

LOS RETOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA GESTIÓN DEL AGUA EN LAS REGIONES DE MÉXICO. EL CASO DE LA CUENCA DEL RÍO TURBIO.

Octavio Martín González Santana¹

RESUMEN

El rescate de la memoria histórica puede resultar un elemento sustancial para la elaboración de estrategias orientadas a paliar los efectos del cambio climático, siendo en este caso las inundaciones recurrentes y la sequía que a últimas fechas afectan 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: Cambio climático, cosecha de agua, servicios ecosistémicos.

INTRODUCCIÓN

Mientras avanza la discusión sobre la existencia y efectos del cambio climático a nivel global, lo cierto es la recurrencia de los periodos de inundación y sequía está cada vez más presente en varias regiones del México. Esto puede observarse de forma especial en donde 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

¹ Doctor en ciencias sociales, especialidad en desarrollo local y gestión social del agua. Publicaciones: Montes, O. y González, O. (editores) (2011). *Estudios michoacanos XIV*. Zamora: El Colegio de Michoacán; González, O. (2011). *Entre lomeríos y muros de tierra. Los impactos de la pequeña irrigación por represas en el Bajío seco michoacano*, en Montes, O. y González, O. (editores). *Estudios michoacanos XIV*, ISBN: 978-607-7764-79-3, Zamora: El Colegio de Michoacán, pp. 269-296; González, O. (2011). *Del tarquín a los pozos profundos. Breve historia del regadío en el valle de Ecuandureo en Michoacán*. *Revista Estudios Agrarios*. Núm. 47. México, D.F.: Procuraduría Agraria. pp. 149 a 170. Profesor-investigador de El Colegio de Michoacán, extensión La Piedad, tel. 3525256107 ext. 2401, octavio@colmich.edu.mx

de una intervención activa del Estado para efecto de desarrollar un modelo agropecuario en gran medida basado en la agricultura de riego que, junto con las demás zonas productivas, permitiría asegurar el abasto interno alimentos, desarrollar una estrategia de exportación de productos de gran valor agregado, pero sobre todo servir como palanca de una modernización de abierta orientación urbano e industrial.

Traigo lo anterior a colación ya que, aunque en apariencia alejados en el tiempo, ambos procesos se cruzan al momento que emergen en el ámbito nacional eventos como la inundación del área metropolitana de Villa Hermosa, en el estado de Tabasco, ocurrido en 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 respecto al manejo del agua en el ámbito regional y cuyos efectos en gran medida han venido a complicar dichas situaciones. Para efecto de la presente ponencia 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 deriva en situaciones de sequías e inundaciones constantes, en aumento sostenido según previsiones ampliamente aceptadas, a lo que habría que agregar la sobre explotación de las aguas superficiales y subterráneas, al igual que su contaminación. Por tanto, el agua adquiere condiciones multidimensionales impregnadas de mayor riesgo para la población y sistemas productivos locales, pues ésta 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 de la presente ponencia es el de dar cuenta del proceso que ocurre en la cuenca del Río Turbio, sobre todo aquel orientado 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; al igual que la construcción de alternativas para contrarrestarlo.

SOBRE LA RUTA SEGUIDA

La presente ponencia es resultado de un proyecto de investigación inter institucional financiado por el FORDECYT², cuyos componentes principales se centran en el saneamiento y los servicios ambientales en la cuenca del río Turbio. Al respecto del segundo componente, la identificación de zonas inundables y una posible aplicación por medio del pago por servicios ambientales, éste pudo realizarse a partir del uso del método de la lectura del paisaje cultural que combina elementos de la geografía histórica a partir del uso de cartografía histórica y su reinterpretación con base en un sistema de información geográfica; de la historia en términos del rastreo documental en archivos y la interpretación de los procesos sociales en su dimensión histórica; de la antropología a través del trabajo de campo y los registros etnográficos que nos permiten identificar a grupos y sujetos sociales que intervienen en la zona de estudio así como un primer acercamiento sobre sus intereses y posiciones respecto al proyecto.

Se recurrió a la arqueología de área que nos permitió la validación del trabajo de gabinete que se realizó en términos de la investigación geográfica e histórica, además de proporcionarnos nuevos datos a ser incorporados al sistema de información geográfica. Finalmente, se realizaron estudios geofísicos utilizando el sondeo eléctrico vertical para medir la resistividad de los materiales geológicos de algunas de las zonas identificadas y determinar su viabilidad.

² Este proyecto de investigación, con el registro FORDECYT número 143446, fue desarrollado por el CIATEC de León, Guanajuato y el Colegio de Michoacán, cuya vigencia fue de septiembre de 2010 a julio de 2012.

La primera fase tuvo que ver con un trabajo de archivo y gabinete para la formulación de un mapa de trabajo inicial donde se plasmaron un primer registro de las zonas inundables. Lo anterior significa la consulta de archivos nacionales y locales que nos permitieron localizar mapas, planos y documentos en general que registran los puntos donde antiguamente se practicaba una forma de cosecha de agua que, con fines distintos a los de ahora, se conoció como entarquinamiento³ en cajas de agua⁴. Un segundo momento de esta fase fue el acopio del material cartográfico vía su reproducción fotográfica; su digitalización, georeferenciación y manejo digital para efectos de análisis.

