), tejocote (*Crataegus mexicana*), maguey (*Agave*), nopal (*Opuntia*), chicalote o cardo santo (*Argemone munita*). La mayoría de la flora es plantada por las familias de productores campesinos. En algunos casos, se observan alrededor del HA árboles leñosos como el pino y el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), especies inducidas bajo programas de gobierno para incidir en la reforestación.

Al interior de los campos de cultivo, los campesinos siembran árboles o arbustos que sirven como cercos vivos y son definitorios para establecer límites de su propiedad. Asimismo, algunas arboledas pueden utilizarse como líneas aclaratorias entre comunidades para restringir los usos del agua (quién sí y quién no puede tener acceso a los almacenamientos colectivos).

## Perspectivas productivas y alimentarias

La actividad agrícola de la ZMT es aún importante. Geográficamente, está circundado al oriente por la sierra de las Cruces y al poniente por el volcán Nevado de Toluca, lo que da origen a diversos tipos de geoformas como valle, lomeríos de colinas redondeadas, cerros y pie de monte. Por su situación de relieve y clima, se presentan innumerables escurrimientos permanentes o intermitentes y algunos suelos son propicios para la actividad agrícola. La hidrología del territorio promueve la captación de agua en pequeños sistemas de almacenamiento campesinos, los cuales permiten que la zona agrícola de temporal cuente con oferta para cultivar bajo riego; una alternativa no dispendiosa ante la falta del líquido.

Los HA son una alternativa para la producción agrícola debido a las condiciones de inconstancia de la precipitación pluvial. En cuanto a los acuíferos, su explotación está restringida; en la ZMT se mantiene un decreto de veda con fecha del 1 de agosto de 1965 (Diario Oficial de la Federación). La cantidad de productos agrícolas que se tienen registrados se reflejan en la Tabla 1.

mediante oficio solicitaron este apoyo para mejorar su economía y alimentación (autoridades gubernamentales, comunicación personal, 12 de marzo de 2017).

**Tabla 1. Producción agrícola con HA en la ZMT. Ciclo anual 2017**

| Municipios | Cultivos | Superficie sembrada (hectáreas) |
|---|---|---|
| Toluca | Maíz grano | 3 910.50 |
| | Chícharo | 18.00 |
| | Elote | 34.00 |
| | Haba verde | 35.00 |
| | Semilla de maíz grano | 2.00 |
| | Tomate rojo (jitomate) | 7.50 |
| | **Total** | **4 007.00** |
| Almoloya de Juárez | Maíz grano | 4 320.00 |
| | Avena forrajera en verde | 801.00 |
| | Elote | 800.00 |
| | Lechuga | 4.10 |
| | Tomate rojo (jitomate) | 18.00 |
| | Semilla de triticale grano | 250.00 |
| | **Total** | **6 193.1** |
| Zinacantepec | Maíz grano | 1 475.92 |
| | Semilla de maíz grano | 1.00 |
| | Papa | 56.00 |
| | Semilla de papa | 7.03 |
| | Semilla de haba | 1.00 |
| | **Total** | **1 540.95** |
| Temoaya | Maíz grano | 4 310.00 |
| | Semilla de papa | 0.55 |
| | Tomate rojo (jitomate) | 3.00 |
| | **Total** | **4 313.55** |
| **Total** | | **16 054.60** |

Fuente: SIAP (Sistemas de Información Agropecuaria), 2017. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php

El maíz de grano bajo riego ocupa el mayor número de hectáreas. El rendimiento es de 4.54 toneladas por hectárea (ton/ha) con un precio en el mercado de 3 100 pesos, equivalente a 174.04 dólares y a 146.68 euros.[5] Comparado con la media nacional (7.5 ton/ha), este rendimiento es aproximadamente 60 % menor, pero comparado con la producción bajo temporal de la media nacional que es de 2.2, representa casi el doble. Además de este grano, hay otros cultivos. Se localizaron dos sistemas agrícolas en un total de 16 054.60 hectáreas ubicadas en cuatro municipios.

*Sistema agrícola tradicional (maíz criollo, frijol, calabaza, jaltomate, xocoyotl)*: es un modo de agricultura en el cual una porción de tierra (polígono) produce solamente lo suficiente para alimentar a la familia. El nombre local que deriva de estos sistemas es milpa y parcela. Responde a la propiedad de un solo campesino o un grupo familiar, que también puede darla en arrendamiento o renta. En general se conserva como patrimonio de la familia y para heredar a los hijos.

En la milpa se siembran plantas diversas, predominantemente alimenticias, de la familia de las gramíneas, fabáceas y cucurbitáceas. Los campesinos promueven durante la etapa fenológica del maíz que otros cultivos herbáceos se desarrollen, porque sirven de complemento alimenticio; para tal cometido, prefieren el desyerbe manual. Los frutos del maíz, denominados elotes (corte temprano) y mazorcas (corte tardío) son retirados del tallo de forma manual y tienen un uso culinario. El tallo es utilizado como forraje o tizón. Las milpas tienen forma irregular, como resultado de la forma de cultivar la tierra (sin maquinaria pesada). En este tipo de agroecosistema se prioriza el uso de abonos orgánicos que, a veces, se complementan con químicos. En cambio, las parcelas están perfectamente delimitadas y siguen una geometría casi perfecta en su trazo, producto de las políticas agrarias, aunque existen peculiaridades. En la parcela es más factible el uso de maquinaria pesada para la preparación del terreno y en cuanto a fertilizantes, se da preferencia al uso de agroquímicos, que pueden complementarse con compostas.

