



Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana
de Geografía

ISSN: 0121-215X

rcgeogra_fchbog@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia
Colombia

González Santana, Octavio

El reto de la gestión del agua en las regiones de México ante los efectos del cambio climático: el caso
de la cuenca del río Turbio

Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía, vol. 22, núm. 2, julio-diciembre, 2013,
pp. 125-144

Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281826970009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

El reto de la gestión del agua en las regiones de México ante los efectos del cambio climático: el caso de la cuenca del río Turbio*

O desafio da gestão da água nas regiões do México ante os efeitos da mudança climática: o caso da bacia do rio Turbio

The Challenge of Water Management in Mexican Regions in the Context of Climate Change: The Case of the Turbio River Basin

Octavio González Santana**

El Colegio de Michoacán, México

Resumen

El rescate de la memoria histórica es un elemento sustancial para la elaboración de estrategias orientadas a paliar los efectos del cambio climático como las inundaciones recurrentes y la sequía que en las últimas fechas han afectado la cuenca del río Turbio, ubicada en la región del occidente de México. Siguiendo un enfoque interdisciplinario, centrado en el trabajo de archivo y de campo, se encontró que es posible pensar en construir propuestas de solución mediante la recuperación de la práctica de cosecha de agua, en zonas donde su presencia fue común hasta la mitad del siglo XX.

Palabras clave: cajas de agua, cambio climático, cosecha de agua, cuenca, servicios ecosistémicos.

Resumo

O resgate da memória histórica é um elemento substancial para a elaboração de estratégias orientadas a atenuar os efeitos da mudança climática, como as inundações recorrentes e a seca que nos últimos tempos afetaram a bacia do rio Turbio, localizada na região oeste do México. Seguindo uma abordagem interdisciplinar, centrada no trabalho de arquivo e de campo, verificou-se a possibilidade de pensar em construir propostas de solução mediante a recuperação da prática de coleta de água, em zonas onde sua presença foi comum até a metade do século XX.

Palavras-chave: caixas d'água, mudança climática, coleta de água, bacia, serviços ecossistêmicos.

Abstract

Salvaging historical memory may well be a significant element for the design of strategies designed to alleviate the effects of climate change. This study focuses on the case of the recurring floods and periods of drought that have recently affected the Turbio River Basin, a drainage area located in western Mexico. Through an interdisciplinary approach that included archival research and fieldwork, this project found that it is feasible to construct proposals for solutions based on recovering water harvesting practices in zones where it was common until the mid-20th century.

Keywords: water boxes, climate change, water harvesting, watershed, ecosystem services.

RECIBIDO: 1 DE SEPTIEMBRE DEL 2012. ACEPTADO: 4 DE FEBRERO DEL 2013.

Artículo de investigación sobre la recuperación de la cosecha de agua para controlar los escurrimientos superficiales y recuperar las aguas subterráneas, siendo esta una forma de enfrentar los efectos del cambio climático, sobre todo en aquellos lugares que sufren de inundaciones constantes y sequías recurrentes.

* El presente artículo es resultado de un proyecto de investigación interinstitucional financiado por el FORDECYT (registro 143446), desarrollado por el CIATEC de León, Guanajuato y el Colegio de Michoacán, cuya vigencia fue de septiembre del 2010 a julio del 2012.

** Dirección postal: El Colegio de Michoacán, extensión La Piedad, Cerro de Nahuatzen 85, fracc. Jardines del Cerro Grande, C. P. 59370, La Piedad, Michoacán, México.
Correo electrónico: octavio@colmich.edu.mx

Introducción

Mientras avanza la discusión sobre la existencia y efectos del cambio climático a nivel global, lo cierto es que la recurrencia de los periodos de inundación y sequía está cada vez más presente en varias regiones de México. Esto puede observarse de forma especial en el que, por varios siglos, se ha conocido como el *granero del país*: me refiero a la región del Bajío mexicano. De forma similar a otras regiones agrícolas de gran potencial productivo del país, el Bajío fue objeto de una intervención activa del Estado para desarrollar un modelo agropecuario basado en gran medida en la agricultura de riego, lo que, junto con las demás zonas productivas, le permitiría asegurar el abasto interno de alimentos, desarrollar una estrategia de exportación de productos de gran valor agregado, y, sobre todo, servir como palanca de una modernización con abierta orientación urbana e industrial.

Traigo lo anterior a colación porque aunque en apariencia están alejados en el tiempo, ambos procesos se cruzan cuando se dan en el ámbito nacional eventos como la inundación del área metropolitana de Villa Hermosa, en el estado de Tabasco, ocurrida en el 2007, al igual que la gran inundación que afectó gran parte del estado de Guanajuato, apenas unos años antes. En ambos casos existe evidencia de una fuerte incidencia del Estado nacional con respecto al manejo del agua en el ámbito regional, cuyos efectos en gran medida han venido a complicar dichas situaciones. Para efecto del presente artículo me centraré en lo relativo a lo ocurrido en la porción oeste del estado de Guanajuato, más en específico, en lo que se conoce como *la cuenca del río Turbio*, y cuyo principal centro urbano es la ciudad de León, desde hace un buen tiempo la capital económica de dicha entidad.

Al respecto de lo anterior, lo cierto es que el panorama de una buena cantidad de regiones del país llegará a ser de situaciones de sequías e inundaciones constantes en aumento sostenido, según previsiones ampliamente aceptadas, a lo que habría que agregar la sobreexplotación de las aguas superficiales y subterráneas, al igual que su contaminación. Por tanto, el agua adquiere condiciones multidimensionales, con un mayor riesgo para la población y sistemas productivos locales, pues esta se torna cada vez más escasa y de calidad decreciente, por no decir dañina o peligrosa para el medio ambiente y la salud de la población en general.

En vista de lo anterior, el objetivo del presente artículo es el de dar cuenta del proceso que ocurre en la

cuenca del río Turbio, sobre todo de aquel determinado por las inundaciones recurrentes de las porciones bajas y las constantes sequías que afectan al sector agropecuario de esta importante zona del estado de Guanajuato y, por tanto, del otrora granero de México. Se plantea la construcción de alternativas para contrarrestarlo, basadas, de forma considerable, en la recuperación de la memoria histórica con respecto a la práctica de la cosecha de agua, tan presente en el ámbito regional a lo largo de varios siglos.

La mayoría de la información que aquí se presenta proviene de un proyecto de investigación realizado entre el 2010 y el 2012. El presente artículo aborda solo el componente relacionado con la identificación de zonas susceptibles de la implementación de la inundación controlada, y con el desarrollo de una plataforma basada en la presencia de servicios ecosistémicos, para el posterior desarrollo de un acuerdo social orientado a la propuesta de cosecha de agua mediante el pago de estos servicios, como medida para enfrentar los efectos del cambio climático al interior de la cuenca del río Turbio, en especial las recurrentes inundaciones y las frecuentes sequías agrícolas.

La metodología que se siguió en la investigación fue de carácter interdisciplinario y tuvo tres etapas: la primera de archivo y gabinete, la segunda de trabajo de campo y la tercera de procesamiento de información, identificación de zonas susceptibles de inundación —basada en criterios específicos—, identificación de servicios ecosistémicos relacionados con la agricultura al interior de la cuenca, determinación de la capacidad de infiltración del suelo en las zonas seleccionadas y realización de talleres de inducción, orientados a la posible recuperación de la cosecha de agua mediante el pago por servicios ecosistémicos, a desarrollar en una etapa posterior.

Debe precisarse que la práctica de la cosecha de agua, mejor conocida como *entarquinamiento*¹, ya había sido identificada en otras porciones del Bajío mexicano, así como en el centro y la parte del norte del país. Pero, en específico, no se tenía muy en claro su ubicación, características y dimensiones territoriales en la cuenca del río Turbio. De ahí que uno de los resultados de la investigación de referencia sea que dicha práctica era bastan-

1 *Entarquinar* significa “[...] llenar o ensuciar un terreno con tarquín, abonar una superficie usando el tarquín, o rellenar y sanear un terreno pantanoso o una laguna por la sedimentación del légamo o tarquín que lleva una corriente de agua” (Real Academia Española 1979, 498).

te común, sobre todo en la vertiente oeste de la cuenca y aguas abajo del río Turbio, en donde, prácticamente, todos los escurrimientos provenientes de la región de los Altos de Jalisco y de la Sierra de Pénjamo han sido aprovechados para el riego y el entarquinamiento.

Al menos lo anterior así se percibe de la identificación en campo de una importante cantidad de obras de retención, control y derivación de aguas torrenciales en prácticamente todas las bajadas de agua de considerable importancia, las cuales estaban interconectadas mediante otras obras menores que posibilitaban repartir o derivar el agua por medio de canales a todo un sistema de cajas de agua² que, dada la variabilidad climática de esta parte del país, permitían la retención temporal del agua torrencial, evitando así las inundaciones y, a la vez, reduciendo el efecto de las sequías agrícolas. Esto es justamente lo que permite pensar que su recuperación podría posibilitar el afrontamiento de parte de los efectos del cambio climático, especialmente de las mencionadas inundaciones y sequías que se han presentado en los últimos años. Para ello la memoria histórica, sobre todo la recuperación de dicha práctica, se convierte en un componente esencial.

Sobre la ruta seguida

Los principales componentes del artículo se centran en el saneamiento y los servicios ambientales de la cuenca del río Turbio. Con respecto al segundo componente —la identificación de zonas inundables y su posible aplicación por medio del pago por servicios ecosistémicos—, este pudo realizarse a través del método de la lectura del paisaje cultural, que combina elementos de la geografía histórica —mediante el uso de cartografía histórica y de su reinterpretación basada en un sistema de información geográfica—, de la historia —en términos del rastreo documental en archivos y de la interpretación de los procesos sociales en su dimensión histórica—, y de la antropología —a través del trabajo de campo y de los registros etnográficos, que permiten identificar grupos y sujetos sociales que intervienen en

la zona de estudio, así como un primer acercamiento a sus intereses y posiciones con respecto al proyecto, especialmente por medio de la implementación de talleres de inducción y de la discusión grupal sobre la recuperación de la práctica de cosecha de agua—.

