

Cambios de uso del suelo y su influencia en la agricultura de riego en el Subtrópico Mexicano

Change in land use and its influence on irrigation agriculture in the Mexican Subtropics

JOSÉ ISABEL JUAN PÉREZ*

Abstract

Given the problem presented in the ejido of Santa Ana Xochuca of the Mexican Subtropics, a spatio-temporal analysis of the interactions that influence the processes of land use change and its association with irrigation agriculture in 2006 and 2016 was performed; since in this community, in 2006 there were thirteen water storages and by 2016 they increased to 22, factor that causes changes in land use, increased agrodiversity, conversion of agriculture and increased food production. The research is based on environmental geography, cultural ecology, fieldwork techniques and remote sensing in satellite images

Keywords: processes, management, changes, water, irrigation.

Resumen

Ante la problemática que se presenta en el ejido de Santa Ana Xochuca del subtrópico mexicano, se realizó el análisis espacio-temporal de las interacciones que influyen en los procesos de cambio de uso del suelo y su asociación con la agricultura de riego en 2006 y 2016; ya que en esta localidad, en 2006 había trece almacenamientos y para 2016 se incrementaron a 22, factor que provoca cambios de uso del suelo, aumento de la agrodiversidad, conversión de la agricultura y mayor producción de alimentos. La investigación se sustenta en geografía ambiental, ecología cultural, técnicas de trabajo de campo y teledetección en imágenes de satélite.

Palabras clave: procesos, manejo, cambios, agua, riego.

Introducción

Santa Ana Xochuca es un ejido localizado en el municipio de Villa Guerrero, al sur del Estado de México (figura 1), está ubicado en las coordenadas 18° 51' 00.1" latitud norte y 99° 37' 10.1", longitud oeste, tiene una altitud promedio de 1717 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Inegi, 2001). El asentamiento humano del ejido Santa Ana Xochuca se llama Progreso Hidalgo, está ubicado en la porción central de su territorio. En México, el sujeto legal y social del reparto de tierras se denomina ejido, al respecto la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) dice que es una forma de asentamiento rural basado en la propiedad colectiva de la tierra.

El ejido de Santa Ana Xochuca se encuentra en una zona de transición ecológica o ecotono, en donde convergen los ecosistemas de climas cálidos subhúmedos y semicálidos (subtrópico mexicano). El ecotono está ubicado entre la provincia de las serranías meridionales y la provincia de la depresión del río Balsas, perteneciente a la región caribeña del reino neotropical. El clima en el ejido pertenece al grupo A(C)wg, que de acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen, es tropical lluvioso semicálido (García, 1986). Durante la primavera y el verano se presentan elevadas temperaturas: la temperatura media anual es de 20 °C, y con 1100 milímetros de precipitación media anual. El periodo de lluvias comprende de mayo a septiembre (Juan-Pérez, 2018).

La vegetación natural existente en la zona de transición ecológica y, por supuesto, su diversidad ecológica y ambiental corresponden al bosque subtropical caducifolio, caracterizado por especies vegetales, que las sociedades campesinas utilizan para varios propósitos. En este ecotono hay diversas formas de relieve, variación de altitudes, estructuras geológicas, tipos de suelos, cuencas hidrográficas y variaciones climáticas que, en interacción con otros factores geográficos y ambientales, favorecen una amplia diversidad biológica, agroecológica y sociocultural.

El espacio geográfico que comprende el ejido no posee de manera natural elementos hidrológicos, aunque las tierras de uso común (laderas, depresiones y barrancos) tienen colindancias con tres ríos importantes: Calderón, Nenetzingo y Tenancingo. Estos ríos se localizan aproximadamente a 450 metros de profundidad respecto a la altitud promedio del ejido y son límites naturales con otras comunidades (Juan-Pérez, 2018).

Las propiedades del suelo predominante (Vertisol pélico) y su interacción con las condiciones geográficas, ambientales y climáticas generan ambientes propicios para establecer cultivos de riego y de temporal, entre los más importantes destacan: fresa (*Fragaria*), gladiolo (*Gladiolus sp.*), tomate (*Physalis ixocarpa*), jitomate (*Solanum lycopersicum*), cebolla

(*Allium cepa*), calabaza (*Cucurbita pepo*), pepino (*Cucumis sativus*), chile (*Capsicum annuum*), rosa (*Rosa sp.*), cempasúchil (*Tagetes erecta*), flor de terciopelo (*Celosia cristata*), maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*).

En este ejido se analizó el manejo del agua para riego en 2006 y 2016, esto con el propósito de establecer asociaciones con los procesos de cambio de uso de suelo, principalmente, con la agricultura tradicional (de riego y temporal) y agricultura comercial tecnificada. La observación directa y participativa fue fundamental para conocer las relaciones entre los dos tipos de agricultura, la organización social comunitaria para el manejo del agua y los procesos de cambio de uso del suelo. La investigación consideró dos interrogantes: *a*) ¿Existe asociación entre el manejo del agua para riego, los procesos agrícolas y el cambio de uso del suelo en el ejido Santa Ana Xochuca?, y *b*) ¿cómo fue el comportamiento de manejo del agua en 2006 y 2016?

El objetivo de la investigación fue el análisis espacio-temporal de las interacciones que influyen en los procesos de cambio de uso del suelo y su asociación con la agricultura de riego en 2006 y 2016. La investigación se sustenta en los procesos socio-ambientales que están ocurriendo en la zona de transición ecológica y en las pendientes de la vertiente sur del volcán Xinantécatl (Nevado de Toluca), procesos asociados con la deforestación y la conversión de la agricultura tradicional por agricultura comercial tecnificada (invernaderos) en el ejido Santa Ana Xochuca (Camacho *et al.*, 2017a). En el ejido, antes de 2006, los campesinos solamente establecían cultivos de riego y de temporal, no cultivaban en sistemas de invernadero; sin embargo, los apoyos financieros proporcionados por las dependencias gubernamentales, para obtener mayor producción agrícola en menor tiempo, es uno de los factores que influyó en este proceso socio-ambiental, por lo que, en 2016, casi 25% de los campesinos inició el establecimiento de invernaderos, la apertura de nuevos almacenamientos de agua y la transición hacia la agricultura comercial tecnificada.

1. Métodos y materiales

La investigación es de tipo descriptivo, cualitativo y cuantitativo; se sustentó en el uso de métodos y técnicas de trabajo de campo; así como en la aplicación de herramientas de sistemas de información geográfica. La caracterización geográfica, ecológica, ambiental y sociocultural del ejido se realizó a partir de los métodos geográfico y etnográfico. Este último fue utilizado para conocer la conformación del ejido (expropiación de porciones de la hacienda la Merced y el reparto agrario), el establecimiento del asentamiento humano, los procesos y los acuerdos para el suministro de

agua para riego, la capacidad de gestión, así como, los procesos y las causas que condujeron al incremento de los almacenamientos de agua y el revestimiento de los canales de conducción. Esta información fue obtenida del *Catálogo. Los ejidos del Estado de México* (Gobierno del Estado de México) (GEM, 1958) y de entrevistas aplicadas a los ejidatarios.

Con técnicas de trabajo de campo (observación directa, recorridos, registros y observación participante) se realizó la caracterización de los almacenamientos de agua para riego. Esta actividad fue complementada con la participación de los ejidatarios y con el uso del Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS), el cual permitió registrar las coordenadas de las áreas de ubicación de los almacenamientos de agua.

Con la aplicación de un cuestionario y las encuestas descriptivas abiertas a 100% de los ejidatarios fue posible conocer los mecanismos utilizados para el uso y el manejo del agua para riego, su disponibilidad, su procedencia, su importancia en los procesos agrícolas, las funciones ambientales y socioculturales de los almacenamientos, la capacidad de gestión, el manejo de los recursos naturales, los procesos socio-ambientales de cambio de uso del suelo y los beneficios para las familias.