En las milpas y parcelas el régimen que proveen los HA es para punta de riego; se utilizan con la intención de asegurar la cosecha y no para maximizar la producción, aunque como se registra en la Tabla 2, se logra un ligero incremento de tonelaje en comparación con la producción de temporal. A veces, cuando las precipitaciones pluviales son tardías (a finales de mayo) los HA se emplean para el denominado riego de auxilio. La importancia de la agricultura tradicional se refleja concepciones como la de Rogelio Bastida, campesino del ejido de San Pablo Autopan, en Toluca:

[5] Considerando el tipo de cambio al día 31 de agosto de 2017. Banxico. Recuperado de http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/

> Para nosotros, campesinos, es importante seguir conservando este bordo de agua porque no tenemos que andar comprando o pidiendo que nos regalen una tortilla, tenemos nuestra milpa; antes producíamos como seis colores de maíz, ahora sólo blanco, negro y algunos rojos. Con el agua que Dios nos da, podemos sembrar lo que queramos y comer lo que se nos antoje, los animales pueden tomar el agua que quieran, nadie la cobra, solamente tenemos que participar con nuestras faenas (R. Bastida, comunicación personal, 23 de abril de 2017).

Las unidades de producción de la milpa o la parcela en promedio oscilan entre media y una hectárea de tierra, aunque no es una regla, existen excepciones. Para la fertilidad del suelo se aplican las excretas de animales combinadas con productos químicos.

## Sistema agrícola comercial (maíces híbridos)

El sistema de producción de maíces híbridos demanda el doble o triple de extensión de terreno que una milpa o parcela; la mayor parte de su proceso de producción la realizan jornaleros,[6] quienes se apoyan de maquinaria. Las unidades de producción son destinadas al monocultivo, por ende, las plantas herbáceas comestibles se eliminan con el uso de plaguicidas, lo que disminuye la oferta de productos alimenticios. En general, el sistema agrícola predominante, bajo riego, es una agricultura extensiva de monocultivo de maíz con ciclos de cultivo de periodo largo (siete a ocho meses). La necesidad de agua se sustenta en los riesgos climáticos acaecidos en el área, como por ejemplo, la versatilidad de precipitación pluvial y las heladas tardías (en marzo y abril).

## Gestión social en los HA

El manejo de los HA integra múltiples organizaciones, entre las que destaca una central,[7] casi veinticinco locales, una institución pública de educación superior, diez pequeños propietarios y cinco medianos propietarios. Estos almacenamientos se localizan en ejidos, pueblos, ranchos, rancherías y haciendas. Usualmente, por cada HA existe una organización local.

[6] También llamados peones, son personas que no poseen tierras, pero sí conocimientos en el arte de la producción agrícola. Por días, semanas, meses e incluso años se emplea a una o más personas, dependiendo de lo laborioso que sea el trabajo. El acuerdo que se establece entre la parte contratante y el peón es de palabra.

[7] Con antecedentes de manejo de agua por los hacendados en la época colonial y de un reglamento de tandeos que ayudaba a evitar conflictos (Aguirre *et al.*, 2013).

Los HA de la ZMT dependen del río Tejalpa y sus afluentes, por lo que existen los siguientes tipos de organización: central, que agrupa a varias organizaciones locales; local autónoma; privada, y familiar. A continuación, se explica cada una de ellas.

**a) Organización central**. Se concentra en torno al uso de agua del río Tejalpa, que recorre cerca de 36.62 kilómetros y recibe aportaciones del río San Pedro, a 16.02 kilómetros de su recorrido. El aporte hídrico de la unión de ambos beneficia a cerca de 46 HA cuya superficie se encuentra entre los rangos de 26.03 a 1.36 hectáreas.[8] En la Tabla 2 se ejemplifican los datos sociales de organización central.[9]

**Tabla 2. Ejidos y pueblos con HA que dependen de los ríos Tejalpa y San Pedro, 2020**

| Municipio | Usuarios | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Ejidos | Pequeños propietarios | Institución educativa | Pueblo |
| Zinacantepec | Tejalpa<br>San Cristóbal Tecolit<br>Tecaxic<br>El Murciélago<br>San Juan de las Huertas<br>Ojo de Agua | Hacienda Serratón<br>Hacienda Tejalpa<br>Rancho la Peña | | Tecaxic<br>Santa María Nativitas |
| Almoloya de Juárez | Santa Juana (1ª sección)[10]<br>Mina México<br>San Mateo Tlalchichilpan<br>Santiaguito Tlalcilalcali | Ranchería Santa Juana<br>Rancho los Progresos<br>Rancho San Bartolo<br>Rancho la Purísima | | Almoloya de Juárez |

[8] Cálculo realizado con el software QGIS y datos de INEGI 2010 (Hidrología RH12Ab y RH12Aj).