Se recurrió también a la arqueología de área, que permitió la validación del trabajo de gabinete realizado en términos de la investigación geográfica e histórica, además de proporcionar nuevos datos para ser incorporados al sistema de información geográfica. Se utilizó la perspectiva ambiental para la identificación de los servicios ecosistémicos relacionados con las actividades agrícolas. Finalmente, se realizaron estudios geofísicos usando el sondeo eléctrico vertical para medir la resistividad de los materiales geológicos de algunas de las zonas identificadas y determinar así su viabilidad.

La primera fase consistió en un trabajo de archivo y gabinete para la formulación de un mapa de trabajo inicial en el que se plasmaron, en un primer registro, las zonas inundables. Lo anterior significó la consulta de archivos nacionales y locales que permitieran localizar mapas, planos y documentos en general que registraran los puntos en los que antiguamente se practicaba la forma de cosecha de agua, con fines distintos a los de ahora, conocida como entarquinamiento en cajas de agua. Un segundo momento de esta fase fue el acopio del material cartográfico a través de la reproducción fotográfica, digitalización y georeferenciación para su análisis.

La segunda fase de esta parte de la propuesta estuvo dedicada a la elaboración del o de los mapas de localización definitivos de posibles zonas de inundación, así como a la identificación de los principales actores sociales involucrados en la propuesta, y a un estudio sobre la factibilidad de establecer el pago de servicios ecosistémicos. Lo anterior significó la formación de, por lo menos, dos equipos de trabajo para realizar recorridos de campo sobre toda la cuenca para verificar los datos obtenidos en el trabajo de archivo, el registro de zonas no consignadas en documentos, la elaboración de los estudios geofísicos a través del sondeo eléctrico vertical, la identificación de los servicios ecosistémicos y el levantamiento de un inventario de patrimonio cultural tangible; lo que, a su vez, se tradujo en una nueva cartografía y en estudios específicos.

En vista de lo anterior, la propuesta plantea la identificación de zonas de inundación controlada en diferentes puntos de la cuenca del río Turbio que cumplan con una doble función. Por un lado, que permitan el

2 Las 'cajas de agua' se pueden definir como extensiones variables de terreno de cultivo (de 5 a 500 has) rodeadas por bordos de tierra. Se les conoce como *cajas* porque retienen temporalmente el agua en tiempos de lluvias a fin de aprovechar su beneficio de diferentes maneras: como aportadora de materia orgánica (tarquín), para el control de plagas, la disolución de sales minerales, la recarga de manto freático, etc. (Eling y Sánchez 2001; Sánchez 2001).

control de las avenidas extraordinarias del río y sus afluentes a través de su distribución en zonas previamente seleccionadas; y por el otro, que a partir de la realización de talleres con los productores agrícolas permitan inducir la cosecha de agua para efectos de recarga de mantos freáticos retribuyendo económicamente a los propietarios de los terrenos inundados por los servicios ambientales que se esperan obtener. Todo ello a partir de la recuperación de la memoria histórica y del estímulo del interés en la práctica de cosecha de agua por parte de los productores locales. Es decir, se espera construir una plataforma que permita, en una etapa posterior, a partir de un área piloto, el diseño de un modelo de acuerdo social para la recuperación de la cosecha de agua por medio del pago por servicios ecosistémicos. Esto en cuanto a la respuesta orientada a paliar los efectos del cambio climático.

La cuenca del río Turbio

La cuenca del río Turbio se encuentra en el margen noroeste de la gran cuenca Lerma-Chapala, y bien puede considerarse como un buen ejemplo de la problemática general que afecta a esta parte del territorio mexicano. En su mayoría está ubicada en la porción oeste del estado de Guanajuato, y comparte cerca de una tercera parte de sus 4.715 km² de superficie con el estado de Jalisco. Junto con la del río la Laja, dicha cuenca es uno de los principales tributarios del río Lerma, en el estado de Guanajuato. La precipitación promedio oscila entre los 600 y 700 mm, la primera en la porción norte y centro, y la restante hacia el lado sur.

Cerca del 80% de la superficie de la cuenca corresponde a zonas de captación y el resto a zonas de cabecera. Su escurrimiento principal es el río Turbio, el cual tiene una longitud de 205 km, una pendiente promedio de 40 cm por cada km y la presencia de suelos vertisoles y planosles con alto contenido de arcilla en la cuenca. Estas últimas características limitan de forma considerable su capacidad de drenaje. De forma adicional, dicho escurrimiento se integra en un escenario de gran presencia poblacional y de sectores productivos importantes en los ámbitos regional y estatal, como el industrial y el agrícola, ambos demandantes de agua subterránea.

En la parte guanajuatense de la cuenca se ubican las ciudades de León y la conurbación San Francisco del Rincón-Purísima de Bustos, los centros urbanos e industriales más importantes de la zona, los cuales, junto con las ciudades de Pénjamo, Manuel Doblado,

Abasolo y Cuerámaro, sumaban, en el 2005, 1.326.344 habitantes. Es decir, casi una tercera parte del total de la población del estado de Guanajuato se concentra en una superficie que apenas suma el 11% del total de su territorio. Por tal motivo, para el 2004, el 41,7% del personal del estado ocupado en la actividad económica se concentraba en las ciudades de León y San Francisco del Rincón. En términos generales, según el censo del 2010, a lo largo y ancho de la cuenca existen cerca de 1.800 localidades, que suman casi 1,8 millones de habitantes en las dos entidades; algo así como 380 habitantes por km².

Por otro lado, en la cuenca la actividad agrícola se encuentra diversificada y se caracteriza por una importante producción de granos, forrajes, hortalizas y especias, que demandan grandes cantidades de agua para riego, al grado de existir aproximadamente 3.000 pozos profundos del lado guanajuatense (Salas 2009, 94). Sin embargo, en las porciones media y baja de la cuenca los cultivos están recurrentemente expuestos a las inundaciones, lo que merma de forma considerable su productividad.

El principal agente de las inundaciones es el continuo desbordamiento del río Turbio y sus afluentes. Como ya se dijo, una de las primordiales causas imputadas es su relieve, que se define por tener muy poca pendiente, en especial en el cauce del río, y un drenaje deficiente en las zonas ribereñas, lo que posibilita el alto impacto de las escorrentías en el periodo del temporal de lluvias, en especial cuando estas son intensas. Esta problemática aqueja a la zona desde hace mucho tiempo, pues existen registros de inundaciones a partir del siglo XVII. Algunas de ellas han sido muy importantes, como es el caso de la ocurrida en 1888 en el municipio de León, que ocasionó la muerte de 265 personas y la desaparición 1.420 más, además de daños considerables en un gran número de casas, en la infraestructura de caminos, así como en zonas de cultivo. Ya en periodos más recientes, en 2003 ocurrió una inundación de dimensiones considerables, que afectó gran parte del sur del estado de Guanajuato, incluyendo la cuenca del río Turbio. De forma similar a las ocasiones anteriores, fueron las precipitaciones y los escurrimientos los que ocasionaron un gran número de damnificados y, de nuevo, el sector productivo que resultó más afectado fue el agropecuario.

Como ya se mencionó, las actividades industrial y agrícola son una importante fuente de ingresos en la zona, las cuales, con el paso del tiempo, han demandado crecientes volúmenes de agua, superficial y subterránea,

en parte para afrontar la sequía, llegando a escenarios de sobreexplotación de los acuíferos, en especial de los del Valle de León y el río Turbio (SEMARNAT 2001). Para tal efecto, según el Registro Público de Derechos de Agua (RPDA), entre los principales municipios guanajuatenses que conforman la cuenca, a la fecha, se han expedido un poco más de 4.700 concesiones para el aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas. Dicha sobreexplotación ha provocado la reducción de la disponibilidad del agua subterránea para las actividades productivas y el consumo humano, pues la demanda es mayor a la capacidad de recarga de ambos acuíferos (CONAGUA 2002).

La profundidad de los niveles del agua subterránea está diferenciada, ya que, en el caso del acuífero del valle del río Turbio, esta va desde los 10 hasta los 150 m en su nivel estático, con un abatimiento del orden de 1,5 a 5 m por año (Salas 2009, 102). Adicionalmente, varios de los puntos de extracción a profundidades considerables están ubicados en las zonas de inundación, razón por la que, una vez concluido el temporal de lluvias, se percibe cierta recuperación del manto freático, según lo reportan los propios agricultores.

Una historia de inundaciones recurrentes y algo más...

Haciendo un recuento histórico de esta porción del estado de Guanajuato, se evidencia que las inundaciones están muy presentes, las que, como ya se dijo, datan del siglo XVII y se hacen muy patentes durante el siglo XIX. Ya del siglo pasado se tienen registros más detallados, y en la década de 1950 estas se presentaron abundantemente por el desbordamiento del río Turbio y sus afluentes en la parte alta y media de la cuenca, especialmente en los municipios de León, Purísima y Cuerámbaro. En este punto, vale la pena acotar que esto coincide justamente con el fraccionamiento de los sistemas de aprovechamiento hidroagrícolas de las haciendas a causa del reparto agrario, principal componente de la reforma agraria desarrollada en el país, y del desarrollo de la política de perforación de pozos profundos, iniciada en la década anterior en varias partes del país (López s.f.). Es decir, cuando la infraestructura hidroagrícola se estaba desarticulando, se evidenciaba también la pérdida del control de las aguas superficiales, al igual que se empezaba a utilizar el agua del subsuelo.

A lo anterior habría que agregar la creación de la Comisión de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago, un or-

ganismo que, desde principios de la década de 1950, se enfocó en el control político del sector hidráulico antes que en promover el desarrollo regional a partir del enfoque de cuencas hidrológicas, en gran parte derivado del TVA³ (González 2010).

De la década de 1970 existen más registros de afectaciones de las tierras agrícolas, la infraestructura y los centros de población. Quizá el más importante en su impacto, incluso mayor que el ocurrido a principios del presente siglo, haya sido la inundación acontecida en 1976, la cual afectó a la mayoría de los municipios ubicados al interior de la cuenca. Esto no solo perjudicó la parte de Guanajuato, sino también la de Jalisco, pues adicional al desbordamiento del río Turbio, también ocurrió la fractura de la presa de Las Amapolas, ubicada en la porción oeste de la cuenca⁴.