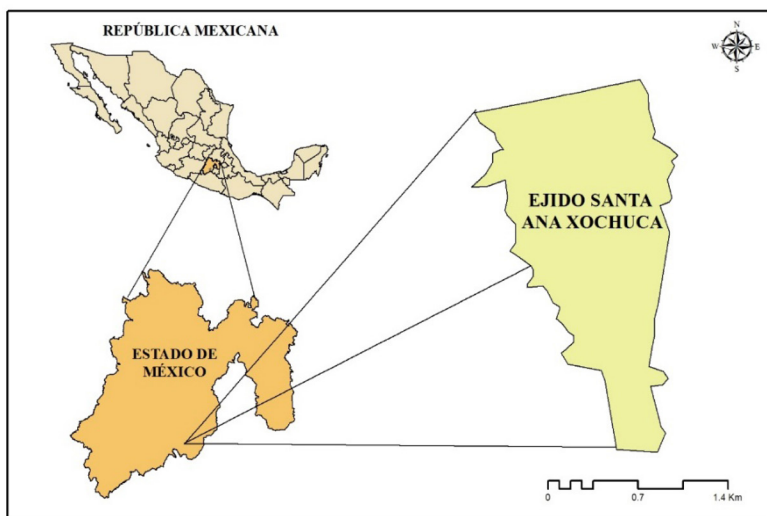
El análisis espacio-temporal y comparativo del manejo del agua se realizó con cartografía automatizada y teledetección de dos imágenes de satélite: spot 4, 2006, resolución espacial de cinco metros, y spot 5, 2016, resolución espacial de 10 metros. Mediante el método de Clasificación Supervisada y el DGPS se registraron los campos de entrenamiento, siendo éstos procesados en la plataforma ERDAS Imagine 2015. Las variables de análisis y comparación fueron ocho: *a*) número de depósitos, *b*) superficie que ocupan los depósitos (m^2), *c*) perímetro (m), *d*) profundidad (m), *e*) volumen de almacenamiento (m^3), *f*) número de canales, *g*) revestimiento de canales, y *h*) diversidad de cultivos agrícolas (número), esto con la finalidad de analizar las condiciones de uso y manejo del agua y su asociación con los procesos agrícolas y el cambio de uso del suelo.

Con fundamento en la ecología cultural (Steward, 1959) y la geografía ambiental (Bocco-Verdinelli y Urquijo-Torres, 2013) se determinaron las interacciones entre los componentes del ambiente y la sociedad para el manejo del agua, considerando a la cultura como eje transversal de análisis. El objeto de estudio de la geografía ambiental es el análisis de las interacciones entre la sociedad y el ambiente, esto desde una dimensión espacio-temporal. También analiza las transformaciones de unidades espaciales determinadas, considerando los cambios, las alteraciones ambientales y los procesos socio-ambientales (Bocco Verdinelli y Urquijo-Torres, 2010).

La ecología cultural permite comprender cómo el ser humano posee capacidades para relacionarse con su ambiente a través de su acervo cul-

tural (Steward, 1959). Analiza las reacciones y las respuestas emitidas por los seres humanos a través de la cultura, la cual permite explicar los procesos de cambio social y las adaptaciones (González-Jacome, 1997). Las asociaciones espacio-temporales entre el manejo del agua y los procesos socio-ambientales de cambio de uso del suelo en el ejido se analizaron desde un enfoque ambiental y cultural.

Figura 1
Ejido Santa Ana Xochuca en el contexto del territorio mexicano



Fuente: elaboración propia con base en SPP (1981).

2. Origen del ejido, organización social y manejo del agua de riego

El origen del ejido tiene sus antecedentes en la expropiación de la hacienda La Merced. Los antecedentes del uso y el manejo del agua y la agrodiversidad son producto del reparto agrario, ya que de acuerdo con el artículo 47 del Código Agrario vigente y por Resolución Presidencial se concede a 38 solicitantes una dotación de 260 hectáreas, de las cuales, 52 serían de riego y 208 de agostadero laborable. Este acuerdo fue publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 5 de octubre de 1936. De manera simultánea a la expropiación de la hacienda La Merced y al proceso de reparto agrario, ocurrieron repartos para otras familias de la región, por lo que, 11 años después, y mediante Resolución Presidencial del 23 de abril de

1947, se realizaron permutas de parcelas entre varios ejidos y la hacienda La Merced (GEM, 1958).

Al término de las permutas se estableció un acuerdo entre los nuevos ejidos y la hacienda La Merced, éste enuncia lo siguiente: los propietarios de la hacienda La Merced construyen obras hidráulicas (canales de conducción y presas) para que los ejidos tengan riego efectivo para sus tierras (GEM, 1958). La posesión definitiva de aguas para riego se hizo el 12 de octubre de 1952 y ordena proporcionar 945,568 m³ del caudal del río Texcaltenco para regar 89 hectáreas. La segunda dotación fue el 15 de marzo de 1955, proporcionando 1,397,568 m³ para el riego de 153 hectáreas.

En 2006, el ejido Santa Ana Xochuca estaba integrado por el asentamiento humano (Progreso, Hidalgo), tres lomeríos, cuatro barrancos, seis laderas, 13 depósitos de agua, tres canales de conducción, 108 canales de distribución, 57 canales terciarios, una vía principal de acceso y otras áreas consideradas como tierras de uso común. Tiene una superficie de 557 hectáreas, incluidas 55 parcelas, las cuales tienen diferentes superficies, las menores son de 1.5 ha, mientras las mayores tienen siete hectáreas. Antes del reparto agrario no existía la comunidad de Progreso Hidalgo, ésta se conformó a partir de la dotación de agua para el riego. Después del reparto agrario y, por consiguiente, del origen del ejido, el número de habitantes se ha incrementado notablemente. En 2003 había 971 habitantes, mientras que en 2016, se incrementó a 1192 personas (Juan-Pérez, 2018).

En el ejido, la actividad económica más importante es la agricultura de riego y la de temporal, la primera es con fines comerciales, se cultiva 97.5% de la superficie total, siendo relevantes los cultivos de fresa, gladiolo, tomate, jitomate, cebolla, calabaza, pepino, chile, rosa, cempasúchil y flor de terciopelo. La agricultura de temporal la práctica 100% de los ejidatarios y tiene como finalidad producir alimento para las familias; se cultiva en 93% de la superficie ejidal; el maíz y el frijol son los cultivos más importantes.

En el ejido, la familia desempeña un papel importante dentro de la organización social, las actividades que realiza cada individuo son estrategias adaptativas que permiten la subsistencia familiar (Steward, 1959). La organización social comunitaria inicia en la familia y después con la parentela para integrar grupos de apoyo mutuo o ayuda recíproca (Kropotkin, 2016), quienes coadyuvan a la capacidad de gestión para manejo del sistema de riego y la agricultura. Los grupos de ayuda mutua son asociaciones de campesinos que prestan su fuerza de trabajo sin recibir ningún salario, pero que, a corto plazo debe ser regresada esta mano de obra al coordinador del grupo o jefe de familia que organizó el equipo de trabajo. Cada individuo es responsable de realizar determinadas actividades, y al término de éstas, tendrá presente que el coordinador del grupo recibirá

el beneficio o ayuda, que debe ser repartida de manera homogénea entre todos los integrantes. La ayuda mutua es indispensable en la agricultura, favorece el manejo del agua para riego y refuerza la cohesión social (Juan-Pérez, 2018).

La organización social comunitaria en el ejido ha sido importante desde 1952, cuando los campesinos, en asociación con el propietario de la hacienda La Merced, establecieron acuerdos para disponer de agua para riego de cultivos. Esta forma de organización coadyuvó a la capacidad de gestión, pues a partir de 1952, los ejidatarios participaron activamente para realizar recorridos por la pendiente sur del volcán Xinantécatl, para identificar otros escurrimientos que pudieran ser utilizados para incrementar el suministro de agua a la región. En esta década se iniciaron los trabajos para la captación y la conducción del agua de afluentes del río Texcaltenco hasta el ejido (GEM, 1958), proceso socio-ambiental vinculado con el inicio del riego comunitario participativo y la agricultura.

A partir de la captación del agua en la pendiente sur del volcán Xinantécatl, ésta es conducida mediante un canal principal que llega a un primer almacenamiento (presa), ubicada al norte del ejido. Los bordos, los reservorios, los almacenamientos o los pequeños estanques (jagüeyes) son técnicas para la utilización de aguas de crecida, también llamadas torrenciales, de avenida o broncas que se presentan durante la estación de lluvias. Las aguas de lluvias se canalizan a depósitos artificiales llamados bordos, jagüeyes, cuadros de agua o reservorios. Es frecuente que el llenado y el vaciado de los almacenamientos se realice al pasar agua de un almacenamiento a otro. Las funciones principales de los almacenamientos es captar agua para dotar de humedad y fertilidad al suelo, la recarga de acuíferos por la infiltración y el control de avenidas (Palerm-Viqueira, 2002).

En el ejido, los almacenamientos de agua son llamados depósitos, bordos, reservorios o presas y son utilizados para almacenar el recurso agua y utilizarlo para el riego de cultivos comerciales, cultivar especies acuáticas, complementar la alimentación familiar, proporcionar agua a los animales domésticos y para fines recreativos. Es una tecnología prehispánica muy común en el centro y sur de México (Rojas-Rabiela, 2009).

El suministro de agua para riego se realiza mediante un sistema de abastecimiento, conducción, distribución y almacenamiento; está conformado por depósitos, canales, compuertas y válvulas que regulan la entrada y la salida del agua. La participación de los campesinos en el mantenimiento de esta infraestructura coadyuva al funcionamiento del sistema y, por consiguiente, al manejo del recurso. Todos los almacenamientos comunitarios disponen de canales, compuertas y válvulas para conducir y distribuir el agua hacia las parcelas u otros depósitos familiares de menores dimensiones.