[9] Los usuarios han registrado dicha organización como Asociación Civil, pero sin reconocimiento de la Comisión Nacional del Agua. Preferimos, entonces, el uso de organización central para incluir a usuarios que pese a sostener principios comunitarios o de bien común, agrupan a haciendas, pueblos, ranchos y rancherías. Los propietarios privados se han adherido a algunos de los principios de recurso común como las faenas, cumplimiento de un tandeo de aguas y asistencia a asambleas, pero siempre vigilando sus intereses.

[10] Adquirió dominio pleno. En realidad, siguen manteniendo los vínculos sociales para acceder al agua del río y ocupar la de los tres HA que tiene.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Almoloya Cabecera | Rancho San José Buenavista | | |
| Toluca | San Martín Totoltepec<br>San Pablo Autopan<br>San Francisco Calixtlahuaca<br>San Marcos Yachihuacaltepec<br>San Cayetano<br>Santiago Tlaxomulco<br>Tlachaloya | Hacienda La Puerta<br>Hacienda Nova segunda sección<br>Hacienda Nova tercera sección<br>Manuel Colín<br>Rancho la Esperanza<br>Rancho la Venta<br>Rancho el Capulín<br>Rancho Arroyo | Facultad de Ciencias Agrícolas | San Andrés Cuexcontitlán |
| Temoaya | Taborda | | | |

Fuente: entrevistas y trabajo de campo, enero 2017 a diciembre 2018.

Respecto al aprovechamiento del agua del río Tejalpa, existen varios niveles de jerarquía en la toma de decisiones. Cada ejido posee una organización local y a su vez, en caso de tener más de dos bordos, en cada uno se elige a un representante que participa de manera directa en la toma de decisiones y tiene el mismo derecho a votar y decidir que los otros representantes. Entre ellos determinan las normas de regulación para la distribución del agua, el mantenimiento y la conservación de obra, así como para dirimir conflictos. En una reunión a la que asisten los representantes de cada ejido, pueblo, pequeño propietario e institución educativa, se elige o ratifica a quienes apoyarán en el ordenamiento, control y distribución del acceso al agua, para su posterior almacenamiento en los HA respectivos.

Las autoridades se rigen por un tandeo de agua que es utilizado, además del riego, para el llenado de los HA. El comité central para administrar y regular las tomas de agua sobre el río contrata a una persona llamada presero, cuya función es abrir y cerrar las compuertas (tres). A veces algunos representantes del comité general o comités locales llevan a cabo el trabajo de colocar "trampas de agua" sobre el río; para ello se instalan tablas o ramas que permitan concentrar el líquido y ramificar sus salidas, especialmente al finalizar las lluvias. Algunos usuarios encauzan durante los meses de alta precipitación pluvial (agosto y septiembre) el agua torrencial a sus HA, utilizando sus propios medios, específicamente los que cuentan con poco más de dos hectáreas. El agua torrencial se utiliza para los cultivos de otoño-invierno o algunos cultivos perennes y, para el ciclo primavera-verano, se ajustan a un tandeo.

Los usuarios del comité central y los locales no reciben pago alguno por sus labores,[11] pero la persona que contratan como presero sí tiene un sueldo. Para que el presero se incentive y asuma cargos administrativos u otros que la organización central le encomiende, se le ofrece un pago (3 mil a 5 mil pesos mensuales). Para disponer de dichos fondos, se establece una cuota anual por el agua, que puede variar entre ejidos, pero prácticamente es de entre 100 y 150 pesos por persona (dependiendo el tamaño de su milpa o parcela). Cada ejido o pueblo reúne las cuotas de sus usuarios y las entrega al tesorero del comité central. En cambio, las multas por robo de agua ocurridas en torno al río van de 3 mil a 5 mil pesos (con base en acuerdos tomados en asambleas mensuales del comité central); esos recursos se destinan a la contratación de maquinaria para limpiar los múltiples canales de distribución al interior de los ejidos y pueblos, que se ven favorecidos.

**b) Organización local autónoma.** Se gesta al interior de los ejidos y pueblos. La mayoría cuenta con un HA, pero existen ejidos que registran de tres a seis de estos sistemas de captación. En cualquier caso, en cada sistema de almacenamiento es evidente la presencia de un comité o bien, los usuarios contratan a un repartidor de aguas. El término autónoma se consideró en las organizaciones de usuarios que carecían de intervención de otras organizaciones locales, la central, privadas o gubernamentales. Una vez que el comité central cumple con la entrega del agua del río a los ejidos o pueblos, todo asunto relacionado con el almacenamiento de agua, su uso y distribución, compete a lo local.

Un caso emblemático es el ejido de San Pablo Autopan, que concentra seis HA. El comisariado ejidal convoca a los usuarios del ejido (ejidatarios, posesionarios)[12] de todos los HA para elegir a un comité que los representa frente a la organización central. Los usuarios han delegado las funciones al mismo comité ejidal. Las autoridades ejidales no gozan de la libertad para contratar personal que los apoye en sus funciones, así que el llenado de los HA depende del compromiso de los usuarios para apoyar estas labores. Frecuentemente se pide a un usuario que viva cerca del HA que sea el portavoz y vigilante de anomalías en torno a los usos del agua.