La segunda parte de la década de 1990 también fue testigo de inundaciones en los municipios de León, San Francisco del Rincón y Abasolo. En dicha ocasión nuevamente resultó afectada la infraestructura y varios centros de población, en especial la ciudad de León, así como las zonas agrícolas. Pero no fue sino hasta principios del presente siglo que hubo mayor cobertura por parte de los medios informativos de las inundaciones ocurridas en el 2003, por causa del desbordamiento de varias secciones del río Turbio en el mes de septiembre.

El aludido evento meteorológico revistió un interés especial para la Academia, ya que se consideró dentro del contexto del cambio climático, tan en boga en la actualidad. Algo que llamó la atención fue la emergencia de una situación de vulnerabilidad ante situaciones como esta y que, según Matías et ál. (2007), requerían medidas específicas para prevenir los impactos potenciales en la población y el territorio. Entre estas se encuentra “la retención, almacenamiento y derivación del agua, a través de las presas; además de modificaciones al cauce de los ríos, construcciones de bordos y

3 Tennessee Valley Authority: así se le conoce al primer proyecto de gran envergadura que en los Estados Unidos de Norteamérica tuvo como visión la gestión integral de los recursos de las cuencas hidrológicas (primer tercio siglo xx). En el caso de México, dicha propuesta fue retomada y se le denominó *desarrollo regional bajo el enfoque de cuencas hidrológicas*. Al respecto se constituyeron las denominadas *Comisiones de Cuenca*, que, en el caso de interés, fue la de Lerma-Chapala-Santiago, constituida en 1950. Dicha visión estuvo presente hasta finales de la década de 1960 y principios de 1970.

4 Véase www.elclima.com.mx

muros de encauzamiento” (Matías et ál. 2007, 22). Las inundaciones han continuado, al menos hasta el 2007, pero sus efectos han sido muy puntuales, en especial en la zona urbana de la ciudad de León.

Tomando en cuenta los anteriores elementos y tratando de localizarlos geográficamente, se puede observar que existe una franja que, ubicada hacia ambos márgenes del río Turbio, históricamente y de forma recurrente ha sufrido de inundaciones (Protección Civil del Estado de Guanajuato 2003). Su análisis resulta en algo complejo, pero de forma un tanto simple se puede detectar esto en los datos de precipitación correspondientes a los periodos de inundación señalados. Para el presente caso, se hará referencia a los eventos de 1976 y del 2003, según se puede observar en las figuras 1 y 2.

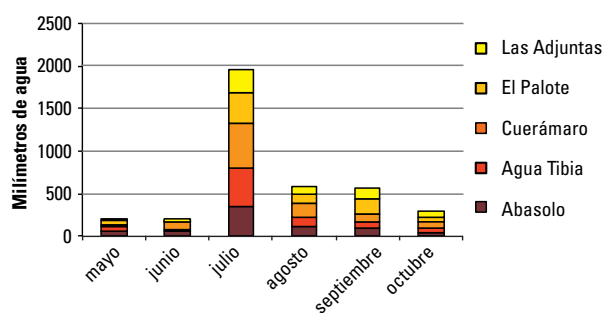


Figura 1. Precipitaciones durante el periodo de lluvias de 1976 en la cuenca del río Turbio.
Fuente: CONAGUA 2010.

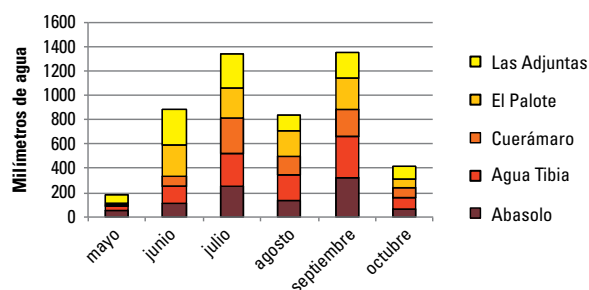


Figura 2. Precipitaciones durante el periodo de lluvias del 2003 en la cuenca del río Turbio.
Fuente: CONAGUA 2010.

Según se desprende de las anteriores figuras, se puede observar que la concentración del periodo de lluvias corresponde al mes de julio, para el caso de 1976, y a julio y septiembre para el 2003. En ese sentido, y pese a los aparentemente mayores impactos del 2003, la concentración de lluvias fue más alta en 1976 y la zona afectada abarcó prácticamente a todos los municipios del estado de Guanajuato que se encuentran al interior de la cuenca. Si bien los elementos de explicación resultan bastante limitados, lo cierto es que estos permiten esbozar la relación entre la concentración de las precipitaciones en un periodo determinado y la ocurrencia del desbordamiento del río Turbio y varios de sus afluentes. A ello habría que agregar el estado de abandono de la infraestructura hidroagrícola construida en el periodo de la hacienda y la importante presencia de aprovechamientos de aguas subterráneas, que, al menos para esa porción del estado de Guanajuato, suman más de 3.000 en la actualidad (Salas 2009).

Tal y como ocurre en otras zonas del centro-occidente y norte de México, se observa una evidente sobreutilización de las aguas subterráneas, producto en gran parte de la sobreconcesión, por un lado, y, por el otro, de la sobreexplotación, que incluye el enfrentamiento de la sequía y los aprovechamientos clandestinos. A tal grado han llegado las cosas, que en la actualidad prácticamente todos los acuíferos de la cuenca se encuentran en estado de sobreexplotación y algunos con un déficit creciente; tal y como se puede observar en la figura 3.

Por otra parte, al menos en la década anterior existen registros que permiten observar los impactos de la sequía en la producción agrícola del periodo de lluvias o ciclo primavera-verano, que va de marzo a septiembre. Todo ello se puede constatar en las noticias de los diarios locales y nacionales, en la aplicación de fondos para contingencias climáticas y, sobre todo, en lo que concierne a la superficie agrícola siniestrada. Es un fenómeno que tiene efectos diferenciados a lo largo y ancho del territorio mexicano, con importantes recurrencias en los años 2000, 2005, 2009 y 2011, pero cuyo impacto se puede observar de forma diferenciada en cada una de las tres regiones en que, para efecto del presente artículo, se dividió el territorio mexicano: la norte, con mayor aridez; la sur, con mayores precipitaciones, y la centro, en una situación intermedia.

De la figura 4 se desprende que la región norte del país, la de mayor aridez, prácticamente en todos los años del periodo que va del año 2000 al 2011 ha sufrido

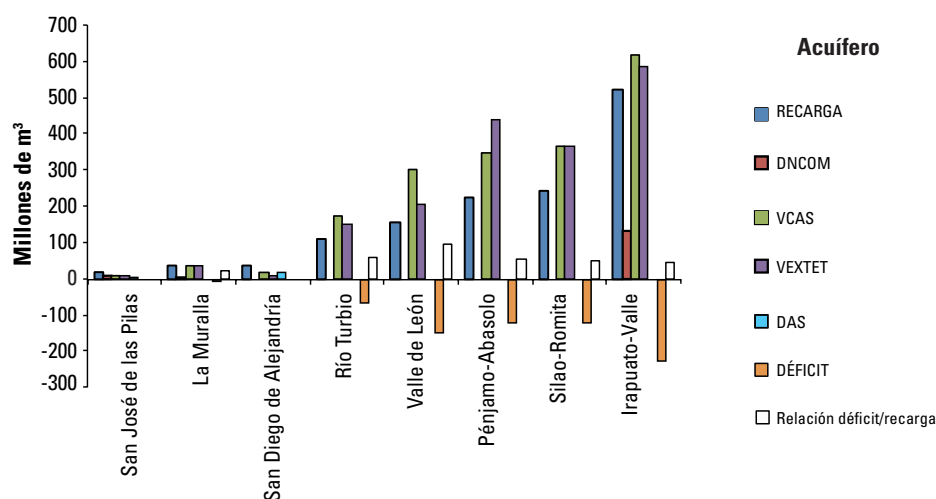


Figura 3. Situación de los acuíferos en la cuenca del río Turbio.

Fuente: CONAGUA 2008.

Nota: por RECARGA se entiende la recarga media anual del acuífero; por DNCOM se considera a la descarga natural comprometida; VCAS significa volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET se refiere al volumen de extracción de agua subterránea consignado en los estudios técnicos; DAS hace referencia a la disponibilidad media anual de agua subterránea (NOM-011-CONAGUA-2000), y DÉFICIT implica el volumen de agua subterránea resultante de la relación entre recarga natural y el volumen de extracción de agua subterránea consignado en los estudios técnicos.

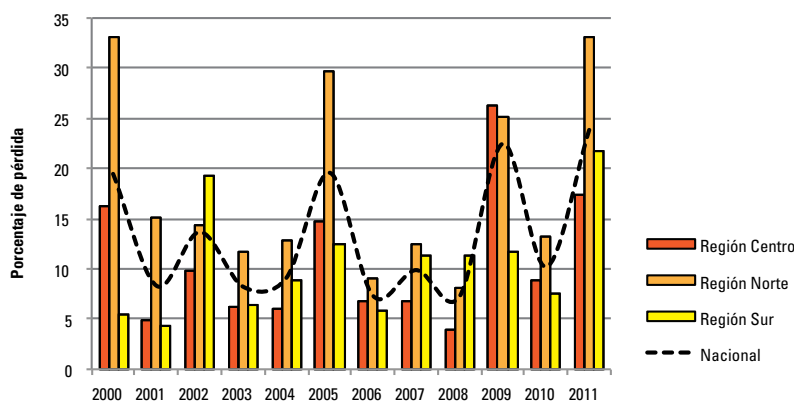


Figura 4. Pérdida relativa de la producción agrícola en las grandes regiones de México (2000-2011).

Fuente: SAGARPA s.f.

mayores pérdidas que la media nacional, y que el resto de las regiones del país. En ese sentido, este nivel de diferenciación de los impactos de la sequía al interior de los municipios de la cuenca también puede observarse si estos se dividen entre la parte baja y alta. Estas sequías del 2009 y del 2011 están bien documentadas, según consta en declaraciones de funcionarios del Estado a los medios de comunicación, locales y nacionales (Álvarez 2009 Bravo López 2011).

En ese contexto, la porción alta de la cuenca ha sufrido pérdidas en la producción agrícola del periodo de

lluvias, que para el caso del 2009 y del 2011 fue del 50% y 60%, respectivamente; mientras que para la parte baja, durante los mismos años, estuvo sobre el 40%. Estos parámetros de pérdida expresan también el impacto de la inundación ocurrida en el 2003, la cual afectó la parte baja de la cuenca en cerca del 20%, aunque sus mayores impactos se dieron en los municipios ubicados en la porción sur, sobrepasando la media nacional, no solo la de ese año sino la de la mitad del periodo comprendido entre 2001 y 2011 en la parte baja y un poco más en la parte alta (figura 5).