La segunda fase de esta parte de la propuesta estuvo dedicada a la elaboración del mapa o mapas definitivos de localización de posibles zonas de inundación, así como de la identificación de los principales actores sociales involucrados en la propuesta y un estudio sobre la factibilidad de establecer el pago de servicios ambientales. 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, elaboración de los estudios geofísicos a través del sondeo eléctrico vertical y levantamiento de un inventario de patrimonio cultural tangible, lo que a su vez se tradujo en una nueva cartografía y 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 una

³ 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. (*Diccionario* (1732) 1979:498; *Nuevo Diccionario*, 1868:510; Pagés, (1909) 1932:1007), citado por Sánchez y González.

⁴ Las cajas de agua se pueden definir como extensiones variables de terreno de cultivo (de 5 a 500 hectáreas) 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), control de plagas, disolución de sales minerales, recarga de manto freático, etc. (Eling y Sánchez, 2001; Sánchez, 2001).

parte, que permitan el control de las avenidas extraordinaria del río y sus afluentes a través de su distribución en zonas previamente seleccionadas; y por el otro, 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 en cuanto a respuesta orientada a paliar los efectos del cambio climático.

LA CUENCA DEL RÍO TURBIO

La cuenca del río Turbio se encuentra en la 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 se ubica 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 milímetros anuales, 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 planosoles 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 San Francisco del Rincón-La Purísima de Bustos, los centros urbano e industrial más importantes de la entidad,

quienes junto con las ciudades de Pénjamo, Manuel Doblado, Abasolo y Cuerámara sumaban 1,435,020 habitantes en 2010. Es decir, un poco más de una cuarta parte del total de la población del estado de Guanajuato se concentra en una superficie que apenas suma 11% del total de su territorio. Por tal motivo, para 2004 el 41.7% del personal ocupado en la actividad económica del estado se concentraba en las ciudades de León y San Francisco del Rincón. En términos generales, según el Censo de 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 kilómetro cuadrado.

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, mismas que demandan fuertes cantidades de agua para riego, al grado de existir aproximadamente 3000 pozos profundos del lado guanajuatense (Sálas 2009, p. 94). Sin embargo, en las porciones media y baja de la cuenca los cultivos están expuestos de manera recurrente a las inundaciones, lo que merma de forma considerable su productividad.

El principal agente de las inundaciones es el recurrente desbordamiento del río Turbio y sus afluentes. Como ya se dijo, una de las causas primordiales 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 un alto impacto de las escorrentías en el periodo del temporal de lluvias, en especial cuando éstas son intensas. Dicha problemática aqueja a la zona desde hace bastante tiempo, pues existen registros de inundaciones a partir del siglo XVII. Algunas de ellas han sido bastante importantes, como es el caso de la ocurrida en 1888 en el municipio de León, misma que ocasionó la muerte de 265 personas y 1420 desaparecidos, además de daños considerables en un importante número de casas, en la infraestructura de caminos, así como en zonas de cultivo. Ya en periodos más recientes, fue en 2003 cuando

ocurrió una inundación de dimensiones considerables que afectó a gran parte del sur del estado de Guanajuato, incluyendo la cuenca del río Turbio. De forma similar que en ocasiones anteriores, fueron las precipitaciones y los escurrimientos los que ocasionaron un importante número de damnificados y 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, mismas que al 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 los de los valles 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 ha expedido un poco más de 4,700 concesiones para el aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas. Dicha sobre explotación 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 (CNA, 2002).

Aunque la profundidad de los niveles del agua subterránea es diferenciada, ya que en el caso del acuífero del valle del río Turbio ésta va desde los 10 hasta los 150 metros en su nivel estático (Salas 2009, p. 102), con un abatimiento del orden 1.5 a 5 metros por año. De forma adicional, varios de los puntos de extracción a profundidades considerables se ubican en las zonas de inundación, razón por la que se percibe cierta recuperación del manto freático una vez concluido el temporal de lluvias, según lo reportan los propios agricultores.

UNA HISTORIA DE INUNDACIONES RECURRENTE Y ALGO MÁS...

Haciendo un recuento histórico en esta porción del estado de Guanajuato nos damos cuenta que están muy presentes las inundaciones, mismas que como ya se dijo datan del siglo XVII y

se hacen muy patentes durante el siglo XIX. Ya en el siglo pasado se tienen registros más detallados, y que en la década de 1950 éstas tuvieron gran presencia mediante 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 Cuerámara. En este punto bien valdría la pena hacer el acotamiento de que justamente coincide 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 el desarrollo de la política de perforación de pozos profundos en varias partes del país iniciada en la década anterior (López S/F). Es decir, al momento que la infraestructura hidroagrícola se estaba desarticulando y, por ende, se visualizaba 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 organismo que desde principios de la década de 1950 se enfocó al control político del sector hidráulico, antes que promover el desarrollo regional a partir del enfoque de cuencas hidrológicas, en gran parte derivado del TVA (González, 2010)