Es responsabilidad de la autoridad ejidal o de algún comité acudir al río para recibir la autorización del presero y desviar el agua. Cuando el agua llena los HA, las autoridades locales deben ordenar los riegos entre los diversos usuarios y revisar que todos paguen sus tandeos. Los usuarios cumplidos en sus pagos son los primeros que reciben el agua (en febrero, marzo y abril); por el contrario, a los morosos se les restringe o deben esperar hasta el final (mayo). De diciembre a abril de cada año se realizan labores de gestión, cuidado, mantenimiento y distribución de agua. La limpia de los

[11] Se indica que a veces las cuotas recaudadas en los ejidos les apoyan para viáticos y gasolina. Pero, dicen "es muy poco apenas y nos alcanza para llenar de gasolina el carro y revisar los trabajos (Asociación Civil de usuarios aguas abajo del río Tejalpa, comunicación personal, 22 de octubre de 2018).

[12] Se permite su asistencia, pero no tienen voz ni voto.

canales se hace antes de dar inicio al tandeo (noviembre y diciembre) y es el presero quien registra las faenas de los usuarios (ejidos, pueblos, ranchos, haciendas, rancherías).

En otros ejidos, donde se administra sólo un HA, ocurre, como lo afirma el Sr. Francisco, campesino regante representante del HA de San Martín Toltepec, lo siguiente:

> Aquí, cada presita que usted ve tiene vigilancia, nosotros somos los que damos permiso y decimos cuándo debemos tomar el agua, nadie puede ir y servirse solito, aunque sí hay unos campesinos que se quieren pasar de listos, pero entre todos vigilamos; si son sorprendidos, pobres de ellos, porque toda la comunidad lo sabe y le reclama, donde sea, y con quien esté. Esta agua que llena la presita (HA) viene desde el volcán, hasta allá vamos a traerla, es un trabajo muy fatigoso, por eso nos enojamos cuando la gente no participa y para que escarmienten les cobramos una multota, si se niegan a pagar, ah, pues al otro año no se le deja que tome el agua. Tenemos muchas formas de evitar que nos roben (Sr. Francisco, comunicación personal, 12 de enero de 2017).

**c) Organización privada.** Se refiere a quienes no comparten el agua de su HA con otros usuarios, de manera que la toma de decisiones recae en el propietario. Sin embargo, al depender del flujo de un río se insertan en los acuerdos del comité central. Estos propietarios acostumbran el contratar a un peón para que asista a las asambleas convocadas por el comité central, limpie el tramo de canal que deriva el agua para el HA, así como para pagar el servicio de agua y vigilar, con apoyo del presero, la toma derivadora. La noción respecto al agua del HA de quien no tiene tierra queda expresada en el siguiente testimonio:

> Nos mandó el dueño que pusiéramos malla alrededor de su presa, porque la gente no respeta, vienen y tiran basura, nadan y si no saben, se ahogan. Así se evita problemas, utilizamos el agua para tener más forraje para los animales, es muy, pero muy importante el agua, eso les digo allá en las reuniones del comité, que debemos cuidarla más de lo que lo hacemos, impedir que los fraccionamientos conecten su drenaje al río, eso no nos ayuda. He escuchado que, en algunas partes, cuando el río lleva mucha contaminación y esa llega a sus presas, se les mueren todos los pescados y eso no se vale. La vida es vida y debemos protegerla (peón del rancho Pánulo, comunicación personal, 18 de junio de 2017).

Otros usuarios, con mediana propiedad, convienen en mantener el HA para fines distintos a los agrícolas, como lo manifiesta el siguiente fragmento de entrevista:

> Este almacenamiento de agua no lo ocupa mi patrón para mojar sus tierras, sirve para regar el pasto, también para algunos árboles, los cuales yo sembré alrededor de la presa; aquí también me deja tener algunos peces y a veces llegan patos. Pero eso sí, no permito que lleguen a cazarlos, porque los muchachos de ahora son muy locos, no se los comen, nada más ahí, atrás de ese árbol, los dejan (peón del rancho La Venta, comunicación personal, 14 de junio de 2017).

**d) Organizaciones familiares.** Estas se encuentran en ejidos y propiedad privada. El llenado de los HA depende de los escurrimientos pluviales. Habitualmente son campesinos minifundistas, con propiedades de entre 1/2 a 1 hectárea. Los HA registran un área de 0.08 a 0.8 hectáreas. Se ubican en la parte suroeste y noroeste del municipio de Almoloya de Juárez. El nombre de los ejidos y número de almacenamientos es el siguiente: ejido de San Agustín Potejé, 18; El Estanco, 30; El Paredón, 20. Respecto a la propiedad privada hemos localizado, mediante GPS, la carta hidrológica INEGI, recorridos de campo y Registro Público de Derechos de Agua (Repda) cerca de doscientos dieciocho.

Cada familia es la responsable de dirigir los escurrimientos de aguas pluviales a los HA; este trabajo se deja, casi exclusivamente, al jefe o jefa de familia. En el caso de mujeres viudas, si sus hijos varones son pequeños, contratan a un peón para el llenado y mantenimiento del HA. Los escurrimientos provienen de diversas elevaciones, una de ellas es el cerro San Antonio, ubicado al suroeste del municipio, a una altura de 3 700 msnm, y desciende hasta los 2 550 msnm.