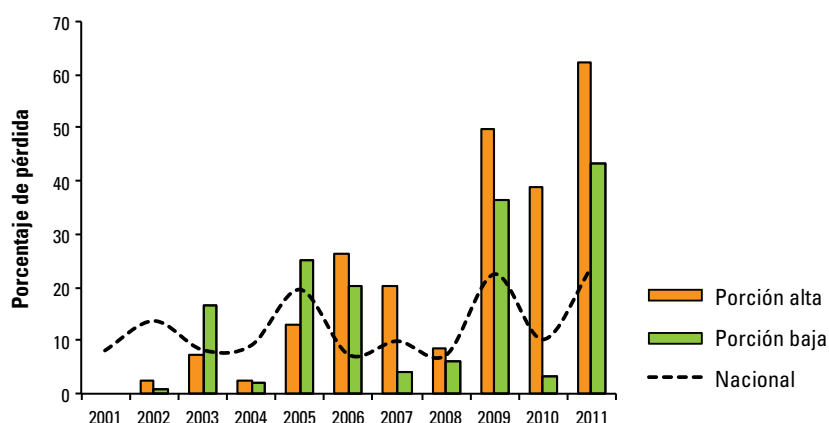


Figura 5. Pérdida relativa de la producción agrícola en municipios de la cuenca del río Turbio.
Fuente: SAGARPA s.f.

A partir de lo anteriormente señalado puede observarse que existe un alto grado de complejidad en la gestión de las aguas, sobre todo por el contexto de inundaciones recurrentes y de sobreexplotación de las aguas subterráneas. Esto implica un gran reto para su gestión. Sin embargo, como resultado del proyecto de investigación se encontró que desde hace varios siglos ha existido la práctica de cosecha de agua, o entarquinamiento, cuya recuperación en algunas zonas puede resultar, en buena medida, en la construcción de estrategias de amortiguamiento de los embates de las recurrentes y constantes inundaciones y sequías. A continuación se hará una breve descripción de la situación en la que se encontraba el aprovechamiento de las aguas superficiales con fines de riego y entarquinamiento en la que fuera la hacienda de Jalpa, que, entre 1900 y 1920, aproximadamente, era propiedad de exmiembros de la élite porfiriana.

Antecedentes de la presencia de la cosecha de agua en la cuenca del río Turbio: el caso de la hacienda de Jalpa

En México existe una técnica para la utilización de aguas de crecida, también llamadas *torrenciales*, *de avenida* o *brancas* —que se presentan con la estación de lluvias de junio a agosto—, que consiste en canalizar las aguas torrenciales en depósitos artificiales llamados *cajas de agua*, *bordos*, *cuadros de agua*, *trincheras*, *muros* o *pantles*, entre

otros. La función principal de estos depósitos es capturar el agua para dotar de humedad y fertilidad al suelo. También ofrece ventajas para el control de ciertas malezas y nemátodos, y es igualmente ventajoso que evite la salinización del suelo. Otro efecto positivo es la creación de una ecología particular a la que llegan patos salvajes y en donde proliferan peces; propicia además la recarga de acuíferos por la infiltración del agua y, finalmente, el control de avenidas (Velázquez M. Pimentel E. y Palerm V. 2002, 2003; Velázquez M. y Pimentel E. 2009).

Esta técnica se ha utilizado típicamente para cultivos de invierno, como el trigo, el garbanzo, la lenteja y el algodón, pero en las últimas décadas se ha refuncionalizado para el cultivo de hortalizas y fresas, como en el caso del valle de Zamora, en Michoacán (López y Seefoó 1993; Sánchez 2001; 2007). También se sigue practicando de forma tradicional en los municipios de Coeneo y Huaniqueo (López, Pimentel E. y Palerm V. 2008), en el mismo estado de Michoacán, al igual que en la región de la Laguna, en especial con las aguas del río Nazas (Palerm V. et ál. 2002). Como ya se había mencionado, esta técnica es conocida en México de distintas maneras, aparte de la más común —que es entarquinar—, se le conoce también como *enlagunar*, *anegar*, *enlamar* y también, de manera errónea por parte de las nuevas generaciones de agrónomos, como *riego por inundación* (Velázquez M., Pimentel E. y Palerm V. 2002). Al respecto, Palerm V. et ál. (2002) se refieren a dicha técnica de la forma siguiente:

En México existe una técnica para la utilización de aguas de crecida, también llamadas torrenciales, de avenida o broncas que se presentan con la estación de lluvias (de junio a agosto), y consiste en canalizar las aguas torrenciales a depósitos artificiales llamados “cajas de agua”, “bordos”, “cuadros de agua”, entre otros. La lámina de agua que se introduce puede ser de un metro y permanece en la caja varios meses. Es frecuente que el llenado y vaciado de cajas se realice pasando agua de una caja a otra. (Palerm V. et ál. 2002, 21)

A pesar de la aparente inexistencia de vestigios materiales en algunas zonas, estos fueron identificados en la cartografía histórica, indicando que en la cuenca del río Turbio existió esta práctica hasta la primera mitad del siglo XX, lo que coincide con el inicio del aprovechamiento de las aguas subterráneas en gran parte del país; un proceso al cual el Bajío no fue ajeno, y mucho menos dicha cuenca. Los hacendados, rancheros e indígenas construyeron obras de control, conducción, derivación y almacenamiento de agua —un evidente signo de apropiación del territorio y sus recursos— para manejar las aguas superficiales del río Turbio y de sus diferentes afluentes, con la idea sobre todo de alcanzar un buen control de las inundaciones y de lograr así también buenas cosechas. Tal fue el caso de la hacienda de Jalpa, en la que algunas de sus obras provienen del siglo XVII y XVIII, específicamente la denominada *presa vieja de Jalpa*.

Tomando en cuenta el trabajo de Rodríguez (1984), un plano de la hacienda de Jalpa que data de 1875, la información consignada en el título de concesión de aguas —expedido en 1919 por el entonces presidente de la República, Venustiano Carranza, a favor de la hacienda y colonia de Jalpa—, y la información recabada y analizada mediante el sistema de información geográfica (SIG) en los recorridos de campo y en las entrevistas informales a los productores del lugar, se puede hacer un primer acercamiento a la infraestructura que para la cosecha de agua fue construida a lo largo de un poco más de 200 años en lo que fuera la hacienda de Jalpa; la cual tenía una superficie de casi 6.000 has bajo riego, de las que un poco más de 3.000 estaban entarquinadas.

Para el manejo del territorio y sus recursos, comprendidos en cerca de 32.500 has totales, la hacienda estaba dividida en nueve secciones que permitían su administración, las cuales podían englobarse en una porción ganadera, sobre las partes medias y altas, y una parte agrícola, localizada en la superficie más llana. Las principales zonas ganaderas, que comprendían

la mayor parte del territorio de la hacienda, estaban ubicadas en la parte oeste, y básicamente estaban conformadas por cerros y lomeríos dedicados a la cría de ganado, mayor y menor. En cambio, otras zonas de menor dimensión y calidad productiva, localizadas sobre los linderos norte y sur de esta porción, se arrendaban a rancheros locales.

El área agrícola básicamente estaba del lado este de la hacienda, en los alrededores del poblado de Jalpa. Con excepción de la superficie no irrigada, que trabajaban los medieros en la porción del piedemonte, para la producción de maíz, frijol y calabaza, la zona irrigada dedicada a la agricultura representaba un complejo sistema de infraestructura hidroagrícola, cuyo manejo permitía aprovechar las aguas de pequeños escurrimientos, de arroyos importantes— como los de San Juan, Carrizo de Rubios y Jalpa—, así como de un caudal importante del río Turbio. Para ello, se había alcanzado una significativa sinergia entre las zonas proveedoras de agua, localizadas sobre las porciones medias y altas de la hacienda, y aquellas que permitían propiamente la práctica del entarquinamiento, en la zona baja. Entre los principales cultivos se encontraba el trigo, el garbanzo, el maíz y el frijol.

Dicha infraestructura se componía de presas de mampostería utilizadas para almacenar, controlar y derivar las aguas de los arroyos antes mencionados. Estaban ubicadas en la parte media, y eran, en sentido descendente, las presas Vieja de Jalpa, Santa Efigenia, la Derivadora y la Cintilla. También existía una serie de presas móviles que permitían el almacenamiento, pero, sobre todo, era importante la derivación de las aguas del río Turbio y el arroyo de Jalpa. Principalmente, se pueden mencionar las represas de San Antonio y la Luz, sobre el río Turbio, así como los Sauces, sobre los arroyos de San Juan y Jalpa.

La conducción de las aguas hacia las cajas de agua se llevaba a cabo principalmente por medio del aprovechamiento del cauce del río Turbio y del arroyo Jalpa, mediante una compleja red de canales y compuertas que, principalmente en sentido oeste-este y norte-sur, abastecían las diferentes zonas o subsistemas de entarquinamiento y permitían su desagüe. Desde luego que el principal sistema de canales de conducción y alimentación tenía su origen en la represa Derivadora, la cual era abastecida por las presas Vieja de Jalpa y Santa Efigenia.

De forma amplia puede señalarse que podían distinguirse al menos seis zonas o subsistemas de riego, que se pueden describir de la forma siguiente:

El primero de ellos, localizado hacia el suroeste de lo que ahora es el poblado de Jalpa de Cánovas, se componía de seis cajas de agua y de una huerta que eran abastecidas por la represa Derivadora y por un escurrimiento local. En conjunto sumaban una superficie aproximada de 980 has (figura 6).

Sobre la margen derecha del arroyo Jalpa y al sur del subsistema anterior se encontraba una segunda zona de riego que aprovechaba las aguas del arroyo de Jalpa y del río Turbio. El número de cajas de agua era menor que el anterior, cinco, las cuales, en una superficie de 700 has, recibían el agua por al menos dos canales: el primero provenía de la represa derivadora los Sauces en sentido este-oeste, y el segundo salía del arroyo de Jalpa, en el mismo sentido, pero un poco más al sur.