El uso y el manejo del agua en los procesos agrícolas se realiza por diferencia de altitudes (riego por gravedad) entre los almacenamientos y la ubicación de las parcelas. A partir del primer almacenamiento (ubicado hacia el norte del ejido), el agua es conducida y distribuida de manera natural hacia las parcelas (ubicadas hacia el sur). No se requiere utilizar equipo de bombeo, ya que la pendiente del terreno es descendente (de norte a sur). Después de regar los cultivos, los excedentes escurren por las pendientes de las laderas y, finalmente, son incorporados al caudal de los ríos.

Desde la primera dotación de agua (1952), los campesinos se han organizado para hacer un uso y manejo eficiente del agua, lo cual demuestra su capacidad de gestión. Palerm-Viqueira (2002) dice que los requerimientos técnicos para el manejo del agua implican una cierta organización y acuerdos entre los co-propietarios. Esto es válido en el ejido Santa Ana Xochuca, donde el manejo del agua funciona a través de la participación de todos los ejidatarios, quiénes nombran a un encargado o administrador para suministrar agua a todos los ejidatarios y atender los asuntos del sistema. La designación del encargado o administrador del agua para riego se realiza en una asamblea general donde participan todos los ejidatarios, generalmente se elige al ejidatario o hijo de un ejidatario que sea responsable, honesto, solidario y dinámico. El cargo del administrador o encargado del servicio de suministro de agua es por un periodo de tres años.

Las estrategias y normatividad (autogobierno) para uso y manejo del agua de riego las establecen los integrantes de la asamblea. Las funciones del encargado del agua de riego son las siguientes:

1. Proporcionar agua a todos los ejidatarios que requieren el servicio para riego en sus cultivos. El suministro del servicio es constante durante las 24 horas del día. La duración del suministro y el volumen para cada ejidatario está condicionada por siete factores: *a*) estación del año, *b*) frecuencia de lluvias y deshielo del volcán Xinantécatl, *c*) volumen de conducción desde el área de captación, *d*) superficie de la parcela, *e*) tipo de cultivo, *f*) ubicación de las parcelas respecto al almacenamiento, y *g*) volumen disponible en los almacenamientos. El ejidatario que requiere agua para el riego deberá solicitarla al encargado o administrador con 24 horas de anticipación, quien determinará la hora exacta para proporcionar el suministro. El encargado o administrador solicita la presencia del ejidatario en la compuerta del almacenamiento, para que éste verifique el caudal de salida, observar posibles obstrucciones en el canal, evitar fugas hacia otros canales y conducirla hasta su parcela. El pago por el suministro de agua se realiza al momento de solicitar el servicio.

2. Conducir el agua hacia el almacenamiento de mayor capacidad, manteniendo el volumen máximo para evitar su descarga total, excepto en los meses de abril y mayo que se vacía casi en su totalidad (85%), por consiguiente, el suministro es equitativo para los ejidatarios, pues se trata de un riego comunitario participativo. Durante la época de lluvias, los depósitos comunitarios almacenan agua en su máxima capacidad, por lo tanto, el encargado debe abrir las compuertas para evitar posibles riesgos hidrometeorológicos (desbordamientos o fracturas de las presas). En este caso, el caudal es conducido por los canales principales hacia las laderas y los barrancos del ejido.
3. Cobrar por el servicio de suministro de agua. El número de horas de suministro está en función de los factores mencionados anteriormente. La forma de determinar el volumen de salida es arbitraria y empírica, las paredes de las compuertas tienen señalamientos que indican el equivalente a un volumen y caudal determinado (tanda). El señalamiento o indicador es complementado con observaciones directas en la velocidad del caudal y el nivel del agua en los canales de conducción. Para los ejidatarios, el costo del suministro de agua o tanda es de 30 pesos, mientras para los arrendatarios de parcelas es de 300 pesos, cantidades determinadas en reuniones de asamblea de ejidatarios. La duración del suministro de agua es de cuatro horas.
4. Supervisar y vigilar la infraestructura y el funcionamiento del sistema de captación, abastecimiento, conducción y almacenamiento, esto con el propósito de evitar el inadecuado manejo del recurso. En caso de existir problemas técnicos, el encargado o administrador notifica al comisariado ejidal, quien convoca a todos los ejidatarios para informar, integrar equipos de trabajo, solicitar cooperaciones económicas y solucionar averías. El dinero recabado por pago de servicios de suministro es utilizado para el mantenimiento de la infraestructura del sistema, pero generalmente, no es suficiente, por lo que, en casos de problemas técnicos, todos los ejidatarios deben aportar otras cantidades para mantener en condiciones adecuadas los componentes y el funcionamiento del sistema.
5. Organizar equipos de trabajo para hacer recorridos por la pendiente sur del volcán Xinantécatl, esto con la finalidad de vigilar y mantener la cubierta forestal; asimismo, supervisar el caudal de los arroyos que aportan el recurso hídrico. Los ejidatarios conocen la importancia de mantener la cubierta forestal, pues participan activamente en campañas de reforestación y cuidado de los recursos del bosque. Cuando los ejidatarios no pueden participar en actividades de mantenimiento y reparación del sistema o en las

jornadas de reforestación, entonces, el ejidatario recurre a la contratación de fuerza de trabajo (peones) para cumplir con esta obligación comunitaria.

6. Asistir a las reuniones convocadas por la Unión de Ejidatarios de la Región para tratar asuntos agrícolas, uso y manejo del agua, riesgos hidrometeorológicos, uso clandestino del recurso, pesca en los almacenamientos, mantenimiento del sistema y determinar sanciones a los infractores. Todos los ejidatarios tienen acceso a la pesca y a realizar actividades recreativas en los almacenamientos, pero deben solicitar permiso al Comisariado Ejidal. Cuando una persona practica la pesca sin previa autorización, es acreedor a una amonestación, además, el caso es tratado en reunión de asamblea, en donde se determinará lo procedente, que generalmente, es la restricción temporal de acceso a la pesca.
7. Supervisar el uso y el manejo adecuado del recurso hídrico por parte de los regantes. En caso de desperdicio o abandono del riego, el encargado del servicio tiene la facultad de interrumpir el suministro (cierre de compuerta o válvula) o desviar el agua hacia canales secundarios para conducirla a otros reservorios, evitando de esta manera el uso inadecuado del agua. Al ser un riego comunitario, todos los ejidatarios tienen derecho al servicio de agua para riego, siempre y cuando, realicen en tiempo y forma, los pagos y las aportaciones económicas correspondientes para el funcionamiento y mantenimiento de la infraestructura del sistema. Una de las obligaciones de los regantes es utilizar de manera correcta el agua en el riego; al finalizar, los excedentes deben ser conducidos a depósitos de menores dimensiones o hacia las laderas y los barrancos.

El pago por el servicio de agua para riego y aportaciones económicas para el funcionamiento del sistema no otorga derechos a los ejidatarios para usos inadecuados del recurso hídrico, de la vida acuática y de los canales, por lo que, cuando un regante incurre en anomalías, otros regantes que se percatan de esta situación tienen el derecho y la obligación de denunciarlo. Los regantes tienen sumo cuidado de ser sancionados, ya que la interrupción del suministro de agua afecta sus cultivos.

3. Resultados y discusión

Existen diversas técnicas para el uso y el manejo del agua en los procesos agrícolas, que no son propiamente sistemas de riego, cuando menos no son de la competencia de los especialistas en irrigación, ni suelen estar en

las estadísticas nacionales como *tierras de riego*. Para que una técnica de manejo del agua sea considerada como “sistema de riego” se requiere un reservorio de agua o una fuente perenne de agua y una red de canales o un sistema de distribución tecnificado (Palerm-Viqueira, 2002). En el ejido, el sistema de riego no es tecnificado ni existe solamente un reservorio. El riego de los cultivos se hace mediante el conocimiento del terreno, la diferencia altitudinal, la gravedad, la ubicación geográfica de las parcelas y las estrategias de organización social comunitaria, las cuales permiten gestionar el agua para riego como un bien común, y lo hacen con éxito, tal y como Poteete *et al.* (2012) lo ha registrado en el mundo para algunos sistemas de riego.

En el ejido, el sistema de riego no es tecnificado, pero su funcionamiento ha determinado la continuidad de los procesos agrícolas, principalmente, los asociados con la agricultura de riego, por casi 70 años. Este sistema de riego es sustentable, toda vez que, los ejidatarios planifican e invierten en el acondicionamiento de depósitos comunitarios y familiares para almacenar mayores volúmenes de agua, disponiendo de peces para la alimentación, introducen nuevos cultivos comerciales y mejoran las condiciones ambientales. La capacidad de gestión para el manejo del agua de riego está sustentada en el conocimiento geográfico de las familias, la ayuda mutua y la organización social con un tipo de economía agrícola caracterizada por la diversidad de cultivos. Como enfatiza Toledo (1991), los campesinos aplican estrategias complejas en las que combinan componentes ecológicos y geográficos.