Las familias campesinas no requieren de gestiones con ningún nivel de autoridad para tener acceso al agua de escurrimientos, salvo para tener acuerdos con los dueños de algunos predios para hacer zanjas, a fin de no dañar sus propiedades. Respecto al trabajo y uso de su HA, los hermanos Santiago y Nicolás Sánchez, de Almoloya de Juárez, comentan lo siguiente:

> Esa zanja la hicimos entre mi hermano y yo, fuimos buscando el agua, eso ya hace como más de 30 años. Nuestro jefe (papá), que en paz descanse, nos enseñó cómo fijarnos en las escurrideras, tomamos una de acá, otra de allá; no siempre es el mismo lugar, debemos fijarnos por donde hay más agua. Hacemos zanjas pequeñas para llevarla, porque no crea que es mucha el

> agua, hay que buscarle y buscarle. Esta cuneta viene desde allá arriba, donde ve esa casa solita. La zanja donde estamos parados debe pasar por la milpa de mi compadre, le pedimos permiso para que nos dejara hacer un canalito y hasta ahorita no tenemos problema… lo que estorba al agua es que crece rápido el pasto y la hierba, entonces debemos ir a limpiar las zanjas cada ocho días… en temporada de lluvias se hace un lodazal que para qué le cuento. Aunque sea mucha labor, nosotros estamos contentos porque tenemos agua para nuestra milpa y nuestros animalitos, sabemos que el agua es de buena calidad porque viven pescaditos y los animales que calman su sed no se han muerto (S. Sánchez y N. Sánchez, comunicación personal, 12 de octubre de 2018).

El mantenimiento de los HA requiere de cuidados para reforzar los taludes, para ello los campesinos siembran árboles frutales, propios de clima templado y frío, así como magueyes; algunos arbustos crecen de manera natural, por ejemplo, el tepozán y la jarilla, como menciona Fernando Valdez, de Almoloya de Juárez:

> Estos arbolitos yo no los sembré, creo que la semilla la traen los patos que aquí llegan. Cuando limpio mi presita no quito algunas plantas que crecen dentro del agua, sólo separo el pasto que se enraíza. Esta agua es limpia, es pura agua del cielo. Cuando la mujer no tiene agua para hacer los quehaceres, viene y la toma de aquí, de nuestra pequeña presa y viera que no nos hemos enfermado. También hay peces y cuando no tengo dinero le digo a mis hijos vengan vamos a pescar (a otros HA) sólo para comer, no dejamos que pesquen para hacer negocio. Si dejamos que la gente fuereña moleste a los peces y hasta ranas que aquí encuentra, se enojan y no se reproducen (F. Valdez, comunicación personal, 15 de octubre de 2018).

## Acercamientos a la estimación ambiental, social y productiva

En la gestión de los HA resaltan los procesos marcados por vínculos sociales, donde no existen expertos hidráulicos. Naturalmente, los sistemas hidráulicos campesinos tienden a resolver necesidades locales, por lo que es visible una compleja red de flujos de agua. Los flujos de ríos y escurrimientos pluviales ingresan y egresan a los HA por canales o zanjas sobre tierra, lo que pone de manifiesto acuerdos para que los usuarios definan sus derechos y obligaciones.

En cuanto a propiedad de la tierra donde se ubica la hidráulica campesina, que depende del agua de ríos, corresponde un 60 % a la propiedad ejidal y 40 % a propiedades privadas. En cambio, 90 % de los HA que dependen de agua de escorrentía se encuentra en propiedad privada, concerniente a familias de campesinos minifundistas. La Tabla 3 presenta categorías y estimaciones del HA.

**Tabla 3. Criterios de estimación de HA en la ZMT con base en percepciones de los múltiples usuarios**

| Dimensión | Gestiones | Criterios de estimación convenientes |
|---|---|---|
| Social | Reuniones o asambleas anuales<br>Asistencia a reuniones | Una vez al mes<br>Entre 70 % y 100 % |
| | Régimen de la tierra | Propiedad social |
| | Derechos de acceso | Sólo quienes cumplen sus faenas |
| | Mantenimiento | Antes y después del riego |
| | Autoridades administrativas | Rotación de cargos<br>Elección a mano alzada |
| Productiva | Actividades extractivas | Vigilancia de autoridades |
| | Número de cultivos | Más de tres al año o perennes |
| | Destino de la producción | Alimentación y mercado local |
| | Costos maquinaria | Menor a 200 pesos anuales |
| | Costo por riego | Menor a 150 pesos por riego |
| | Disponibilidad del agua | Varios usos |
| | Capacidad de almacenamiento anual | Llenado total |
| Ambiental | Calidad del agua | Apta para animales |
| | Conservación de flora y fauna | Para alimentación familiar |
| | Permisos de caza y pesca | Restricciones, sólo para alimentación familiar |
| | Contaminantes | Restricciones y multas |
| **Dimensión** | **Gestiones** | **Criterios de estimación poco convenientes** |
| Social | Reuniones o asambleas anuales<br>Asistencia | Una vez al año<br>Menor a 50 % |

| | | |
|---|---|---|
| | Régimen de la tierra | Propiedad privada |
| | Derechos de acceso | Sin restricciones |
| | Mantenimiento | Nulo |
| | Autoridades administrativas | Propietarios privados o municipio |
| **Productiva** | Actividades extractivas | Sin vigilancia |
| | Número de cultivos | Anual |
| | Destino de la producción | Comercial |
| | Costos maquinaria | Nulo |
| | Costo por riego | Nulo |
| | Disponibilidad del agua | Un uso |
| | Capacidad de almacenamiento anual | Llenado menor a 20 % |
| **Ambiental** | Calidad del agua | No apta para animales |
| | Conservación de flora y fauna | Para uso turístico |
| | Permisos de caza y pesca | Por diversión o para venta |
| | Contaminantes | Sin control las conexiones de drenaje |

Fuente: Elaboración propia con datos de entrevistas realizadas a autoridades ejidales de riego, propietarios privados y campesinos en los ejidos de la región noroeste del municipio de Toluca (periodo primavera-verano 2017 y 2018).