Figura 6. Vaso y vista interior de la cortina de la represa vieja de Jalpa. Fotografía del autor, junio 2011.



Figura 7. Represa derivadora Los Sauces. Fotografía del autor, abril 2011.



Figura 8. Represa La Cintilla. Fotografía del autor, abril 2011.



Figura 9. Restos de las compuertas de salida de una caja de agua. Fotografía del autor, abril 2011.



Figura 10. Troje de la hacienda de Jalpa. Fotografía del autor, mayo 2011.

El tercer subsistema o zona de riego se localizaba en la porción este de la hacienda, y en gran parte sobre la colindancia con la hacienda Cañada de Negros. Todo indica que este era el más grande de todos. De forma mixta aprovechaba las aguas del arroyo Jalpa mediante un canal largo que provenía de la represa Derivadora y del río Turbio por medio de las represas San Antonio y la Luz (figura 7). Para ello se utilizaba un complejo sistema de compuertas que muy probablemente permitía el riego tradicional y el riego por entarquinamiento. La superficie que dominaba dicha zona era superior a las 1.200 has.

Al suroeste de la anterior zona de riego y sobre la margen izquierda del río Turbio se localizaba otro pequeño subsistema en el área de la hacienda denominada la Estancia. La superficie que dominaba era muy pequeña con respecto al anterior, pues apenas había dos cajas de agua, que sumaban 350 has. Se presume que se abastecía de un tajo que alimentaba un canal que, en sentido noroeste, provenía del río Turbio, al igual que de la represa de Bolaños y de un canal que, en sentido este-oeste, salía de las lagunas La Alberca y El Tular.

La quinta zona de riego se localizaba entre los arroyos San Juan y Jalpa, sobre la margen derecha del arroyo San Juan. Para su abastecimiento se utilizaban las represas de los Sauces y la Cintilla (figura 8). La superficie que dominaba era un poco superior a la anterior, ya que con sus cuatro cajas prácticamente cubría 400 has de riego por medio del entarquinamiento.

Lo que pudiera considerarse como el sexto subsistema, localizado en la esquina suroeste de la hacienda (fracción de Frías), estaba alimentado por un tajo que provenía de la margen derecha del río Turbio, del arroyo Jalpa y, muy probablemente, de una represa ubicada en la hacienda de Frías. Básicamente se componía de dos o tres cajas de agua y contaba con una superficie de un poco más de 150 has (figura 9).

La administración de una infraestructura hidroagrícola de tal envergadura requería centros de población estratégicamente ubicados para poder manejar los diferentes subsistemas, que, dicho sea de paso, según el plano de la hacienda elaborado en 1875, todo parece indicar que eran trabajados directamente por la hacienda. Algo muy diferente de la zona de agricultura temporal, que se explotaba bajo el sistema de mediería, y de las zonas marginales de la zona ganadera, que se arrendaban bajo la forma de pequeños ranchos.

Entre los principales poblados que se presume estaban involucrados, se pueden señalar: el de Jalpa, muy

cercano al subsistema uno; Guadalupe de Jalpa, que muy probablemente permitía el control de las zonas de riego dos y cinco; El Tecolote y San Ángel, desde donde se manejaba la más grande zona de riego, y La Estancia de San Ignacio de las Estacas y El Toro, que muy probablemente permitían el dominio del cuarto y sexto subsistemas.

Por último, puede mencionarse que la producción local era almacenada en al menos tres trojes, que estaban estratégicamente ubicadas en el poblado de Jalpa y relativamente cerca de los poblados de San Ángel y la Estancia de San Ignacio de las Estacas (figura 10).

De lo anterior puede verse que el entarquinamiento o cosecha de agua es una práctica muy noble, cuya recuperación, aunque sea parcial, puede posibilitar la construcción de alternativas para paliar los efectos del cambio climático en esta parte del país, y cuya esencia se concentra básicamente en las recurrentes y crecientes sequías e inundaciones, pues el control del agua superficial, por medio de su almacenamiento temporal, permite retener el agua para evitar las inundaciones y, a la vez, generar humedad en el suelo para enfrentar los efectos de la sequía por la falta de lluvias.

Algunos resultados de la investigación

Como parte de los resultados de la investigación —una vez que se logró procesar la información levantada en campo y confrontarla con las condiciones de conservación de las obras de infraestructura, considerando como los primordiales criterios de elección el que las aguas a utilizar provinieran de afluentes del río Turbio⁵ y, sobre todo, la disponibilidad de los productores agropecuarios locales para desarrollar la práctica de cosecha de agua por medio del pago de servicios ecosistémicos— se definieron las principales áreas susceptibles de la recuperación de la práctica del entarquinamiento como medida orientada a amortiguar los efectos de las inundaciones y las sequías agrícolas, y, en lo posible, a recuperar paulatinamente el manto freático por medio de la infiltración. Para efectos de exposición, y dado lo limitado del espacio, este documento se basó en el mapa de la figura 11, en donde se señalan, con color café, las tres zonas que al respecto fueron definidas.

5 El río Turbio en la actualidad se encuentra muy contaminado, en gran parte por los desechos de las actividades industriales de la ciudad de León, en especial de la curtiduría, y también de las actividades agrícolas. Esta situación lo hace inviable para la recuperación de la práctica de la cosecha de agua.

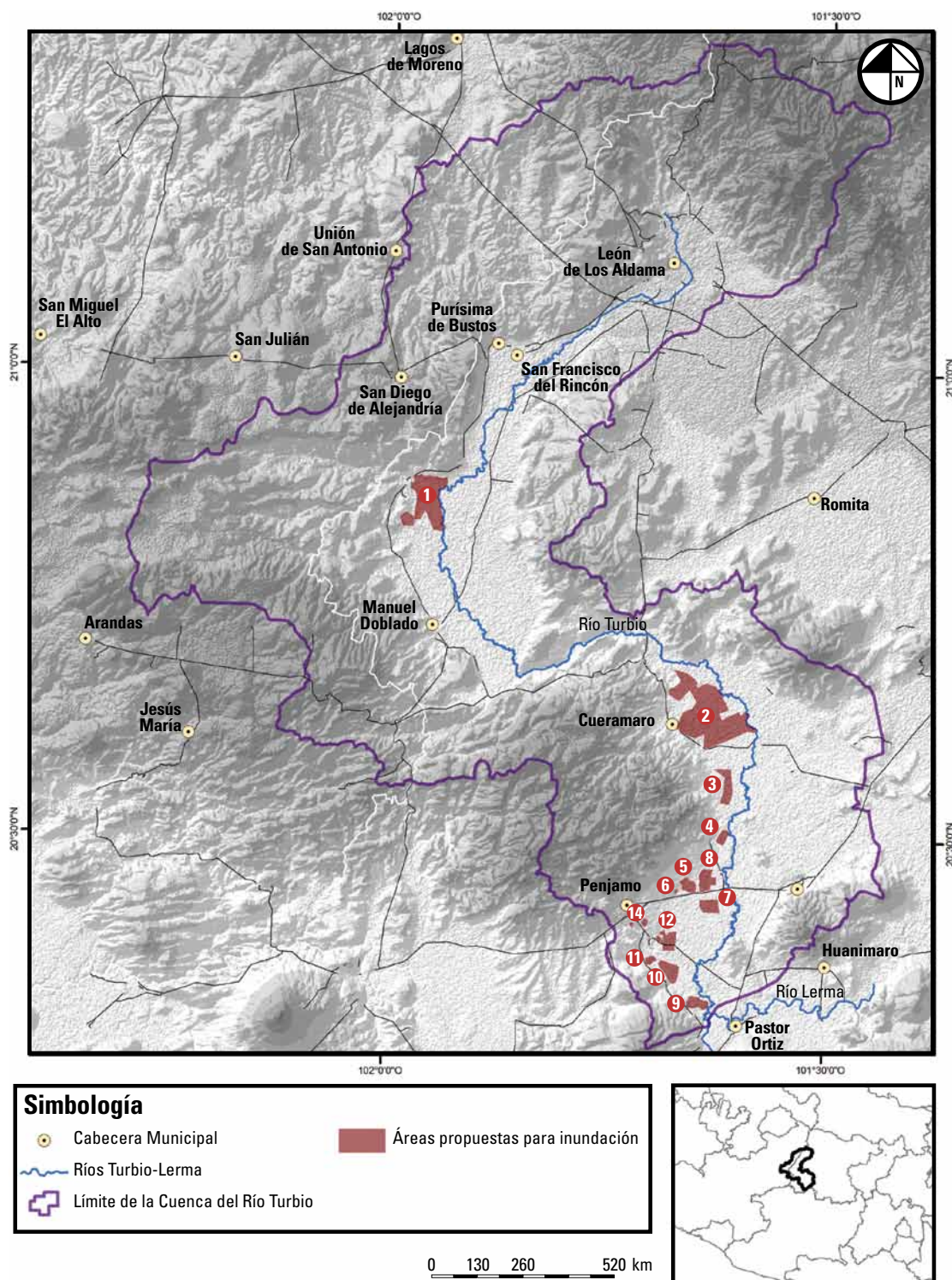


Figura 11. Identificación de áreas propuestas de la recuperación de la cosecha de agua.
 Datos: INEGI 2004 y datos vectoriales a escala 1:250.000 y análisis de información recabada en campo.
 Nota: elaborado por Marco A. Hernández Andrade.

Los criterios utilizados para la identificación de las zonas susceptibles de recuperación de la práctica de la cosecha de agua precisados en el mapa anterior estuvieron determinados por la existencia de infraestructura hidroagrícola que antiguamente hubiera estado involucrada con esta práctica, en aspectos tales como el grado de conservación, su ubicación y el área implicada. Con respecto a lo sociopolítico, se contempló el tipo de propiedad⁶, el nivel de organización social, los actores clave en la negociación, la predisposición de las autoridades locales y municipales a la recuperación de la práctica, la presencia del conflicto, el número de posibles usuarios en la zona, el interés sobre esta práctica y la predisposición para llevarla a cabo. En relación con los sistemas productivos locales, se consideraron los usos del suelo, la existencia de zonas de irrigación, según fuente, y la orientación productiva dominante.