Los ejidatarios tienen capacidad de gestión, además, han planificado e invertido recursos monetarios para acondicionar canales que conducen el agua desde los almacenamientos hasta las parcelas. Después de ser utilizado el caudal para riego de los cultivos, los excedentes escurren por canales menores (terciarios) y son distribuidos para el riego de cultivos establecidos en parcelas de menor altitud, de no ser utilizados, éstos son almacenados en reservorios menores. En este proceso de manejo del agua, los recursos naturales asociados con la conducción y distribución son rocas, suelo húmedo y vegetales herbáceos, o sea, existen interacciones entre los componentes físicos y biológicos del ambiente con la sociedad (Bocco-Verdinelli y Urquijo-Torres, 2013) y su acervo cultural (Steward, 1959). La interacción de las condiciones ambientales con la organización social y la capacidad de gestión para el manejo del agua coadyuvan a la formación de diversos sistemas agrícolas con cualidades peculiares para cada cultivo. El 67% de los ejidatarios divide sus parcelas para cultivos de riego y cultivos de temporal, por lo tanto, los cultivos de riego se establecen en cualquier época del año.

En el ejido, el éxito de la agricultura de riego depende de la capacidad de gestión de los ejidatarios para el manejo del agua, de los cultivos de temporal y de los grupos de ayuda mutua. De no existir capacidad de gestión y una organización social eficiente, se generarían problemas en el manejo del recurso. Díaz-Santos (2018) menciona que la gestión comunitaria del agua, como campo de fuerza, implica un conjunto de sistemas de objetos y acciones en el que se desarrollan capitales que configuran relaciones de poder frente a la pugna por algo inherente a la gestión.

Desde la perspectiva de la ecología cultural (Steward, 1959) y la geografía ambiental (Bocco- Verdinelli, y Urquijo-Torres, 2013) fueron identificadas tres relaciones importantes para el manejo del agua:

1. *Relación entre los ejidatarios y varios componentes de su ambiente inorgánico.* El conocimiento de la diversidad topográfica, la altitud y la gravedad han permitido el uso y el manejo del agua. El riego de los cultivos se hace por diferencia del gradiente altitudinal y la gravedad.
2. *Relación entre los ejidatarios y los componentes biológicos.* Los animales domésticos complementan la dieta alimentaria y son utilizados en los procesos agrícolas. El follaje de algunas plantas es utilizado para el control del caudal durante el riego de los cultivos.
3. *Relación entre los ejidatarios de la región.* Los campesinos establecen interacciones que favorecen la cohesión social. Las interacciones se expresan en la ayuda mutua y favorecen el manejo del agua.

3.1. Análisis de manejo del agua: 2006 y 2016

- a) En 2006, solamente existían 13 almacenamientos con un volumen total de 112,515.52 m³ (tabla 1). Para 2016, el número de depósitos fue de 35, es decir, 22 depósitos más en comparación con el 2006 (tabla 2), esto significa un incremento de 169 por ciento. El volumen de almacenamiento es de 126,317.79 m³ (13,802.27 m³ más en comparación con el 2006), lo cual representa 10.9%. Aunque para el 2016, el incremento del número de almacenamientos fue de 169%, el incremento en el volumen (10.9%) fue mínimo, esto se debe a que 15 de los nuevos almacenamientos tienen capacidad menor a 300 m³ y ocupan menor superficie. El agua que se almacena en los nuevos depósitos proviene de excedentes del riego de los cultivos y de la precipitación pluvial.

Tabla 1
Uso y manejo del agua para riego. Ejido Santa Ana Xochuca,
Estado de México. 2006

| <i>No. de depósito</i> | <i>Superficie (m²)</i> | <i>Perímetro (m)</i> | <i>Profundidad (m)</i> | <i>Volumen (m³)</i> |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|
| 1 | 3090 | 226 | 3.6 | 4903.30 |
| 2 | 3704 | 250 | 3.8 | 6333.33 |
| 3 | 8658 | 359 | 4.6 | 15,809.40 |
| 4 | 10,117 | 434 | 3.2 | 16,073.05 |
| 5 | 3837 | 251 | 2.3 | 3864.06 |
| 6 | 1494 | 156 | 1.8 | 1168.13 |
| 7 | 3169 | 229 | 2.6 | 3635.91 |
| 8 | 3651 | 228 | 2.2 | 3049.73 |
| 9 | 19,818 | 556 | 5.7 | 46,988.67 |
| 10 | 2813 | 200 | 2.2 | 2346.67 |
| 11 | 139 | 49 | 1.2 | 76.83 |
| 12 | 871 | 133 | 2.1 | 990.58 |
| 13 | 5196 | 292 | 3.2 | 7275.86 |
| Total | 66,557.00 | ---- | ---- | 112,515.52 |

Fuente: Los datos de esta investigación se obtuvieron directamente en campo.

Tabla 2
Uso y manejo del agua para riego. Ejido Santa Ana Xochuca,
Estado de México. 2016

| <i>No. de depósito</i> | <i>Superficie (m²)</i> | <i>Perímetro (m)</i> | <i>Profundidad (m)</i> | <i>Volumen (m³)</i> |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|
| 1 | 3090 | 226 | 3.60 | 4903.30 |
| 2 | 3704 | 250 | 3.80 | 6333.33 |
| 3 | 8658 | 359 | 4.60 | 15,809.40 |
| 4 | 10,117 | 434 | 3.20 | 16,073.05 |
| 5 | 3837 | 251 | 2.30 | 3864.06 |
| 6 | 1494 | 156 | 1.80 | 1168.13 |
| 7 | 3169 | 229 | 2.60 | 3635.91 |
| 8 | 3651 | 228 | 2.20 | 3049.73 |
| 9 | 19,818 | 556 | 5.70 | 46,988.67 |
| 10 | 2813 | 200 | 2.20 | 2346.67 |
| 11 | 139 | 49 | 1.20 | 76.83 |

Tabla 2 (continuación)

| <i>No. de depósito</i> | <i>Superficie (m²)</i> | <i>Perímetro (m)</i> | <i>Profundidad (m)</i> | <i>Volumen (m³)</i> |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|
| 12 | 871 | 133 | 2.10 | 990.58 |
| 13 | 5196 | 292 | 3.20 | 7275.86 |
| 14 | 1316 | 142 | 1.20 | 645.25 |
| 15 | 214 | 65 | 1.00 | 112.67 |
| 16 | 330 | 74 | 1.30 | 189.83 |
| 17 | 2178 | 182 | 1.90 | 1678.28 |
| 18 | 416 | 85 | 1.20 | 231.20 |
| 19 | 276 | 68 | 1.10 | 135.64 |
| 20 | 216 | 60 | 1.40 | 134.40 |
| 21 | 2331 | 188 | 2.50 | 2356.27 |
| 22 | 298 | 77 | 1.50 | 237.16 |
| 23 | 81 | 37 | 0.80 | 29.21 |
| 24 | 114 | 44 | 1.30 | 67.11 |
| 25 | 264 | 77 | 1.70 | 268.78 |
| 26 | 132 | 47 | 1.10 | 64.80 |
| 27 | 239 | 64 | 1.00 | 109.23 |
| 28 | 1395 | 150 | 1.90 | 1140.00 |
| 29 | 277 | 78 | 1.00 | 162.24 |
| 30 | 1004 | 140 | 1.80 | 940.80 |
| 31 | 388 | 85 | 1.60 | 308.27 |
| 32 | 92 | 41 | 1.10 | 49.31 |
| 33 | 2788 | 286 | 2.10 | 4580.58 |
| 34 | 289 | 66 | 1.20 | 139.39 |
| 35 | 246 | 80 | 1.30 | 221.87 |
| Total | 81,441.00 | ----- | ----- | 126,317.79 |