Estimar un bien o un servicio generalmente se relaciona con cierto grado de subjetividad, pues implica emitir juicios para mejorarlo. En términos ambientales, el problema fundamental en cuanto al uso de los HA es el valor que se le otorga —mediante parámetros de seguridad en la propiedad— al acceso y organización social dirigidos al control de la calidad del agua. Las dimensiones sociales y ambientales para la estimación de los HA, en cuanto a la participación e integración de los diversos usuarios, muestran criterios no flexibles (tandeos) en época de estiaje, y altamente flexibles en época de lluvias. En cambio, los HA familiares están sujetos a la temporada de lluvias, lo que contribuye a la necesidad de que cada hogar posea, mínimo, uno de ellos.

En cuanto a la relación del agua en la producción agrícola, destaca la cosecha de productos propios de la dieta campesina (maíz, frijol, calabaza, arvenses), así como la producción anual del maíz híbrido. Ambos sistemas de producción agrícola, tradicional y comercial en la ZMT, a pesar de no ser complementarios sino altamente competitivos en otras zonas, dependen de la hidráulica campesina. No obstante, la calidad del agua puede estar seriamente comprometida por el uso frecuente de insumos químicos.

En los HA no se presentan sistemas de regadío altamente tecnificados, pero los cambios en el uso del suelo contravienen su función social. Las autoridades que gestionan el acceso, distribución y mantenimiento de río y escurrimientos pluviales para el llenado de los reservorios tradicionales han invertido tiempo y dinero para monitorear las fuentes de contaminación o interrupción de los cauces cuando se construyen fraccionamientos; estas acciones tienen poco eco, pues los directamente implicados se encubren tras firmas inmobiliarias.

El uso agrícola de los HA destaca como el principal, pero los campesinos prefieren dejar una reserva de 20 % a 30 % para que la vida acuática no perezca. Algunas acciones de los propietarios privados no favorecen la conexión entre humedales; el aislamiento inducido del HA en las tierras de uso común impide que los escurrimientos o las aguas de demasía llenen otros almacenamientos. En cambio, en los ejidos y pueblos es frecuente observar escalonamiento de llenado entre HA. El llenado de uno y otro humedal ha generado una amplia red de canales y zanjas que amplían la superficie de riego o evitan que se pierda completamente el sistema de humedad dentro y fuera de algunos HA.

## Beneficios y participación social con la implementación del HA

Los HA como obra hidráulica campesina derivan de una naturaleza social indiscutible. Se considera que un sistema de administración sin escalafones o presumiblemente libres de favores y con órganos locales regulatorios ha propiciado una distribución del agua más equitativa entre pequeños y medianos productores.

Es posible observar que el acceso al agua desde el río implica una estructura social paralela entre autoridades (usuarias), productores (campesinos) y peones (representantes de los propietarios privados) sin que medie una institución gubernamental. La producción campesina centrada en el cultivo de maíz de grano y forrajes requiere de uno a varios riegos, lo que ofrece en algunos usuarios la posibilidad de otros cultivos. La aspiración de los campesinos es evitar perder sus fuentes hídricas, pues significaría la disminución de la producción agrícola o bien la pérdida de sus cosechas. Por otro lado, los propietarios privados, de igual forma que los ejidatarios, están condicionados a un calendario de riegos, el cual no evita que algunos usuarios obtengan beneficios, pero disminuye la probabilidad de abusos.

La presión urbanística y los permisos de gobiernos municipales, estatales y federales para el cambio de uso de suelo en una importante zona de recarga hídrica, genera desafíos a la pervivencia de estos HA. Si bien existe participación social entre autoridades y usuarios, sus estrategias pueden ser insuficientes si la población que vive alrededor de ellos no

establece medidas que contribuyan, por mínimas que sean, a estabilizar estos cuerpos de agua.

Gestionar el agua como bien común lleva implícitas reglas que, en el caso del comité central, han tratado de mantener los derechos de diversos usuarios para la conservación de los HA desde hace 90 años, pero también se nota el esfuerzo de campesinos que en lo individual han construido obra hidráulica que se suma a los objetivos de la sustentabilidad hídrica. Sin embargo, admitir que existen fuentes de agua alternas a las brindadas en comunidades campesinas no parece ser visible en la ZMT.

La tecnología campesina para construir hondadas que, luego de labores fatigosas, dan lugar a HA con servicios ambientales y productivos, nos ayuda a repensar que cada HA es un sistema basado en ciertos conocimientos y acuerdos para aprovechar recursos renovables, como los materiales que se usan para su construcción (palos, ramas, suelo, piedras, pastos).