Los aspectos ambientales también fueron considerados, y se focalizó la presencia de servicios ecosistémicos vinculados a la agricultura, la existencia de corrientes de agua libres de contaminación de las actividades urbanas e industriales, y la presencia de inundaciones recurrentes. Por último, se tomaron en cuenta los aspectos jurídicos y normativos relacionados con la legalidad de la práctica del entarquinamiento, que data de fines del siglo XIX y que en la actualidad se da en el marco del modelo de cuencas hidrológicas; de ahí la existencia de la Comisión de la Cuenca del Río Turbio.

Bajo el riego de pecar de simplicidad, se intentará dar por lo menos un esbozo de las actividades adicionales que se hicieron una vez construido el mapa anterior, pues entre los objetivos perseguidos estaba también la identificación de las principales áreas de servicios ecosistémicos al interior de la cuenca, la realización de pruebas orientadas a determinar la capacidad de infiltración del suelo en las zonas seleccionadas y de talleres de sensibilización sobre la práctica del entarquinamiento promovidos por la gerencia operativa de la Comisión de la Cuenca del Río Turbio. Todo esto alrededor de las tres zonas ubicadas en la porción media y baja de la cuenca:

la primera de ellas está en parte de lo que fuera la hacienda de Jalpa, donde predomina la propiedad privada, muy cerca de las localidades de Jalpa de Cánovas, Guadalupe de Jalpa y El Toro; la segunda está hacia el sureste de la primera y al este de la ciudad de Cuernavaca, en lo que fuera la hacienda de la Sarteneja, allí predomina la propiedad ejidal, y, la tercera zona se encuentra dividida en varios fragmentos hacia el lado este del tramo del río Turbio, localizado entre las ciudades de Cuernavaca y Pénjamo, tiene un régimen de propiedad similar al de la anterior, cerca de las localidades de Zapote de Barajas, Cobertizo de Barajas, San Miguel de Villaseñor, Corralejo y La Tepuza, entre otras.

Identificación de servicios ecosistémicos

Uno de los objetivos de la investigación fue establecer una especie de plataforma para, en una etapa posterior, empezar a definir estrategias de cosecha de agua mediante el pago de servicios ecosistémicos, cuyo modelo de trabajo habrá de desarrollarse a partir de la implementación de áreas piloto en alguna de las zonas ya seleccionadas. De ahí que se haya optado por identificar los servicios ecosistémicos relacionados con la agricultura al interior de la cuenca. Aquí vale la pena precisar que este componente de la indagación se desarrolló una vez que se habían identificado las zonas propuestas para la cosecha de agua, por lo que en realidad dichos resultados vinieron a reforzar, y a la vez a ampliar, dicha identificación. Por esto se aborda en esta sección.

Con relación a la identificación de los servicios ecosistémicos en tierras de cultivo o de ecosistemas cultivados al interior de la cuenca, en base a la propuesta metodológica del Millennium (UNEP) se pudieron determinar las principales zonas de producción de servicios ecosistémicos. Al respecto, es de llamar la atención que las áreas de mayor importancia de servicios de provisión se localizaron en ambos márgenes del río Turbio, desde la porción sur de la ciudad de León hasta llegar al punto conocido como Las Adjuntas, siguiendo hacia el este de la ciudad de Cuernavaca y continuando hacia el sur, hasta prácticamente llegar a la desembocadura del río Lerma.

Lo importante de resaltar es justamente el conocimiento tan preciso que alcanzaron los hacendados sobre la topografía del terreno y el manejo de las es-

6 En México, casi la mitad de los dos millones de km² que comprende su territorio corresponde a propiedad social, específicamente alrededor de 28,000 km² son ejidos y comunidades indígenas, y el resto es principalmente propiedad privada. En el caso de la cuenca del río Turbio, existen zonas como la de la antigua hacienda de Jalpa, en la cual predomina la propiedad privada, aunque en la porción sur la presencia de la propiedad ejidal es mayor.

zonas de cosecha de agua coinciden prácticamente en su totalidad con las áreas productoras de servicios ecosistémicos de primer orden. Esto no quiere decir que no hubiera más infraestructura orientada a la cosecha de agua en las porciones medias de la cuenca, sino que al parecer en este caso estaban orientadas al control de los escurrimientos, tales como represas y canales de conducción, justamente en donde se localizaron las zonas más importantes para la producción de servicios ecosistémicos de regulación.

Determinación de la capacidad de infiltración del suelo

En lo concerniente a la determinación de la capacidad de infiltración del suelo en las zonas seleccionadas —principalmente a partir de la conductividad eléctrica, tomando en cuenta las características de los suelos (especialmente en lo que a contenido de arcilla se refiere) y el cálculo de la recarga del acuífero a partir de la práctica del entarquinamiento—, los resultados no fueron del todo halagadores. Con respecto a lo anterior, se encontró que se requieren varios años para pensar en una recarga del acuífero a partir de la práctica de cosecha de agua entre regular e incipiente. Pero a fin de cuentas, lo que permitió la conservación de las aguas subterráneas al interior de la cuenca fue precisamente esta práctica de entarquinamiento efectuada durante varios siglos. Por lo que se espera que, al realizarse esta de nuevo, se obtenga una sensible reducción del uso de las aguas subterráneas para el riego normal, así como para amortiguar las sequías; esto es justamente lo que se busca alcanzar, dado el alto grado de sobreexplotación en que actualmente se encuentran.

Identificación de instituciones y actores sociales

Dentro de los alcances de la investigación se tuvo en consideración, además de la identificación de los sistemas productivos locales, el tipo de tenencia de la tierra en las diversas porciones de la cuenca, y se buscó, entre otras cosas, el identificar y al menos conocer un poco las instituciones de los tres niveles de gobierno y de los actores sociales involucrados con la propuesta (Pimentel E. s.f.a).

En ese sentido, en el ámbito territorial de los sistemas productivos locales relacionados con la agricultura se encontraron actores sociales de tipo individual y colectivo. Es decir, existen productores agropecuarios que trabajan de forma individual cuando no tienen acceso al riego, e incluso cuando lo tienen. Este grupo está integrado, básicamente, por productores privados en propiedades privadas. Lo anterior no necesariamente implica que cuando tienen acceso al agua trabajen de forma individual, pues pueden estar integrados en unidades de riego en pequeña escala e inclusive en zonas de irrigación de gran escala, como el Distrito de Riego 011, el cual tiene una pequeña zona dentro de la porción sur de la cuenca.

Por otra parte, dentro de la denominada propiedad social, en este caso los ejidos, se tienen identificados productores sin y con acceso a riego dentro de las diversas zonas de la cuenca. Por lo general, cuando tienen acceso al riego, el Estado los contempla bajo la figura de unidades de riego en pequeña escala; generalmente lo hacen mediante el uso de aguas subterráneas, por medio la perforación de pozos profundos. También existe el caso del sistema de riego de Santa Efigenia, que, si bien está catalogado como unidad de riego, abarca un territorio de varios miles de hectáreas. Una situación similar ocurre cuando los ejidatarios están integrados en los sistemas de gran irrigación, como en el caso del ya mencionado Distrito de Riego 011. En la tabla 1 pueden verse, de forma sintética, los ejidos, los poblados, los usuarios de agua de riego y los actores sociales clave de las zonas en donde se encontró infraestructura hidroagrícola vinculada con la cosecha de agua. Desde luego, estos actores conforman grupos de poder y de intereses específicos, que deben considerarse al momento de contemplar un posible arreglo de pago por servicios ecosistémicos.

Por otro lado, existen instituciones gubernamentales de los tres niveles de gobierno, al igual que otras de carácter ciudadano en el ámbito de la cuenca del río Turbio. La mayoría de ellas ejercen acciones de carácter normativo; todo ello dentro del contexto del marco legal para las aguas, tanto nacional y estatal, como ambiental y de protección civil, entre otros. Al respecto fueron identificadas diversas instituciones, las cuales se pueden agrupar según el nivel territorial de competencia y el tipo de funciones que realizan (tabla 2).

Tabla 1. Actores sociales potencialmente vinculados con la práctica de la cosecha de agua.

| Municipios | Ejidos/poblados | Usuarios | Actores clave |
|--------------------------------------|-----------------|----------|--|
| Purísima del Rincón y Manuel Doblado | 37 | 1.300 | Representantes de ejidos y unidades de riego, delegados políticos, productores individuales. |
| Cuerámbaro | 21 | 1.100 | Representantes ejidales y de unidades de riego. |
| Pénjamo | 15 | 200 | Representantes ejidales y de unidades de riego. |

Datos: Pimentel E. s.f.b

Tabla 2. Instituciones gubernamentales, ciudadanas y educativas que intervienen en la gestión del agua en la cuenca del río Turbio.

| Institución | Nivel territorial | Sede | Acciones |
|--|--|---|--|
| Comisión Nacional del Agua | Nacional | Celaya | Vigilar la aplicación de la normatividad nacional del agua, trámites y permisos |
| SEMARNAT | Nacional | Capital del estado | Vigilar la aplicación de la normatividad nacional del medio ambiente, trámites y permisos |
| Comisión Estatal de Agua de Guanajuato | Estado de Guanajuato | Capital del estado | Vigilar la aplicación de la normatividad estatal del agua, trámites y permisos |
| Protección Civil de Guanajuato | Estado de Guanajuato | Capital del estado | Programas y estrategias de protección civil, y acciones preventivas en zonas vulnerables |
| Instituto de Ecología | Estado de Guanajuato | Capital del estado | Vigilar la aplicación de la normatividad ecológica estatal, trámites y permisos |
| Consejo de Cuenca Lerma-Chapala | Regional | Guadalajara, Jalisco | Planeación hídrica, concertación, coordinación y solución de disputas |
| Comisión de Cuenca del río Turbio | Territorio de la cuenca del río Turbio | Presa de Silva, municipio de San Francisco del Rincón | Organismo auxiliar del Consejo de Cuenca y manejo de los recursos hídricos de la cuenca |
| Distrito de Riego 011, Alto Lerma | Regional | Celaya | Gestión del agua, control hidropolítico |
| Gobiernos municipales | Municipal | Cabeceras municipales | Abastecimiento de agua potable, gestión, negociación y financiamiento en el Consejo de Cuenca |
| Asociaciones y unidades de riego | Ejidos y propiedades privadas | Localidades cabeza | Gestión local del agua para riego, cuidado de infraestructura, organización social y plataforma política |
| Instituciones de investigación y educación | Regional y estatal | Principales ciudades de la cuenca y exteriores | Investigación, transferencia de conocimiento y formación educativa |

Datos: Pimentel E. s.f.b

Talleres de inducción sobre la práctica de cosecha de agua

Por otro lado, y dado que la práctica de cosecha de agua tiene muy poca presencia en la memoria histórica de los pobladores de la cuenca en la actualidad⁷, una vez identificadas las zonas en las que era posible recuperar esta práctica, se procedió a explorar sobre la predisposición que con respecto a su recuperación pudieran tener los productores agrícolas locales; considerando también el tipo de propiedad, el nivel de organización social y la presencia de conflicto, entre otros aspectos antes señalados. Todo ello permitió alcanzar una mayor precisión acerca de las áreas más específicas, y a partir de ahí se procedió a programar una serie de talleres de sensibilización sobre el potencial de esta práctica para atemperar las inundaciones en los poblados más afines y, desde luego, para la recuperación de la memoria histórica.