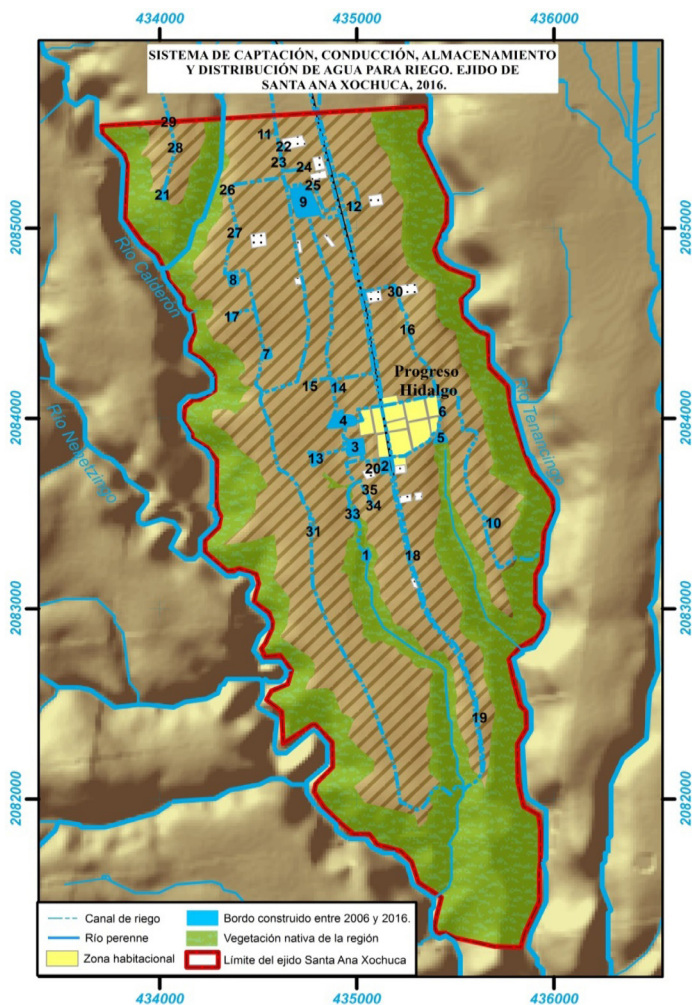
Fuente: Los datos de esta investigación se obtuvieron directamente en campo.

b) Antes del 2006, 89% de los ejidatarios consideraba que el suministro de agua para riego de cultivos era suficiente, pero a partir del 2008, la época de lluvias es irregular, o sea, puede iniciar en la primera quincena de mayo o presentarse hasta principios de junio, por lo que, los ejidatarios han acondicionado almacenamientos en sus propias parcelas o en las tierras de uso común (depresiones existentes entre los lomeríos).

- c) Para complementar la alimentación, se utilizan 74% de los almacenamientos que contienen peces (*Oreochromis niloticus*) y anfibios (*Lithobates catesbeianus*). Los almacenamientos proveen agua a los animales domésticos, embellecen el paisaje y son ambientes agradables para la recreación. Los almacenamientos son importantes para las familias, además, de disponer de un depósito, asegura la provisión de alimento todo el año, esto lo considera 95% de los encuestados. Los almacenamientos también son hábitats importantes para patos (*Anas penelope*) y garzas (*Ardeidae sp.*). En el ejido, los almacenamientos de agua son multifuncionales.
- d) En 2016, el área que ocupan los almacenamientos es de 81,441 m², lo cual representa 1.46% de la superficie total ejidal. El área de los 35 almacenamientos es diferente, el menor tiene 29.21 m² y el mayor, 19,818 m². La diferencia de área de los almacenamientos está asociada con las superficies de las parcelas y con la distancia entre éstas y las tierras de uso común (tabla 2 y mapa 1). Es mejor disponer de un depósito de menor área, pero de mayor profundidad, así lo considera 78% de los ejidatarios, ya que un depósito con área grande afectaría la superficie agrícola cultivable.
- e) El costo para la excavación de un depósito es variable en función del área y la profundidad. El costo promedio (incluye mano de obra y combustibles para la maquinaria) para un área de 200 m² y de 2.5 m de profundidad es de 3,500.00 pesos. Los ejidatarios siempre eligen un espacio estratégico para la excavación, comparten los costos, acondicionan y mantienen el almacenamiento y, por consiguiente, también comparten el volumen de agua almacenada.
- f) Las dependencias municipales en coordinación con los integrantes de la Comisaria Ejidal establecen convenios para la excavación y el acondicionamiento de reservorios en las Tierras de Uso Común, esto con el propósito de disponer de almacenamientos de mayor capacidad. En estos acuerdos, los ejidatarios no realizan ningún pago, pero aportan los costos del combustible para la maquinaria y los alimentos a los operadores. La concertación social entre ejidatarios y las dependencias gubernamentales también demuestran la capacidad de gestión para el manejo del agua.
- g) Cada uno de los almacenamientos tienen profundidad diferente, el promedio es de 2.0 m. El menos profundo tiene 0.8 m, mientras el de mayor profundidad alcanza 5.7 m. La profundidad no es proporcional al área que éstos ocupan, ya que no todos los almacenamientos de mayor superficie tienen mayor profundidad, con excepción del almacenamiento mayor, cuya área es de 19,818 m² y su profundidad de 5.7 m. Los almacenamientos más profundos

Mapa 1

Almacenamientos de agua para riego y canales. Ejido Santa Ana Xochuca, Estado de México. 2016

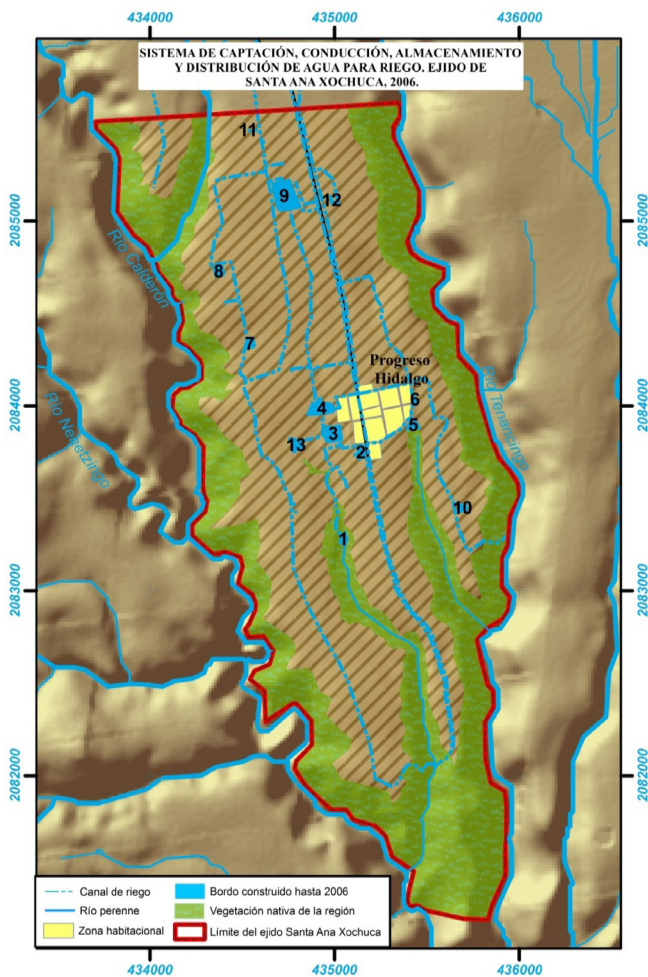


Fuente: elaboración propia a partir de imagen Spot 5 y trabajo de campo 2016.

representan riesgos y peligros para los habitantes, así lo considera 37% de los ejidatarios.

- b) El almacenamiento con mayor perímetro tiene 556 m, y el menor 37 m. Esta cualidad está vinculada con su forma perimetral, la mayoría no tiene figura geométrica definida (mapas 1 y 2). El 83% de los ejidatarios refirió que al momento de gestionar el servicio de maquinaria para excavación, lo más importante es disponer de un

Mapa 2 Almacenamientos de agua para riego y canales. Ejido Santa Ana Xochuca, Estado de México. 2006



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Spot 4 y trabajo de campo 2006.

almacenamiento, sin importar el diseño de una forma geométrica específica, pues en algunas ocasiones la configuración topográfica del terreno, su proximidad con las vías de comunicación y la presencia de árboles no favorecen un diseño específico. Solamente cinco almacenamientos (14.2%) se caracterizan por ser ligeramente cuadrangulares.

- i) Con relación a la capacidad (volumen) de almacenamiento, ésta es variable y depende de cuatro factores: 1. El volumen de precipitación pluvial en el volcán Xinantécatl, 2. El volumen de precipitación pluvial en la región, 3. Los escurrimientos excedentes del riego, y 4. El número de usuarios/día. El almacenamiento de mayor capacidad es de 46,988.67 m³; mientras el menor, 29.21 m³. Cuando los almacenamientos disminuyen su nivel, entonces deben recurrir al bombeo, a los accesorios y al combustible para extraer el agua, destacan 74% de los ejidatarios (tabla 1).
- j) En virtud de que después del 2008, el régimen pluviométrico es irregular (Camacho *et al.*, 2017b), en reunión de asamblea se determinó hacer excavaciones para almacenar agua en áreas clasificadas como Tierras de Uso Común (depressiones del terreno), estrategia importante para disponer de agua para riego en la época de estiaje, mitigar riesgos hidrometeorológicos y agrícolas, asimismo, coadyuvar en la seguridad alimentaria.
- k) Entre 2006 y 2016 el número de canales de conducción ha permanecido constante, mientras el número de canales de distribución y canales terciarios (zanjas) registraron incrementó de 25.92% y 68.42%, respectivamente, (tabla 3). La función de los canales terciarios es conducir los escurrimientos excedentes desde las parcelas hacia los almacenamientos ubicados en menor altitud o directamente a las áreas ocupadas con vegetación nativa.