Entonces, el manejo social para conducir los flujos de agua es diseñado por los productores campesinos para dominar los escurrimientos pluviales. No es extraño que en el contexto de gestión hídrica campesina resalte el tema de la cohesión social; lo significativo es cómo algunos espacios colectivos en materia hídrica muestran asociaciones entre formas de producción vernáculas y sistemas de producción para el mercado.

Las bondades de los HA (ambiental, social y productiva) inmersos en la hidráulica campesina no han sido consideradas, por inadvertencia o error, en las políticas públicas de las instituciones del agua y ambientales, y tampoco en la academia. Por lo tanto, conocer de voz de los actores las funciones y los usos de los HA es fundamental. Las perspectivas en torno a acuerdos, tecnología y usos del agua en la dinámica campesina pueden asumirse como un reto a la política hidráulica del Estado. Las magnas obras hidráulicas aumentan los costos energéticos, en pro de la modernización de un campo agrícola, cuya expansión de sus prácticas generan daños ambientales.

## Conclusiones

Instalaciones hidráulicas de menor dimensión que las presas cubren la demanda hídrica de poco más de 16 054.60 hectáreas de la ZMT. Dicha región es un vasto territorio de almacenamiento de agua con obras hidráulicas no efímeras que presentan diversidad y abundancia de especies de peces, patos y plantas. La tecnología tradicional implícita en los HA se rige por una política socioambiental, antes que gubernamental. Su preservación incluye prácticas sociales de los campesinos o ejidatarios, haciendas y ranchos. Por tanto, reflexionar sobre las condiciones sociales para conseguir recursos hídricos en los propios territorios rurales nos lleva a tres razonamientos. El primero, relacionado con la posesión colectiva de recursos ambientales, que considera las labores para captar y conducir el agua de lluvia poco más o

menos que honoríficas. El segundo concierne a las alternativas sociales frente al desafío de las condiciones físicas del territorio, como las pendientes, la precipitación pluvial y el tipo de suelo. El tercero es la persistencia de sistemas agrícolas bajo riego, mientras que el cuarto involucra la estimación de los HA como espacios ambientales y asegura disminuir las condiciones deficientes de pérdida de recursos alimenticios y medicinales cuando son de acceso libre.

El aprovechamiento del agua de los HA es imprescindible en el desarrollo de al menos cuatro sistemas de producción primaria que contribuyen con la alimentación: agricultura tradicional, ganadería en pequeña escala, recolección de plantas y pesca. Queda por revisar la ocupación histórica de estos HA para tener mayor certeza de la relación entre sociedad y ambiente frente a las problemáticas hídricas y su importancia como indicadores de cambios climáticos. Para avanzar en un mejor conocimiento de la función y estructura de estos espacios húmedos se atendieron aquellos componentes ambientales, sociales y productivos activos en el campo de estudio.

La importancia del manejo social y ambiental en los HA debe considerarse en la política hídrica, pues la sociedad y las instituciones vinculadas con la administración de este recurso están desvinculadas. Las representaciones sociales articulan a los actores implicados en los procesos relativos al mantenimiento y uso del agua para no tener más restricciones que las determinadas en comunidad; sin embargo, la participación de la comunidad se puede ver obstruida por la eminente política agrícola de parcelamiento, venta o renta de la tierra. Los cambios en el uso del suelo sin control o protección del espacio ambiental por parte de la comunidad local evidencian a corto y a largo plazo la pérdida tanto de su valor paisajístico para la conservación como la pérdida del bienestar social que hasta ahora brindan los HA.

Las representaciones sociales conllevan una articulación entre los actores implicados en el proceso de acciones de mantenimiento, uso del agua y además de pertenencia para no tener restricciones que los determinados en comunidad; sin embargo, la participación de la comunidad se puede ver obstruida por la eminente política agrícola de parcelamiento, venta o renta de la tierra.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento del proyecto de ciencia básica “Valoración ambiental, social y productiva de Humedales Interiores Artificiales de México”, con clave de registro 258175.

## Referencias

Aceves Quesada, Fernando; Legorreta Paulín, Gabriel, y Álvarez Ruíz, Yarummy (2014). "Cartografía geomorfológica para el inventario de procesos gravitacionales en la cuenca endorreica del arroyo La Ciénega, flanco oriental del volcán Nevado de Toluca". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66 (2), pp. 329-342.

Aguirre González, Noé Antonio; Montes Hernández, Roberto, y Palerm Viqueira, Jacinta (2013). "Junta de aguas del río Tejalpa y sus afluentes". En Jacinta Palerm Viqueira y Tomás Martínez Saldaña (eds.), *Antología sobre riego. Instituciones para la gestión del agua: vernáculas, alegales e informales*. Texcoco, Estado de México: Colegio de Postgraduados Chapingo, pp. 275-299.

AHEM (Archivo Histórico del Estado de México) (1940). Fondo de Aguas, volumen 18, expediente 11, año 1940. Toluca, Estado de México.

Arroyave, María del Pilar (2004). "La lenteja de agua (*Lemna minor L.*): una planta acuática promisoria". *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, (1), pp. 33-38.

Astudillo Moya, Marcela (2012). *Fundamentos de Economía*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 192 pp.

Bartolomé, Miguel Alberto (1992). "Presas y relocalizaciones de indígenas en América Latina". *Alteridades*, 2(4), pp. 17-28.