Fue así como se programaron varios talleres en siete poblados, al menos uno por cada una de las cuatro zonas que, de forma operativa, fueron identificadas para esta etapa, a fin de recuperar la práctica del entarquinamiento. Estos se llevaron a cabo con la participación de la gerencia operativa de la Comisión de la Cuenca del Río Turbio, por medio de la difusión y concertación de la fecha y lugar del evento. Por parte del equipo de investigación, fueron dos de los investigadores con ma-

7 En las entrevistas formales e informales que se practicaron a los pobladores de varias zonas agrícolas de la cuenca del río Turbio, respecto a las referencias que sobre la cosecha de agua se encontraron éstas indicaban lo que los informantes habían escuchado de sus padres y abuelos, solo en muy contados casos tenían una idea más o menos clara de las prácticas que ello implica, pero en un nivel de detalle muy grueso. Lo que si se pudo observar fue el conocimiento fino del manejo de las escorrentías y de sus efectos destructivos en las zonas agrícolas y urbanas.

yor bagaje sobre el entarquinamiento —sobre todo en sus aspectos agronómicos y químicos—, al igual que sobre participación social, quienes impartieron los talleres, denominados ambos Taller Teórico-Práctico de Adaptación al Cambio Climático. Práctica del Entarquinamiento de Terrenos Agrícolas.

El objetivo de los talleres fue estimular la participación de los actores sociales locales mediante un posible programa de cosecha de agua para servicios ecosistémicos, a desarrollar posteriormente. En cada uno de estos se expuso “la tecnología del entarquinamiento, sus ventajas, manejo, metodología y la adecuación necesaria de los terrenos para introducir y mantener el agua dentro de las estructuras de bordos y cajas de agua” (Pimentel E. s.f.b). En la misma dinámica, se realizaron discusiones abiertas y colectivas con el objetivo de conocer la disposición y viabilidad social de los actores locales para implementar “la inundación controlada” en terrenos del área (Pimentel E. s.f.b). En la tabla 3 puede observarse esta predisposición en cada una de las localidades consideradas.

Entre los principales resultados cualitativos encontrados en los talleres, se puede señalar que la recuperación de la práctica de cosecha de agua requiere de una importante participación de diversas instancias del gobierno, del orden local y regional o estatal. Aquí vale la pena precisar que los gobiernos del ámbito municipal y estatal, al igual que el propio Ministerio del Agua (CONAGUA), tienen conocimiento del proyecto de investigación, e incluso el Instituto de Ecología del estado de Guanajuato estuvo apoyando la realización de los talleres, a través de la gerencia operativa de la Comisión de Cuenca del río Turbio e impulsando la búsqueda de nuevos fondos para una segunda etapa de la investigación, referida a las estrategias para enfrentar los efectos del cambio climático.

Tabla 3. Predisposición de agricultores locales a recuperar la cosecha de agua.

| Área de trabajo | Localidad | Asistencia | Predisposición a la cosecha de agua |
|--|---------------------|------------|-------------------------------------|
| Purísima del Rincón-Presa Nueva de Jalpa | Jalpa de Cánovas | Buena | Buena |
| Manuel Doblado | Zapote de Adjuntas | Buena | Buena |
| | La Concepción Vieja | Buena | Buena |
| Cuerámaro-La Sarteneja | La Sarteneja | Escasa | Buena |
| Pénjamo-Corralejo-Abasolo | Corralejo | Escasa | Reducida |
| | Huitzatarito | Buena | Buena |
| | La Carroza | Escasa | Buena |

Datos: entrevistas realizadas entre el 2011 y el 2012. Los talleres se realizaron en el 2012.

Pese a percibirse un rechazo inicial con respecto a la propuesta, y a que en el 2011 ocurrió una fuerte sequía agrícola, tal y como se señaló anteriormente, los productores se sensibilizaron sobre la necesidad imperante de hallar alternativas para que el suelo de uso agrícola pudiera tener seguridad en cuanto a la humedad que requieren los cultivos, y adicionalmente de contar con estrategias productivas en las áreas agrícolas que se inundan recurrentemente.

También se tuvo en cuenta la posibilidad de resolver con la posible implementación de la cosecha de agua el problema de las diferentes plagas, animales y vegetales, que afectan al suelo y los cultivos. Se detectó la necesidad de incrementar el nivel de conocimiento agronómico sobre la naturaleza de las plagas y enfermedades, sus impactos en el suelo y los cultivos, y, sobre todo, de conocer sobre el potencial real de la cosecha de agua para el control de plagas y malezas y, sobre los beneficios ambientales del desarrollo de un arreglo para el pago por servicios ecosistémicos.

Dentro de los resultados directos de los talleres de inducción está la propuesta de una zona piloto para el reacondicionamiento de la infraestructura hidroagrícola, anteriormente vinculada con el entarquinamiento, del ejido de La Carroza, en el municipio de Cuerámbaro. Hasta la fecha, según lo comenta el gerente operativo de la Comisión de la Cuenca del Río Turbio, ya están en los preparativos para preparar esta pequeña zona y hacer los primeros ensayos sobre la cosecha de agua para el periodo de lluvias del 2013. Esto no quiere decir que los productores locales estén convencidos de iniciar la recuperación de la cosecha de agua, pues, a decir de los representantes de la aludida Comisión de la Cuenca y del Instituto Estatal de Ecología, es necesario continuar con los talleres de inducción, a la par del desarrollo de la zona piloto.

Para concluir, puede señalarse que lo que se pretende con el presente proyecto es justamente sentar las bases, edificar una plataforma que permita construir una estrategia de recuperación de la práctica de la cosecha de agua, a partir de un acuerdo social de pago por servicios ecosistémicos, como medida para amortiguar los efectos de las inundaciones y de la sequía agrícola, dados los graves efectos del cambio climático global. Para ello la recuperación de la memoria histórica resulta sustancial.

Conclusiones

El cambio climático y sus impactos en las diferentes regiones de México plantea fuertes retos para la gestión

del agua, dadas las recurrentes inundaciones y constantes sequías que afectan zonas como la cuenca del río Turbio. Las previsiones basadas en complejos modelos matemáticos no auguran un buen futuro ni a corto, mediano ni largo plazo. Las estadísticas de producción son evidencia de los constantes siniestros que debilitan a los sistemas productivos agropecuarios, sobre todo en el periodo de temporal de lluvias, tal y como es el caso del que se ha ocupado este artículo. Todo ello impone la búsqueda de soluciones en contextos de creciente adversidad y en condiciones de creciente vulnerabilidad.

En ocasiones los viejos esquemas de gestión de agua, que datan de hace siglos, pueden resultar en una esperanza de solución a problemas actuales: tal es el caso de la cosecha de agua. Sin embargo, el hecho de que se intente recuperar el uso de dichos sistemas no es una garantía, pues se requiere innovar, construir propuestas orientadas a recuperar la memoria histórica con respecto a los usos de las aguas superficiales, y un acuerdo social, con participación de las diversas instancias de los niveles de gobierno local, regional y nacional, para que sean garantes de la consumación de acuerdos de pago por servicios ecosistémicos en ambientes agrícolas. Desde luego que los resultados del presente artículo no cumplen dicho cometido, pero este tipo de propuestas de solución requieren de esfuerzos sucesivos. La materia prima está presente, se ha logrado su identificación, pues se tiene la certeza de que existen los elementos que permitan la construcción de una plataforma orientada en ese sentido.

Buena parte de la infraestructura construida antaño para la cosecha de agua se encuentra en condiciones que prometen una buena refuncionalización bajo procesos de decisión y de organización más complejos, dada la modificación de las formas de gestión del agua, del régimen de propiedad y, por ende, de la organización socioproductiva. Debido a la nobleza del sistema de entarquinamiento o cosecha de agua, es posible amortiguar las inundaciones mediante la retención temporal del agua, al igual que paliar los efectos de la sequía al proveer de humedad al suelo de manera constante, reduciendo así el uso del agua subterránea para auxiliar a los cultivos, lo que a la larga puede implicar la recuperación de los acuíferos de la sobreexplotación de la que han sido objeto, en gran parte por el actual modelo agrícola e industrial que domina las regiones del país.

De ahí que se requiera continuar con la idea de recuperar la práctica de la cosecha de agua a través del

pago por servicios ecosistémicos, como medida para enfrentar en mejores condiciones los impactos del cambio climático. Por tal motivo, se pretende permanecer en esta línea para que en un futuro no muy lejano se puedan construir áreas piloto que permitan el desarrollo de modelos de cosecha de agua por medio del pago por servicios ecosistémicos, que sean flexibles ante las diversas condiciones de la cuenca, y, por tanto, alcanzar la construcción de acuerdos sociales que permitan una mayor adaptabilidad al cambio climático.

La historia no se puede repetir en cuanto al uso de la cosecha de agua alcanzado en la cuenca del río Tur-

bio, pero sí puede enseñar, dar pistas sobre por dónde construir propuestas de solución que hagan más factible una perspectiva de largo aliento con respecto a la gestión del agua al interior de las cuencas hidrológicas. La historia puede permitir recuperar prácticas amables con el medio ambiente que con tanto desdén desechó la modernización del sector agropecuario en las diversas regiones de México, pero que ahora tanta falta hacen para tener un mejor nivel de subsistencia en ambientes altamente intervenidos, como el presente. Nada está resuelto aún, pero existe la posibilidad de construir nuevos edificios con viejos ladrillos.