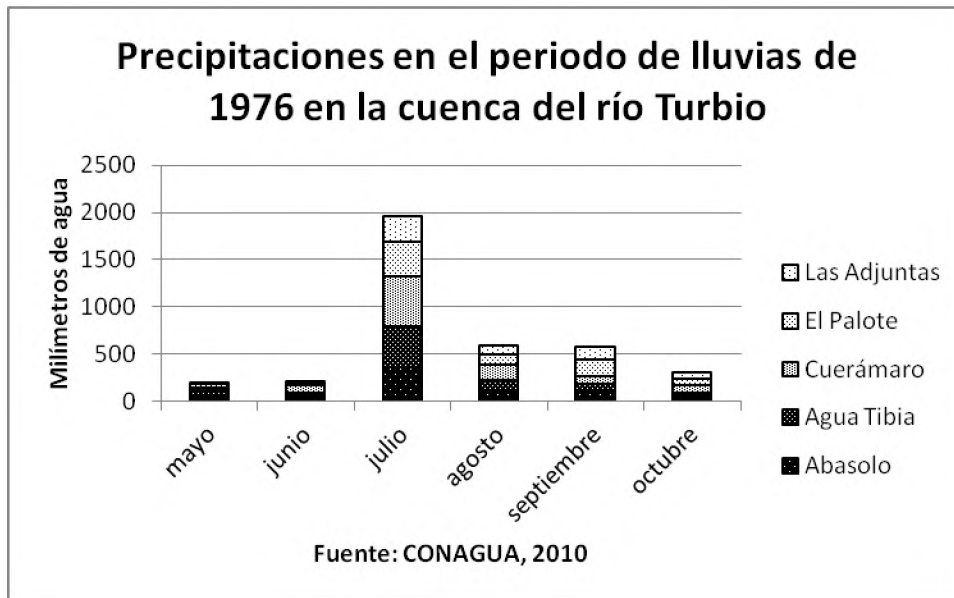
Para la década de 1970 existen más registros de afectaciones de las tierras agrícolas, la infraestructura y los centros de población. Quizá el más importante en su impacto, inclusive mayor que el ocurrido a principios del presente siglo, fue la inundación acontecida en 1976, misma que afectó a la mayoría de los municipios ubicados al interior de la cuenca. Lo cual no sólo refiere a la parte de Guanajuato, sino también 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 cuenca (www.elclima.com.mx).

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 de nueva cuenta resultó afectada la infraestructura, varios centros de población, en especial la ciudad de León, así como las zonas agrícolas. Pero no fue hasta principios del presente siglo cuando se tuvo mayor cobertura de medios informativos debido a las inundaciones ocurridas en 2003, a causa del desbordamiento de varias secciones del río Turbio en el mes de septiembre.

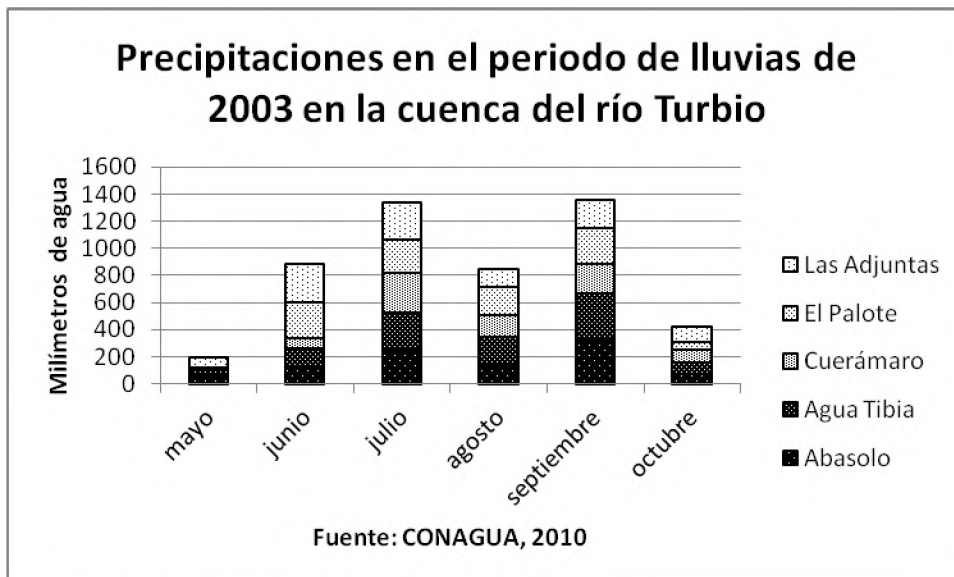
El aludido evento meteorológico tuvo un interés especial para la academia, ya que se manejó dentro del contexto del cambio climático, tan en boga en la actualidad. Algo que llama la atención es la emergencia de una situación de vulnerabilidad ante situaciones como esta y que según Matías et al. (2007), se requieren medidas específicas para prevenir los impactos potenciales a la población y el territorio. Entre éstas 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 muros de encauzamiento” (Matías et al., 2007, p. 22). Las inundaciones han continuado, al menos hasta el 2007, pero cuyos 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, podemos observar que existe una franja que, ubicada hacia ambos márgenes del río Turbio, da cuenta un área que históricamente y de forma recurrente sufre de inundaciones (P. Civil de Guanajuato, 2003). Su análisis resulta en algo complejo, pero de forma un tanto simple puede detectarse en los datos de precipitación correspondientes a los periodos de inundación señalados. Para el presente caso haremos referencia a los eventos de 1976 y 2003, esto según se puede observar en las gráficas siguientes.