Boelens, Rutgerd (1998). "La equidad y la construcción de reglas". En Rutgerd Boelens y Gloría Dávila (eds.), *Buscando la equidad. Concepciones sobre justicia y equidad en el riego campesino*, Assen, Países Bajos: Editores Van Gorcum, pp. 307-327.

Bohem, Brigitte y Pereyra, Armando (1974). *Terminología agrohidráulica prehispánica nahua*. México: INAH.

Capel, Horacio (2016). "Las Ciencias Sociales y el estudio del territorio". *Biblio3W Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 2 (1.149), pp. 1-38.

Descola, Philippe (2006). "Beyond Nature and Culture. Radcliffes Brow Lecture in Social Anthropology". *Proceeding of the British Academy*, 139, Collège de France, París. Recuperado de http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.4920&rep=rep1&type=pdf

Dugan, Patrick (1990). *Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Requiered Action*. Gland, Suiza: The Word Conservation Union, 96 pp.

Escobar, Arturo (2015). "Territorios de diferencia: la ontología política de los derechos al territorio". *Cuadernos de Antropología Social*, 41. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires, pp. 25-38. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/1809/180942587002.pdf.

Escobar, Jaramillo, Luis Alfonso y Gómez Olaya, Álvaro Pío (2007). "El valor económico del agua para riego. Un estudio de valoración contingente". *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (6), pp. 16-32.

Foro Mundial del Agua (2015). "Gestión Integrada de cuencas para garantizar la sostenibilidad de recursos hídricos". Foro Mundial del Agua, 12-17 de abril de 2015. Recuperado de https://www.riob.org/sites/default/files/Pages_Forum_Esp.pdf.

Galindo Escamilla, Emmanuel; Palerm Viqueira, Jacinta; Tovar Salinas, Jorge Luis, y Rodarte García, Raúl (2008). "Organización social en la gestión de una fuente de agua: los jagüeyes". *Agrociencia*, 42(2), pp. 233-242.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010). Hidrología. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/temas/hidrologia/#Descargas

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2015). Simulador de flujos de aguas de cuencas hidrológicas (SIATL). Recuperado de https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#Descargas

Kobus, Helmut; Plate, Erich; Shen, Hsieh, y Szöllösi-Nagy, Andreas (1994). "La formación del ingeniero hidráulico". *Ingeniería del agua*, 1(3), pp. 1-42.

Kohn, Eduardo (2013). "Anthropology of Ontologies". *Annual Review of Anthropology*, 44. Montreal, Canadá: McGill University, pp. 311-327. Recuperado de https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-anthro-102214-014127.

Márquez Fernández, Dominga (1992). *Geografía de Sistemas Agrarios*. Madrid: Síntesis, 156 pp.

Mercado cambiario (2018). Recuperado de http://www.anterior.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/

Mitch William; Gosselink James, ZhangLi, y Anderson, Christopher (2000). *Wetlands Ecosystems*. Nueva York, EUA: John Wiley & Sons, 256 pp.

Ostrom, Elinor (2000). *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva.* México: Universidad Autónoma del Estado de México/Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias/Fondo de Cultura Económica, 396 pp.

Perevochtchikova, María (2013). "La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales". *Gestión y Política Pública*, 23(2), pp. 283-312.

Rojas Rabiela, Teresa; Martínez Ruiz, José Luis, y Murillo Licea, Daniel (2009). *Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico*. Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua/Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 298 pp.

Roldán, Gabriel y Álvarez, Luis Fernando (2002). "Aplicación del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para el tratamiento de aguas residuales y opciones de reúso de la biomasa producida". *Revista Universidad Católica de Oriente*, (15), pp. 56-71.

Secretaría de la Convención de Ramsar (1971). "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional. Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas". Ramsar, Irán.

Secretaría de la Convención de Ramsar (2006). "Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales". Gland, Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar. Recuperado de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf

Secretaría de la Convención de Ramsar (2007). "Asignación y manejo de los recursos hídricos: Lineamientos para la asignación y el manejo de los recursos hídricos a fin de mantener las funciones ecológicas de los humedales". Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 8. Gland, Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar.

Sedagro (Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México) (2018). "Producción agrícola de México". Recuperado de http://www.sedagro.edomex.gob.mx/producción (última consulta 3 de febrero de 2018).

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2017). "Estadística de la producción agrícola en México". Ciudad de México, México. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php (última consulta 2 de febrero de 2018).

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (2020). "Lista Roja de especies amenazadas de la UICN". Versión 2020-1. Recuperado de https://www.iucnredlist.org>

Viñals, María José; Colom, William; Rodrigo, María Antonia; Dasi, María José; Armengol, Xavier; Oltra, Rafael y Miracle, María Rosa (2001). "Rasgos característicos de un humedal mediterráneo artificializado y su problemática ambiental: El Hondo de Elche (Alicante, España)". *Humedales Mediterráneos*, 1, Valencia, España, pp. 147-154.

Zambrano, Luis; Mosing Reidl, Paola; Mckay, Jeanne; Griffiths, Richard; Shaffer, Howard Bradley; Flores Villela, Oscar; Parra Olea, Gabriela & Wake, David (2010). "Ambystoma mexicanum. The International Union for Conservation of Nature (IUCN)". Red List of Threatened Species.

Editora asociada: Esperanza Tuñón Pablos
Recibido: 26 de octubre de 2019
Aceptado: 11 de junio de 2020