Octavio González Santana

Doctor en Ciencias Sociales de la Universidad de Guadalajara, México. Es profesor-investigador de El Colegio de Michoacán, México. Sus últimas publicaciones son: (junto con O. Montes) *Estudios michoacanos XIV* (2011); *Entre lomeríos y muros de tierra: los impactos de la pequeña irrigación por represas en el Bajío seco michoacano* (2011), y “Del tarquín a los pozos profundos: breve historia del regadío en el valle de Ecuandureo, en Michoacán” (2011). Sus intereses de investigación son en desarrollo local y gestión social del agua.

Referencias

- Álvarez, Xochitl. 2009. Azota sequía en Guanajuato. *Diario El Universal*. <http://www.eluniversal.com.mx/notas/618647.html> (consultado en julio del 2012).
- Bravo López, Javier Alejandro. 2011. Sequía en Guanajuato es excepcional no atípica: delegado SAGARPA. *Diario Electrónico Zona Franca*, 9 de noviembre del 2011. <http://www.zonafranca.mx/sequia-en-guanajuato-es-excepcional-no-atipica-delegado-sagarpa/> (consultado en julio del 2012).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). s.f. *Archivo histórico del agua: aprovechamientos superficiales*. Ciudad de México. Gobierno Federal.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2002. *Determinación de la disponibilidad de agua en los acuíferos Pénjamo-Abasolo y río Turbio*. Estado de Guanajuato, México: CNA.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2008. *Determinación de la disponibilidad de agua en los acuíferos de la cuenca del río Turbio, estados de Guanajuato y Jalisco*. México: CNA.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2010. *Información sobre las estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Turbio*. México: CNA.
- De Rosenzweig, Fernando. 1875. *Plano topográfico de la hacienda de Jalpa, propiedad del señor Don Manuel Cánovas, medido y dibujado por el ingeniero civil Fernando de Rosenzweig, escala 1:20.000*.
- El Clima.com. s.f. *Inundaciones en San Francisco*. http://www.elclima.com.mx/inundaciones_en_san_francisco.htm (consultado en julio del 2012).
- Eling, Herbert y Martín Sánchez. 2001. Presas, canales y cajas de agua: la tecnología hidráulica en el Bajío mexicano. En *Antología sobre pequeños riego: organizaciones autogestivas*, eds. Jacinta PalermViqueira y Tomás Martínez Saldaña, 11:97-130. México: Plaza y Valdés.
- Flores, Netzahualcōyotl. s.f. Identificación de servicios ecosistémicos en la subcuenca del río Turbio. *Reporte técnico del proyecto Saneamiento y servicios ambientales en la cuenca del río Turbio*. FORDECYT, clave 143446.
- González, Octavio Martín. 2010. *El pequeño riego y sus implicaciones sociales: el caso del valle de Ecuandureo, Michoacán*. Tesis de Maestría en Geografía Humana. El Colegio de Michoacán, Michoacán.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2004. *Conjunto de datos vectoriales y toponímicos, escala 1:250,000*. México: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2006. *Resultados definitivos Estados Unidos Mexicanos, Entidades federativas: II Censo de Población y Vivienda 2005*. Aguascalientes. INEGI. <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2006/Mayo/comunica4.pdf> (consultado en julio del 2012).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2011. *Censo de población y vivienda 2010*. Aguascalientes: INEGI.
- Leal, Ernesto. 1924. *Proyecto de fraccionamiento de la hacienda de Jalpa, proyectado en 1919 por los ingenieros Ceferino Ortiz, Alberto Aranda y Eder Leal León, Guanajuato, escala 1:40.000*. Guanajuato.
- López, Carmen. s.f. *Proceso de conformación territorial de la industria vitivinícola en el estado de Aguascalientes: 1947-1970*. Tesis de Maestría en Geografía Humana. El Colegio de Michoacán. La Piedad, Michoacán.
- López, Elvia, José Pimentel y Jacinta Palerm V. 2008. El entarquinamiento en cajas de agua: el valle de Coeneo-Huaniqueo, Michoacán. *Boletín del Archivo Histórico del Agua* 40:74-81.
- López, Gustavo y José Seefoó. 1993. Entarquinamiento: ¿práctica ecológica o mal manejo del agua? *Memorias del II Simposio y I Reunión Nacional de Agricultura Sostenible: un enfoque ecológico, socioeconómico y de desarrollo tecnológico*, 73-77. México: Comisión de Estudios Ambientales del Colegio de Posgraduados, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Matías, Lucía, Oralía Oropeza, José Lugo, Miguel Cortez y Ernesto Jáuregui. 2007. Análisis de las principales causas de las inundaciones de septiembre del 2003 en el sur del estado de Guanajuato, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 64:7-25.
- Pagés, Aniceto de. 1932. *Gran diccionario de la lengua castellana (de autoridades)*. Barcelona: Fomento Comercial del Libro.
- Palerm V., Jacinta, Martín Sánchez, Herb Eling, Elvia López, José Pimentel E. y Guadalupe Rodríguez. 2002. Entarquinamiento en cajas de agua y otras técnicas hídricas. En *Antología del pequeño riego III, sistemas de riego no convencionales*, ed. Jacinta Palerm V., 21-76. México: Colegio de Postgraduados.
- Pimentel E., José Luis. s.f.a Identificación de los actores sociales involucrados en la propuesta: agencias gubernamentales, propietarios de tierra, que servirá de insumo para la elaboración de un estudio general de impacto social. *Reporte técnico del proyecto Saneamiento y Servicios Ambientales en la Cuenca del Río Turbio*. FORDECYT, clave 143446.
- Pimentel E., José Luis s.f.b Informe del taller teórico-práctico adaptación al cambio climático, práctica del entarquinamiento de terrenos. *Reporte técnico del proyecto*

- Saneamiento y Servicios Ambientales en la Cuenca del Río Turbio*. FORDECYT, clave 143446.
- Protección Civil del Estado de Guanajuato. 2003. *Sistema de información geográfica de las inundaciones ocurridas en Guanajuato en 2003*. Elaborado en base al software cartográfico MapInfo.
- Real Academia Española. [1732] 1979. *Diccionario de la lengua castellana en que se explica el verdadero significado de las voces, su naturaleza y calidad con las frases o modos de hablar, los proverbios o refranes y otras cosas convenientes al uso de la lengua*. España: Gredos.
- Registro Público de Derechos de Agua y Comisión Nacional del Agua (RPDA-CNA). 2012. *Base de datos del RPDA*. <http://www.cna.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115> (consultado en diciembre del 2011).
- Rodríguez, María. 1984. *Jalpa y San Juan de los Otates, dos haciendas en el Bajío colonial*. México: El Colegio del Bajío.
- Salas, Martha. 2009. *Análisis para opciones de manejo de la subcuenca del río Turbio en el estado de Guanajuato*. Tesis de Maestría en Ciencias, con especialidad en Agua Subterránea. Programa de posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sánchez, Martín. 2001. *De la autonomía a la subordinación: riego, organización social y administración de recursos hidráulicos en la cuenca del río Laja, Guanajuato 1568-1917*. Tesis de Doctorado en Historia. Centro de Estudios Históricos, El Colegio de México.
- Sánchez R., Martín. 2007. Jacona: historia de un pueblo y su desencuentro con el agua. En *Informe Final de la primera etapa del proyecto Reserva Patrimonial del Curutarán*, eds. Cárdenas, et ál., 1-82. Proyecto financiado por los Fondos Mixtos Conacyt-Gobierno del Estado de Michoacán. México: Colmich-UMSNH-INAH. Clave Fomix: 2005-01-020.
- Sánchez, Martín y Octavio González. s.f. Reporte sobre la existencia de evidencias de la práctica del entarquinamiento en cajas de agua en la cuenca del río Turbio. *Reporte técnico del proyecto Saneamiento y Servicios Ambientales en la Cuenca del Río Turbio*. FORDECYT, clave 143446.
- Secretaría de Agricultura y Fomento. 1919. *Título de concesión donde se confirman los derechos de la "Hacienda y colonia de Jalpa" sobre un volumen de cien millones de metros cúbicos de agua anuales, con fines de abrevadero, entarquinamiento y riego, provenientes de los arroyos denominados Carrizo de Rubios, Jalpa y San Juan*. México.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). s.f. *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera*. <http://www.siap.gob.mx/> (consultado en marzo del 2012).
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAT). 2001. *Volúmenes de recarga y extracción de acuíferos sobreexplotados por región administrativa de la CNA, 2001; Cuadro III.2.1.11*. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/o3dim_ambiental/o3_o2_Agua/data_agua/CuadroIII.2.1.11_b.htm (consultado en diciembre del 2011).
- United Nations Environment Programme (lead author). 2006. Millennium Ecosystem Assessment. En *The Encyclopedia of Earth*, eds. Carl Folke, J. Emmett Duffy y Sidney Draggan. Washington, D. C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. http://www.eoearth.org/article/Millennium_Ecosystem_Assessment
- Velázquez M., Martha y José Pimentel E. s.f. Estudio técnico para definir la capacidad de infiltración de las zonas inundables. *Reporte técnico del proyecto Saneamiento y servicios ambientales en la cuenca del río Turbio*. FORDECYT, clave 143446.
- Velázquez M., Martha y José Pimentel E. 2009. El entarquinamiento en el valle de Zamora 3: Beneficios físico-químicos y control de hongos fitopatógenos. *Memorias del X Simposio Internacional y V Congreso Nacional de Agricultura Sostenible*, 9-14 de noviembre del 2009. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ISBN 978-607-8003-17-4.
- Velázquez M., Martha, José Pimentel E. y Jacinta Palerm V. 2002. Entarquinamiento en cajas de agua en el valle Zamorano: una visión agronómica. En *Entre campos de esmeralda: la agricultura de riego en Michoacán*, ed. Martín Sánchez, 261-273. México: El Colegio de Michoacán-Gobierno del Estado de Michoacán.
- Velázquez, M., Martha, José Pimentel E. y Jacinta Palerm V. 2003. La inundación controlada: beneficios agrícolas, ecológicos y sociales. En *Memorias Simposio El Acceso al Agua: un problema histórico y actual*, comp. Jacinta Palerm V. y Rolando García Blancón. CD-Rom. ISBN 968839392 4.