Gráfica número 1



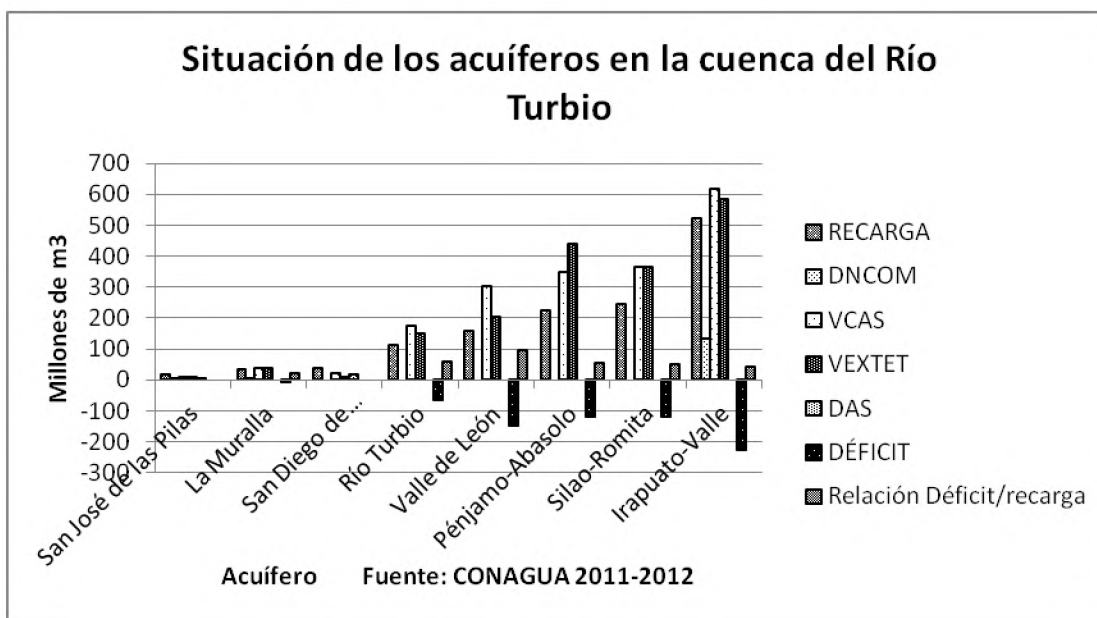
Gráfica número 2



Según se desprende de las dos gráficas anteriores, puede observarse que las condiciones de la concentración del periodo de lluvias corresponden al mes de julio, como es el caso de 1976 y de julio y septiembre para 2003. En ese sentido y pese a los aparentemente mayores impactos en 2003, la concentración de lluvias fue más alta en 1976 y la zona afectada abarcó

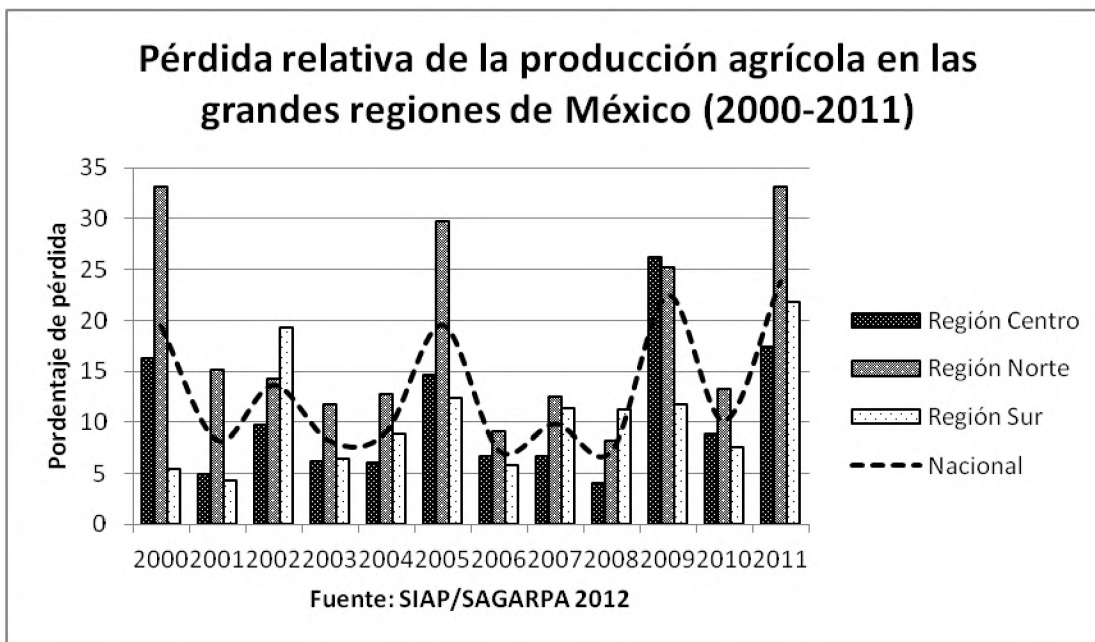
prácticamente a todos los municipios del estado de Guanajuato que se encuentran al interior de la cuenca. Si bien los elementos de explicación resultan bastante limitados, lo cierto es que éstos permiten esbozar la relación entre la concentración de las precipitaciones en un periodo determinado y la ocurrencia del desbordamiento del río Turbio y varios de sus afluentes. A ello habría que agregar el elemento del 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 3000 en la actualidad. Tal y como ocurre en otras regiones del Centro Occidente y Norte de México, se observa una evidente sobre explotación de las aguas subterráneas, en gran parte producto de la sobre concesión, por un lado y la sobre explotación, que incluye el enfrentamiento de la sequía, y aprovechamientos clandestinos por el otro. A tal grado las cosas, que para la actualidad prácticamente todos los acuíferos de la cuenca se encuentran en estado de sobreexplotación y algunos con un déficit creciente. Tal y como lo podemos observar en la gráfica siguiente.