Tabla 3
Componentes socio-ambientales de cambio de uso del suelo e
infraestructura hidráulica. Ejido Santa Ana Xochuca, Estado de
México: 2006 y 2016

| <i>Componente</i> | <i>Unidad de medida</i> | <i>Año 2006</i> | <i>Año 2016</i> | <i>Pérdida</i> | <i>Ganancia</i> | <i>%</i> |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------|
| Superficie del Ejido | ha | 557 | 557 | 0 | 0 | 0 |
| Parcelas | Número | 55 | 55 | 0 | 0 | 0 |
| Canales de conducción | Número | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Canales de distribución | Número | 108 | 136 | 0 | 28 | 25.92 |
| Canales terciarios | Número | 57 | 96 | 0 | 39 | 68.42 |
| Longitud de canales de conducción | m | 11,168 | 12,179 | 0 | 1011 | 9.05 |

Tabla 3 (continuación)

| <i>Componente</i> | <i>Unidad de medida</i> | <i>Año 2006</i> | <i>Año 2016</i> | <i>Pérdida</i> | <i>Ganancia</i> | <i>%</i> |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------|
| Revestimiento de canales | m | 0 | 4850 | 0 | 0 | 0 |
| Vías de comunicación (carreteras) | Número | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Tierras de uso común | Número | 14 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| Selva baja caducifolia | ha | 234.20 | 227.45 | 6.75 | 0 | 2.88 |
| Agricultura tradicional | ha | 321.64 | 320.39 | 1.24 | 0 | 0.38 |
| Agricultura comercial tecnificada | ha | 0 | 5.08 | 0 | 0 | 0.00 |
| Almacenamientos | Número | 13 | 35 | 0 | 22 | 169.00 |
| Superficie de los almacenamientos | ha | 6.62 | 8.14 | 0 | 1.52 | 22.96 |
| Volumen de almacenamiento | M ³ | 112,515.52 | 126,317.79 | 0 | 13,802.26 | 12.26 |
| Asentamiento humano | ha | 8.53 | 10.28 | 0 | 1.74 | 20.43 |

Fuente: Los datos de esta investigación se obtuvieron directamente en campo, mapas 1 y 2.

l) Las condiciones en las que se encuentran actualmente (2016) los canales de conducción sí son diferentes a las condiciones que prevalecían en 2006. En 2014 y 2015, la asamblea de ejidatarios determinó que los canales de conducción deberían ser revestidos con concreto para incrementar la velocidad del caudal y evitar desperdicio. Se han revestido 4850 metros de canales (tabla 3). Setenta y dos por ciento de los ejidatarios considera que el revestimiento es importante para hacer un manejo más eficiente del agua y requiere mínimas labores de mantenimiento, 28% opina que no es necesario revestir los canales, ya que el agua entra rápido a las parcelas y provoca erosión. Otras consecuencias del revestimiento de canales son: disminución en la recarga de acuíferos, afectación a los componentes del paisaje, compactación del suelo y representan un obstáculo para el desplazamiento de animales silvestres menores. El revestimiento de canales es un acuerdo de todos los ejidatarios.

- m) Como se observa en el mapa 1, un canal principal proveniente de un primer reservorio ubicado en el ejido de la Finca (colindancia norte del ejido Santa Ana Xochuca), conduce agua hacia el almacenamiento de mayor capacidad (número 9), pero antes de ingresar el caudal en el almacenamiento referido, una parte es utilizada para el riego de parcelas adyacentes. A partir de este reservorio (presa), derivan tres canales de conducción con dirección hacia el sur, su función es abastecer a otros almacenamientos familiares de menor capacidad y ubicados en puntos estratégicos de las parcelas y Tierras de Uso Común.
- n) De los tres canales principales de conducción derivan los canales de distribución, éstos suministran agua a las parcelas o abastecen a otros reservorios (mapa 1). El canal de conducción de mayor longitud está ubicado de manera paralela a un camino de terracería localizado en el lomerío izquierdo y tiene una longitud de 4743.20 metros. El segundo canal de conducción se ubica a un lado del camino principal de acceso y pasa por el centro de la comunidad, mide 4421.90 metros, uniéndose al primero en la colindancia sur, y juntos vierten los escurrimientos al río Calderón. El canal menor mide 3014.22 metros, está ubicado en el lomerío derecho y afluye sus escurrimientos al río Tenancingo. Entre el 2006 y el 2016, el incremento de la longitud de los canales de conducción fue mínimo, situación asociada con la ubicación espacial y el número de reservorios (mapa 1 y tabla 3).
- o) Al existir mayor disponibilidad de agua para el riego comunitario participativo, entonces, existe la posibilidad de intensificar y diversificar el uso del suelo, así como el establecimiento, combinación o rotación de cultivos, unos para abastecer a los mercados y otros para la subsistencia familiar, así lo considera 63% de los ejidatarios. Vargas (2010) refiere que al cambiar el patrón de cultivos se transforma el patrón de uso de agua y, por consiguiente, inician procesos socioambientales de cambio de uso del suelo (Juan-Pérez, 2017), e impacto a componentes del ambiente (Bocco-Verdinelli y Urquijo-Torres, 2013), esto es notorio en el ejido, ya que entre el periodo de 2006 a 2016, la superficie ocupada con selva baja caducifolia y agricultura tradicional registró pérdidas importantes (tabla 3).
- p) De 2006 a 2016, los procesos socio-ambientales de cambio de uso del suelo son significativos, están vinculados con la apertura, el número y la superficie de los reservorios; y por supuesto, con el establecimiento de infraestructura de invernaderos para la producción de flores, fresa y jitomate (Camacho *et al.*, 2017b). Como se muestra

en el mapa 2, antes del 2006, no había invernaderos. Actualmente (2016) existen 19 invernaderos, los cuales suman 50,840 m² (1.0%) de la superficie ejidal (mapa 1). La infraestructura para la producción agrícola en invernaderos tiene costos muy elevados, pero al transcurrir el tiempo, las ganancias obtenidas compensan su costo, así lo considera 64% de los ejidatarios, mientras que 21% opina que los productos agrícolas producidos en invernaderos carecen de calidad, 5% menciona que la producción en invernaderos requiere mínima fuerza de trabajo, que el consumo de agua es mínimo y el riesgo de plagas es menor.

Palacios-Vélez y Escobar-Villagrán (2016) enfatizan que la agricultura en general y la agricultura de riego, en particular, son actividades que han cambiado de modo significativo el paisaje de nuestro planeta, lo cual altera los ecosistemas, además, provoca impactos sobre el ambiente. En el área de estudio, los invernaderos provocan impactos al paisaje, y tal como lo establecen Bocco-Verdinelli y Urquijo-Torres (2013), la interacción de las actividades humanas afecta al medio. Actualmente (2016), en el ejido, 5.08 hectáreas son ocupadas con cultivos en invernaderos (tabla 3), proceso que provoca impactos ambientales y transformación del paisaje (figura 2), situación que comprueba lo establecido por Palacios-Vélez y Escobar-Villagrán (2016).

El ejido Santa Ana Xochuca es importante por las estrategias generadas por las familias para el manejo de su economía, articulado al de los sistemas

Figura 2
Impacto ambiental provocado por infraestructura de invernaderos



Fuente: trabajo de campo, 2016.

naturales y la capacidad de gestión para el manejo del agua. A través del tiempo, los campesinos regantes han utilizado diferentes conocimientos para manejar el agua y su infraestructura. El manejo del agua a pequeña escala conduce al origen de sistemas agrohidráulicos adaptados a condiciones ambientales y socioeconómicas locales. El conocimiento que poseen los campesinos les ha permitido aplicar estrategias para la conservación y el manejo del agua (Escobedo-Castillo y Ocampo-Fletes, 2006). Situación semejante a las estrategias que utilizan los campesinos del ejido para el manejo de todos los recursos naturales disponibles en su territorio, principalmente, los vinculados con los procesos agrícolas.

El conocimiento del ambiente se manifiesta en las estrategias utilizadas para el manejo del agua, la diferencia altitudinal, la gravedad, las rocas, el suelo, la humedad y la vegetación. Este conocimiento coadyuva al manejo de diversos cultivos y la combinación de agricultura de riego con agricultura de temporal. Calvache-Ulloa (2009) refiere que, al utilizar el desnivel del terreno como fuente de energía para la conducción y la distribución del agua se logra la máxima eficiencia en la distribución hídrica y se optimiza el uso del agua en la producción agrícola. El desnivel del terreno en algunas áreas del ecotono es un factor limitante para la agricultura, pues vinculado con las técnicas de labranza, cubierta vegetal dispersa y lluvias torrenciales, provoca erosión, alteración que no ocurre en el ejido.