Gráfica número 3



Por otra parte, al menos durante 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, la aplicación de fondos para contingencias climáticas, pero sobre todo en lo que concierne a la superficie agrícola siniestrada. Un fenómeno que tiene efectos diferenciados a lo largo y ancho del territorio mexicano, con importantes recurrencias en el año 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 de la presente ponencia se dividió el territorio mexicano: la norte con mayor aridez, la sur con mayores precipitaciones y la centro en una situación intermedia.

Gráfica número 4

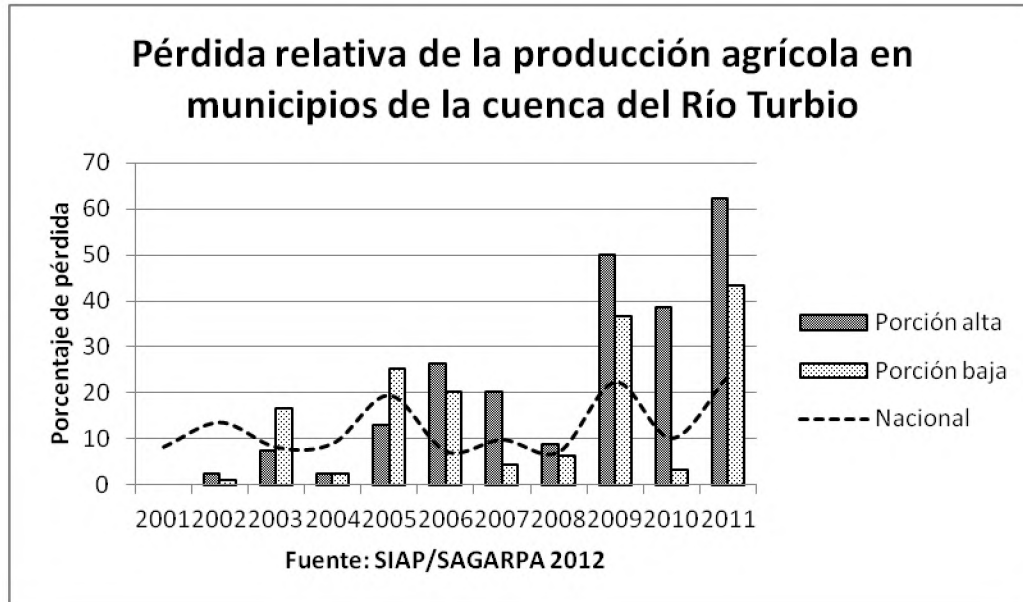


De la anterior gráfica se desprende que la región norte del país, la de mayor aridez, prácticamente en todos los años del periodo que va del año 2000 al 2011 ha sufrido de mayores pérdidas que la media nacional, al igual que del resto de las regiones del país. En ese sentido, dicho nivel de diferenciación de los impactos de la sequía al interior de los municipios comprendidos en la cuenca también puede observarse si éstos se dividen entre la parte baja y

alta. Así las cosas, que está bastante documentada la sequías de 2009 y 2011. Según consta en las declaraciones de funcionarios del Estado ante los medios de comunicación local y nacional (Zona franca 2009 y El Universal 2011).

Bajo ese contexto, la porción alta de la cuenca ha sufrido pérdidas en la producción agrícola del periodo de lluvias, que para el caso de 2009 y 2011 fue del 50 y 60 por ciento respectivamente, mientras que para los mismos años en la parte baja osciló sobre el 40 por ciento. Pero dichos parámetros de pérdida también expresan el impacto de la inundación ocurrida en 2003, la cual afectó la parte baja de la cuenca con cerca de 20 por ciento, aunque sus impactos fueron mayores en los municipios ubicados en la porción sur. Sobrepasando la media nacional no sólo para ese año sino para la mitad de los comprendidos entre 2001 y 2011 en la porción baja y un poco más en la parte alta.

Gráfica número 5



A partir de lo señalado con anterioridad se puede observar que existe un importante grado de complejidad para la gestión de las aguas, sobre todo por el contexto de inundaciones

recurrentes y sobre explotación de las aguas subterráneas. Lo cual implica un fuerte reto para la gestión de las mismas. Sin embargo, como resultado del proyecto de investigación se encontró que desde hace varios siglos existió la práctica de cosecha de agua, mejor conocida como entarquinamiento, cuya recuperación en algunas zonas en buena medida puede resultar en la construcción de estrategias de amortiguamiento ante los embates de las recurrentes inundaciones y constantes sequías. A continuación haremos una breve descripción de la situación en que se encontraba el aprovechamiento de las aguas superficiales con fines de riego y entarquinamiento en lo que fuera la hacienda de Jalpa, en ese entonces propiedad de ex integrantes 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 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", "trincheras", "muros" o "pantles", entre otros. La función principal de estos depósitos es la de capturar el agua para dotar de humedad y fertilidad al suelo. También tiene ventajas en cuanto al control de ciertas malezas y nemátodos. Igualmente ventajoso es que evita la salinización del suelo. Otro efecto potencial es la creación de una ecología particular a donde llegan patos salvajes y proliferan peces, la recarga de acuíferos por la infiltración del agua y, finalmente, el control de avenidas (Velázquez et al., 2002; 2004; Velázquez y Pimentel, 2009).

Esta técnica se utilizó 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 fresa, como es el caso de Valle de Zamora, Michoacán; al igual que sigue practicando de forma

tradicional en los municipios de Coeneo y Huaniqueo en el mismo estado de Michoacán. Dicha técnica es conocida en México de distintas maneras, la más común es la de entarquinar pero se le reconoce como enlagunar, anegar, enlamar y también, de manera errónea por las nuevas generaciones de agrónomos, como riego por inundación (Velázquez et al op. cit.).

Como resultado de la identificación cartográfica y los recorridos de campo por diversos sectores de la porción alta, media y baja de la cuenca, lo que se pudo encontrar fueron evidencias materiales de una práctica generalizada del entarquinamiento o cosecha de agua, misma que abarcaba tanto el uso de las aguas superficiales del río Turbio, de sus afluentes, al igual que de escurrimientos locales. El estado de conservación e inclusive la aparente inexistencia de vestigios materiales en algunas zonas en la actualidad, pero que si fueron identificados en la cartografía histórica, nos indican que en la cuenca del río Turbio existió dicha práctica hasta la primera mitad del siglo XX. Periodo que coincide con el inicio del aprovechamiento de las aguas subterráneas de gran parte del país, un proceso al cual el Bajío no fue ajeno y mucho menos dicha cuenca. Para efecto de ilustrar las condiciones en que se manejaban las aguas superficiales del río Turbio y sus diferentes afluentes, sobre todo con la idea de alcanzar un importante control de las inundaciones y lograr importantes cosechas, fue que los hacendados, rancheros e indígenas construyeron obras de control, conducción, derivación y almacenamiento de agua, en cuanto a un evidente signo de apropiación del territorio y sus recursos. Tal fue el caso de la hacienda de Jalpa, en donde algunas de sus obras provienen del siglo XVII y XVIII.

A continuación, tomando en cuenta el trabajo de Rodríguez (1984), un plano de la hacienda que data de 1875 y la información consignada en el título de concesión de aguas expedido en 1919 por el entonces presidente de la República Venustiano Carranza en favor de la Hacienda y colonia de Jalpa, podemos hacer un primer acercamiento sobre la infraestructura que con motivo de la práctica del entarquinamiento o cosecha de agua, fue construida a lo largo de un

poco más de 200 años en lo que fuera la hacienda de Jalpa, misma que dominaba una superficie de casi 6,000 hectáreas, de las cuales un poco más de 3,000 eran entarquinadas.

Para efecto del manejo del territorio y sus recursos, comprendidos en cerca de 32,500 hectáreas, 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 la 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 se conformaban de cerros y lomeríos dedicados a la cría de ganado mayor y menor. En cambio otras 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 de pie de monte, para la producción de maíz, frijol y calabaza, la zona dedicada a la agricultura irrigada representaba un complejo sistema de infraestructura hidroagrícola, cuyo manejo permitía aprovechar las aguas de pequeños escurrimientos, importantes arroyos como los de San Juan, Carrizo de Rubios y Jalpa, así como un caudal importante del Río Turbio. Para ello se había logrado 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 en frijol.

Dicha infraestructura se componía de presas de mampostería utilizadas para almacenar, controlar y derivar las aguas de los arroyos antes mencionados, ubicadas en la parte media, que en sentido descendente eran 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 la derivación de las aguas del Río Turbio y el arroyo de Jalpa. Principalmente se puede mencionar las represas 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 el arroyo Jalpa y 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, misma que era abastecida por las presas Vieja de Jalpa y Santa Efigenia.

De forma amplia puede señalarse que podía distinguirse al menos seis zonas o subsistemas de riego y cuyo perímetro se puede 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 una huerta que eran abastecidas por la represa Derivadora y un escurrimiento local. En conjunto sumaban una superficie aproximada de 980 hectáreas.

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. Pudiera decirse que el número de cajas de agua era menor que el anterior con cinco, las cuales en una superficie de 700 hectáreas recibían el agua por al menos dos canales, donde el primero provenía de la represa derivadora los Sauces en sentido este-oeste y un segundo que en el mismo sentido, pero un poco más al sur, salía del arroyo de Jalpa.