La existencia de los sistemas de riego implica su operación, conservación y administración, exige mantener en óptimas condiciones de operación los canales, drenes, caminos, estructuras y obras complementarias, sólo así es posible proveer agua a los usuarios en la cantidad y oportunidad debidas (Aceves-Navarro, 1998). En el ejido Santa Ana Xochuca, la operación, la conservación y la administración del sistema de riego funciona de manera permanente desde 1952, suministra agua a todos los regantes, siempre y cuando los canales estén en buenas condiciones y exista disponibilidad en los reservorios.

Montes de Oca *et al.* (2012) y Montes de Oca y Palerm-Viqueira (2013) demuestran que el servicio de agua para riego en las comunidades que conforman el Sistema de Riego Tepetitlán, Estado de México, no es equitativo. Existe un plan de riegos, el cual indica que el riego debe iniciar aguas arriba y termina aguas abajo. Los usuarios de aguas abajo deben esperar a que los usuarios de aguas arriba terminen de regar o cierren las compuertas para iniciar el riego en sus parcelas. La inequidad en la distribución del agua se asocia con la ubicación geográfica de las comunidades de regantes, es decir, si se encuentran aguas arriba o aguas abajo de canales principales o secundarios. En el Sistema de Riego Tepetitlán, la inequidad se demuestra en el suministro de agua; ya que primero riegan

las parcelas ubicadas aguas arriba, situación que no ocurre en el ejido Santa Ana Xochuca.

Por otra parte, Vargas-Velázquez (2010) realizó un estudio sobre aspectos socioeconómicos de la agricultura de riego en la cuenca Lerma-Chapala. En las comunidades regantes de la cuenca, el autor enfatiza que existe una problemática diferenciada entre cada sistema de riego, se muestra un patrón complejo de relaciones entre el tamaño de las unidades de producción, las características de los responsables de la producción, las formas de acceso al agua y su ubicación en la cuenca, situación semejante a lo que ocurre en el Sistema de Riego Tepetitlán, ubicado en la misma cuenca. Entre los agricultores existen valores medio-ambientales positivos, que se expresan en la disposición de apoyar en acciones de mejoramiento, siempre y cuando se realicen en condiciones de equidad y compensación, y con base en una negociación equitativa.

En el ejido, el agua es el recurso determinante en la economía, su manejo está vinculado con el conocimiento del ambiente, los procesos agrícolas, la organización social comunitaria y la capacidad de gestión. El manejo del agua debe entenderse dentro de un ciclo anual que combina dos tipos de agricultura. Esto es acorde con lo que enfatiza Aceves-Navarro (1998), quien señala que en concordancia con los sistemas de riego, existen variados sistemas de producción agrícola, que el sistema de producción más común en las áreas de riego incluye la categoría de cultivo único con el arreglo o la disposición espacial que cada caso requiere, es decir, en la parcela se hace un solo cultivo y no se comparte con otros, situación diferente a lo que permite el sistema de riego en el ejido, en donde los campesinos intercalan y combinan diferentes cultivos. En el ejido, las interacciones entre el ambiente y la sociedad (Bocco-Verdinelli y Urquijo-Torres, 2013) son determinantes para el riego comunitario y la agricultura.

Aceves-Navarro (1998) menciona que los logros en la agricultura de temporal son resultado de la investigación básica y aplicada, la asistencia técnica y apoyos especializados. El productor tradicional ha adaptado sus prácticas tradicionales a las nuevas tecnologías en los sistemas de riego y de temporal. Steward (1959) dice que la ecología cultural tiene como elemento de análisis a la adaptación sociocultural, considerando dos niveles: la forma en la que los sistemas culturales se adaptan a su ambiente y la forma en la cual las instituciones de una cultura se adaptan o se ajustan a las de otra. En el ejido, los campesinos interactúan y establecen relaciones con su medio y con otros campesinos de la región. La adaptación sociocultural es un proceso permanente de la sociedad, posee elementos que interactúan entre sí: *recursos, energía, organización y trabajo*. Tal como lo señalan Hernández-Rodríguez y Moreno-Vázquez (2018), al analizar la unidad de riego, Los Ángeles en el ejido San Miguel Horcasitas, Sonora, en un

agroecosistema ocurren múltiples relaciones, tanto de entrada como de salida, siendo el eje transversal de su estructura y funcionamiento, la acción humana.

Las estrategias utilizadas para el manejo del agua en sistemas de riego no convencionales favorecen el aprovechamiento de la biodiversidad, la producción agrícola, la soberanía y la seguridad alimentarias, el funcionamiento de los agroecosistemas, la recarga de acuíferos, el manejo de riesgos hidrometeorológicos y la conservación del suelo. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2002), considera que la gestión mejorada del agua de uso agrícola es un motor de crecimiento para el desarrollo rural.

En concordancia con lo que señala la FAO, algunos investigadores (Escobedo-Castillo y Ocampo-Fletes, 2006; Montes de Oca *et al.*, 2012; Montes de Oca y Palerm-Viqueira, 2013; Juan-Pérez, 2018) consideran que la agricultura campesina es una actividad importante, los alimentos producidos constituyen una fuente básica para las comunidades rurales. El agua de riego en la agricultura campesina, además de aumentar los rendimientos de los cultivos, contribuye a conservar los recursos naturales, establece relaciones sociales comunitarias, genera nuevos conocimientos y mantiene la relación campesino-agua para hacer agricultura (Escobedo-Castillo y Ocampo-Fletes, 2006). En el ejido, el manejo del agua y la agricultura fomentan la cohesión social comunitaria.

Los campesinos regantes han manejado el espacio hidráulico con racionalidad y han logrado adecuar sus prácticas al nuevo contexto, con ello han mostrado su fortaleza autogestiva y su capacidad social de resiliencia para enfrentar los cambios provocados desde el exterior o dentro del sistema (Escobedo-Castillo y Ocampo-Fletes, 2006). Respecto a sistemas agrícolas de pequeño riego, el campesino ha generado conocimientos para manejar el agua, la infraestructura y los cultivos (Escobedo-Castillo y Ocampo-Fletes, 2006), situación similar al sistema de riego del ejido.

Vargas-Velázquez (2010) determina que en varias comunidades de la cuenca Lerma-Chapala predomina el régimen de propiedad ejidal, pero el suministro de agua no lo determinan los ejidatarios, ya que muchas veces, éstos no conocen el origen del recurso ni las condiciones en las que se encuentra, situación que no coincide con el uso y el manejo del agua en el ejido, donde los ejidatarios conocen el funcionamiento del sistema de riego. En este ejido el agua es un recurso fundamental para transitar hacia el desarrollo local sustentable y un activo ambiental para conservar la agrobiodiversidad.

El ejido Santa Ana Xochuca no tiene fuentes naturales de agua; sin embargo, la capacidad de gestión de sus habitantes, la organización social comunitaria, el conocimiento del ambiente, así como la planeación y la

inversión para conformar un sistema de riego, les ha permitido disponer de agua para producir alimentos destinados al sustento familiar y los mercados nacionales.

Conclusiones

En esta investigación, la ecología cultural y la geografía ambiental coadyuvaron al análisis espacio-temporal de las interacciones que condicionan los procesos socioambientales, el cambio de uso del suelo y el manejo del agua en la agricultura, sin desconsiderar la relación dinámica e indisoluble del ambiente y la sociedad. La interacción entre los componentes ambientales y socioculturales constituyen una unidad de análisis para realizar estudios en comunidades rurales donde el eje rector de su economía está determinado por el manejo del agua para riego.

En el ejido Santa Ana Xochuca, el funcionamiento y el mantenimiento del riego comunitario participativo requieren de la organización social y la capacidad de gestión, las estrategias que favorecen la producción agrícola para los mercados nacionales y proveer alimento a las familias campesinas, siendo estas estrategias un referente para otras comunidades de la zona de transición ecológica.

Las familias del ejido enfrentan tres retos: el primero está vinculado con la contaminación del agua por el uso excesivo de agroquímicos, los cuales son utilizados para producir alimentos. La producción ecológica y otras variantes, es una opción, pero los ejidatarios aún no están convencidos ni preparados para el manejo de estas modalidades agrícolas. El segundo reto es el ingreso de empresarios procedentes de otras regiones del país, cuyo interés es la adquisición de parcelas para establecer cultivos en invernadero, situación que influye en la conversión agrícola y la sustitución de ejidatarios (propietarios) por fuerza de trabajo asalariada (jornaleros). Diversificar el uso potencial de los reservorios, el manejo de otros recursos naturales y el paisaje es el tercer reto, siendo la pesca deportiva y el turismo alternativo algunas actividades que pueden coadyuvar al desarrollo local sustentable del ejido, esto es viable, ya que las familias poseen cinco fortalezas importantes: conocimiento del ambiente, capacidad de gestión, organización social comunitaria, ayuda mutua y amplia agrobiodiversidad.

Fuentes consultadas

- Aceves-Navarro, Everardo (1998), "Uso y Manejo del agua en la agricultura mexicana", *Comercio Exterior*, 38 (7), Ciudad de México, México, Banco Nacional de Comercio Exterior, pp. 570-577.
- Bocco-Verdinelli, Gerardo y Urquijo-Torres, Pedro (2010), "La geografía ambiental como ciencia social", en Alicia Lindón Villoria y Daniel Hiernaux Nicolás (eds.), *Los giros de la geografía humana: Desafíos y horizontes*, Ciudad de México, México, ANTHROPOS-UAM, pp. 259-270.
- Bocco-Verdinelli, Gerardo y Urquijo-Torres, Pedro (2013), "Geografía ambiental: reflexiones teóricas y práctica institucional", *Región y Sociedad*, XXV (56), Hermosillo, México, El Colegio de Sonora, pp. 75-101.
- Calvache-Ulloa, Ángel Marcelo (2009), "Manejo del agua de riego en zonas de ladera", *EIDOS*, núm. 2, Quito, Ecuador, Universidad Tecnológica Equinoccial, pp. 32-39, doi: 10.29019/Eidos.v0i252.
- Camacho-Sanabria, Raúl; Camacho-Sanabria, José Manuel; Balderas-Plata; Miguel Ángel; Morales-Méndez, Carlos Constantino y Sánchez-López, Marcela (2017a), "Variabilidad de la temperatura ambiente en una zona de transición ecológica: procesos que determinan su comportamiento", *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 9 (9), Luján, Argentina, Universidad Nacional de Luján, pp.104-123.
- Camacho-Sanabria, Raúl, Camacho-Sanabria, José Manuel; Balderas-Plata, Miguel Ángel y Sánchez-López, Marcela (2017b), "Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México", *Madera y bosques*, 23 (3), Jalapa, México, Instituto Nacional de Ecología, pp. 39-60, doi: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331516>
- Díaz-Santos, María Guadalupe (2018), *Relaciones de poder en la gestión comunitaria del agua. El territorio y lo social como fuerzas*, Campina Grande, Brasil, EDUEPB-WATERLAT GOBACIT.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (1943), "Código Agrario de los Estados Unidos Mexicanos", DOF, 27 de abril de 1943, Ciudad

de México, México, Presidencia de la República, Departamento Agrario.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1936), “Resolución en el expediente de dotación de ejidos al poblado Santa Ana Xochuca”, DOF, 5 de octubre de 1936, Toluca, México, Secretaría de Gobernación.

Escobedo-Castillo, Juan Francisco y Ocampo-Fletes, Ignacio (2006), “Conocimiento tradicional y estrategias campesinas para el manejo y conservación del agua de riego”, *Ra Ximhai*, 2 (002), El Fuerte, México, Universidad Autónoma Indígena de México, pp. 343-371.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2009), “La FAO en México. Más de 60 años de cooperación 1945-2009, Representación de la FAO en México”, Ciudad de México, México AGROANÁLISIS A. C., Fuente 8 Vuelta.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2002), “El agua y la agricultura”, Cumbre Mundial sobre la Alimentación, Roma, Italia, <<http://www.fao.org/WorldFood-Summit/sideevents/papers/Y6899S.htm>>, 4 de agosto de 2018.

García, Enriqueta (1986), *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen*, Instituto de Geografía, Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México.

GEM (Gobierno del Estado de México) (1958), *Catálogo. Los ejidos del Estado de México*, Toluca, México, Gobierno del Estado de México.

González-Jácome, Alba (1997), “La influencia de la antropología estadounidense en México: el caso de la ecología cultural”, en Mechthild Rutsch y Carlos Serrano (eds.), *Ciencia en los márgenes*, Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 167-188.

Hernández-Rodríguez, María de los Ángeles y Moreno-Vázquez, José Luis (2018), “Manejo de agua en un agroecosistema: entre la autogestión local y la imposición gubernamental”, *Economía, Sociedad y Territorio*, XVIII (56), Zinacantepec, México, El Colegio Mexi-

quense A. C., pp. 165-193, doi: <http://dx.doi.org/10.22136/est20181105>.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2001), *Cartas topográficas*, Claves: E14A58 y E14A59, escala 1: 50 000, Ciudad de México, México, Inegi.

Juan-Pérez, José Isabel (2018), *Manejo del ambiente, recursos naturales y procesos agrícolas. Estrategias para el desarrollo local sustentable en una comunidad del subtrópico mexicano*, Toluca, México, Universidad Autónoma del Estado de México.

Juan-Pérez, José Isabel (2017), “Cambio del uso del suelo en la Sierra Madre del Sur entre los años 2000 y 2017. El caso de la comunidad de Progreso Hidalgo, municipio de Villa Guerrero, Estado de México”, *Geografía Agrícola*, 59 (102), Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo, pp. 101-126, doi: dx.doi.org/10.5154/r.rga.2017.59.002.

Kropotkin, Piotr (2016), *El apoyo mutuo*, California, Estados Unidos de América, Create Space Independent Publishing Platform.

Montes de Oca-Hernández, Acela y Palerm-Viqueira, Jacinta (2013), “Los reservorios secundarios (jagüeyes) en el sistema de riego Tepetitlán: el control local”, en Jacinta Palerm Viqueira y Tomás Martínez Saldaña (eds.), *Antología sobre Riego. Instituciones para la gestión del agua: vernáculos, legales e informales*, Texcoco, México, Biblioteca Básica de Agricultura, pp. 215-233.

Montes de Oca-Hernández, Acela, Palerm-Viqueira, Jacinta y Chávez-Mejía, María Cristina (2012), “El Sistema de Riego Tepetitlán, México: mejoras en la distribución del agua a partir de la transferencia”, *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3 (1), Jiutepec, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp. 77-101.

Palacios-Vélez, Óscar Luis y Escobar-Villagrán, Bernardo Samuel (2016), “La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos”, *Tecnología y ciencias del Agua*, 3 (2), Jiutepec, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp. 5-16.

Palerm-Viqueira, Jacinta (2002), *Antología sobre Pequeño Riego, Sistemas de Riego no Convencionales*, vol. III, Texcoco, México, Colegio de Postgraduados.

- Poteete-Amy, Janssen, Marco y Ostrom, Elinor (2012), *Trabajar juntos. Acción colectiva, bienes comunes y múltiples métodos en la práctica*, Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rojas-Rabiela, Teresa (2009), “Las obras hidráulicas en la época prehispánica y colonial”, *Semblanza histórica del agua en México*, Ciudad de México, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), pp. 9-26.
- SSP (Secretaría de Programación y Presupuesto) (1981), *Síntesis Geográfica del Estado de México*, Toluca, México, Secretaría de Programación y Presupuesto.
- Steward, Julian (1959), *The concept and method of cultural ecology. Reading in anthropology*, vol. II, Nueva York, Estados Unidos de América, Crowell.
- Toledo, Víctor Manuel (1991), *El juego de la supervivencia. Un Manual para la investigación etnoecológica en Latinoamérica*, Santiago, Chile, Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo (CLADES).
- Vargas-Velázquez, Sergio (2010), “Aspectos socioeconómicos de la agricultura de riego en la Cuenca Lerma-Chapala”, *Economía, Sociedad y Territorio*, 10 (32), Zinacantepec, México, El Colegio Mexiquense A. C., pp. 231-263.

Recibido: 16 de octubre de 2018

Reenviado: 6 de febrero de 2019

Aceptado: 11 de marzo de 2019

José Isabel Juan Pérez. Doctor en Antropología Social por la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. Licenciatura en Geografía y maestría en Ecología por la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus líneas de investigación son ciencias ambientales, manejo de recursos naturales, sistemas agroecológicos, geografía del paisaje, procesos socioambientales, cambio de uso del suelo, resiliencia, riesgos e impactos, cambio climático, ordenación del territorio, sustentabilidad, manejo de áreas naturales protegidas, sistemas de barrancos, espacios universitarios e innovación de la educación superior. Investigador en el Centro de Inves-

tigación Multidisciplinaria en Educación (CIME) de la Universidad Autónoma del Estado de México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Entre sus últimas publicaciones, en coautoría, destacan: “Procesos socioambientales, transformación del paisaje y educación en un campus universitario mexicano”, en Irma Eugenia García López (coord.), *Educación y desarrollo humano: ensayos y reflexiones*, Ciudad de México, México, Universidad Autónoma del Estado de México-Frontera Abierta-Koeyu, pp. 190-226 (2019); “Procesos agrícolas sustentados en servicios ecológicos y manejo de recursos naturales en una comunidad del subtrópico mexicano”, en Laura Reyes Montes, José Manuel Pérez Sánchez y Sergio Moctezuma Pérez, *Sistemas agrícolas tradicionales. Biodiversidad y cultura*, Zinacantepec, México, El Colegio Mexiquense, A. C., pp. 203-224 (2018); “Identificación y evaluación de impactos ambientales en el campus Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro de Coatepec, Toluca, México”, *Acta Universitaria*, 3 (27), Guanajuato, México pp. 36-56 (2017).