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 de Cañada de Negros. Todo indica que 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. 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 hectáreas.

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

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

Lo que pudiera considerarse como un sexto subsistema localizado en la esquina suroeste de la hacienda (fracción de Frías), estaba alimentado mediante 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 hectáreas.

El manejo de una infraestructura hidroagrícola de tal envergadura implicaba de 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 eran trabajados directamente por la hacienda. Algo muy diferente de la zona de agricultura de 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 puede 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; La Estancia de San Ignacio de las Estacas y El Toro, que muy probablemente permitían el dominio del cuarto y sexto subsistemas.

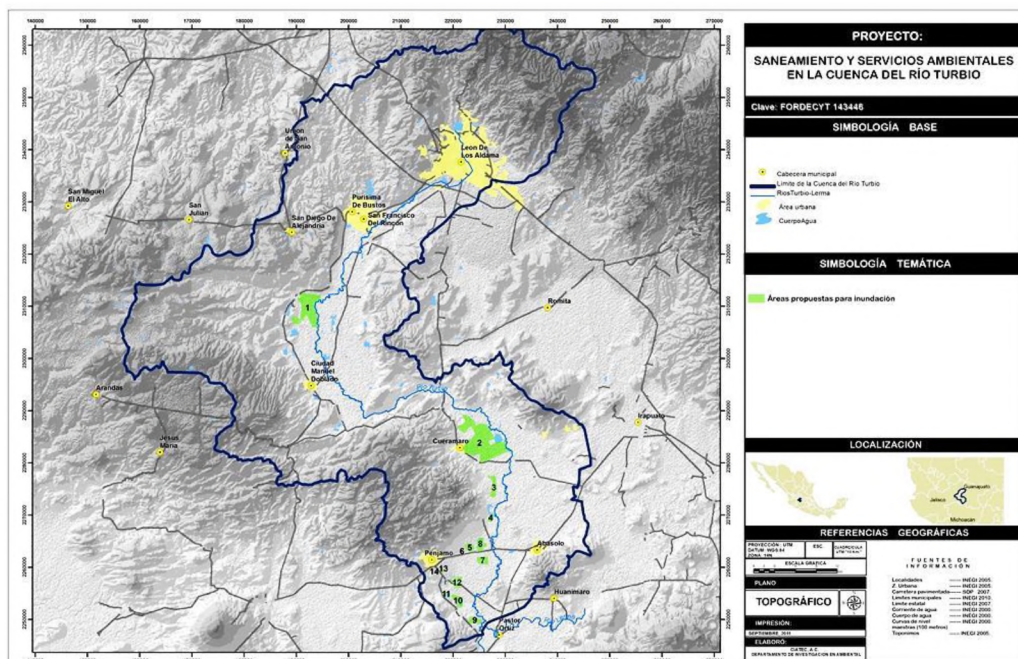
Por último, puede mencionarse que la producción local era almacenada en al menos tres trojes que estaban estratégicamente ubicadas en el poblado de Jalpa y relativamente cerca de los poblados de San Ángel y la Estancia de San Ignacio de las Estacas.

En vista de lo anterior puede verse que el entarquinamiento o cosecha de agua es una práctica muy noble y 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 inundaciones y las crecientes sequías. De ahí que 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 efecto de enfrentar los efectos de la sequía por la falta de lluvias.

ALGUNOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Como parte de los resultados de la investigación y una vez que se logró procesar la información levantada en campo y confrontarla con las condiciones de conservación de las obras de infraestructura, pero sobre todo a partir de la disponibilidad de los productores agropecuarios locales para desarrollar la práctica de cosecha de agua por medio del pago de servicios ecosistémicos, es que se definieron las principales áreas susceptibles para la recuperación de la práctica del entarquinamiento, en cuanto a medida orientada a amortiguar los efectos de las recurrentes inundaciones y los eventos de sequía agrícola y, en razón de lo posible, la recuperación paulatina del manto freático por medio de la infiltración. Para efecto de exposición y dado lo limitado del espacio en este documento es que nos basamos en el siguiente mapa donde se señalan en color verde las 3 zonas que al respecto fueron definidas.

Mapa 1. Identificación de áreas propuestas de la recuperación de la cosecha de agua



Bajo el riego de pecar de simplicidad, intentaremos dar aunque sea 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 talleres de sensibilización sobre la práctica del entarquinamiento promovidos por la gerencia operativa de la Comisión de la Cuenca del Río Turbio. Todo ello alrededor de las tres zonas ubicadas en la porción media y baja de la cuenca: la primera de ellas en parte de lo que fuera la hacienda de Jalpa y con predominancia de la propiedad privada, muy cerca de las localidades de Jalpa de Cánovas, Guadalupe de Jalpa y El Toro; la segunda hacia el sureste de la primera y al este de la ciudad de Cuerámara, en lo que fuera la hacienda de la Sarteneja, con predominancia de la propiedad ejidal y, la tercer zona se encuentra en varios fragmentos hacia el lado este del tramo del río Turbio localizado entre las ciudades de Cuerámara y Pénjamo, con un régimen de propiedad similar a la anterior, cerca de las localidades de Zapote de Barajas, Cobertizo de Barajas, San Miguel de Villaseñor, Corralejo, La Tepuza, entre otras.

IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

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

Lo importante a resaltar es justamente el conocimiento tan fino que alcanzaron los hacendados sobre la topografía del terreno y el manejo de las escorrentías a lo largo de varios siglos, pues prácticamente en su totalidad las antiguas zonas de cosecha de agua coinciden 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, pero al parecer en este caso orientadas al control de los escurrimientos, tales como represas y canales de conducción, justamente donde se localizaron las zonas más importantes para la producción de servicios ecosistémicos de regulación.

De esta forma se logró una plataforma que posibilitará el desarrollo de un modelo para el pago de servicios ecosistémicos, sobre todo en lo que respecta a la determinación de los costos concernientes a la definición de alguna de las modalidades para el mecanismo de pago a los proveedores del servicio. Para ello se está proyectando en una etapa posterior el desarrollo de un modelo de pago por servicios ecosistémicos por medio de una zona piloto, mismo que será la base para el acuerdo a implementar de forma muy probable en un futuro cercano en varias partes de la cuenca.

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL SUELO

En lo concerniente a 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 concierne y el cálculo de la recarga del acuífero a partir de la práctica del entarquinamiento, los resultados no fueron del todo halagadores. Pues al respecto de lo anterior, se encontró que se requiere de varios años para pensar en una de regular a incipiente recarga del acuífero a partir de la práctica de cosecha de agua. Pero a final de cuentas lo que permitió la conservación de las aguas subterráneas al interior de la cuenca fue precisamente la práctica del entarquinamiento

efectuada por varios siglos. Por lo que al realizarse ésta de nueva cuenta, supone una sensible reducción del uso de las aguas subterráneas para el riego normal, así como para amortiguar las sequías, que son justamente las que se busca recuperar dado su alto grado de sobre explotación en que actualmente se encuentran.

TALLERES DE INDUCCIÓN SOBRE LA PRÁCTICA DE COSECHA DE AGUA

Por otro lado y dado que la práctica de cosecha de agua no está presente en la memoria histórica de los pobladores de la cuenca en la actualidad, una vez identificadas las zonas donde era posible recuperar dicha práctica debido al grado de conservación de la infraestructura, se procedió a explorar sobre la predisposición que respecto a su recuperación pudieran tener los productores agrícolas locales, considerando también el tipo de propiedad, nivel de organización social, la presencia del conflicto, entre otros. Todo ello permitió alcanzar mayor precisión sobre áreas más específicas y a partir de ahí se procedió a programar una serie de talleres de sensibilización sobre el potencial de dicha práctica para atemperar las inundaciones en los poblados más afines.

Fue así como se programaron varios talleres en un total de 7 poblados, al menos uno por cada una de las cuatro zonas que fueron identificadas de forma operativa para esta etapa, a efecto de recuperar la práctica del entarquinamiento o cosecha de agua. Éstos 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 mayor bagaje sobre el entarquinamiento, sobre todo en sus aspectos agronómicos, químicos, al igual que de la participación social, quienes se enfocaron en la impartición de los talleres y cuyo eje principal fue la de un “Taller teórico-práctico de adaptación al cambio climático. Práctica del entarquinamiento de terrenos agrícolas”.

En cada uno de los talleres 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”. 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 (Equihua y Velázquez).

Entre los principales resultados 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 de gobierno del orden local y regional o estatal. Pese a percibirse un rechazo inicial y como el 2011 fue un año en el que ocurrió una fuerte sequía agrícola, tal y como lo señalamos anteriormente, los productores se sensibilizaron sobre la necesidad imperante de alternativas para que el suelo de uso agrícola pueda tener seguridad en lo que humedad requieren los cultivos, adicional a contar con estrategias productivas en las áreas agrícolas que de forma recurrente se inundan.

Otro elemento fue 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. Aunque se detectó la necesidad de incrementar el nivel del conocimiento agronómico sobre la naturaleza de las plagas y enfermedades, sus impactos en el suelo y los cultivos, pero sobre todo conocer sobre el potencial más real de la cosecha de agua para el control de plagas y malezas y sus beneficios ambientales a partir del desarrollo de un arreglo para el pago por servicios ecosistémicos.

Para concluir, puede señalarse que lo que se pretende con el presente proyecto es justamente sentar las bases, edificar una especie de plataforma que permita construir una estrategia de

recuperación de la práctica de la cosecha de agua, mejor conocida como entarquinamiento, a partir de un acuerdo social de pago por servicios ecosistémicos, en cuanto a una medida para amortiguar los efectos de las recurrentes inundaciones y los impactos de la sequía agrícola, en el contexto de importantes efectos del cambio climático global.

CONCLUSIONES

La presencia del 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 a zonas como la cuenca del río Turbio. Las previsiones que basadas en complejos modelos matemáticos no auguran un buen futuro al corto, mediano ni largo plazos. 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 que nos ocupa. Todo ello impone la búsqueda de soluciones ante contextos de creciente adversidad y en condiciones de creciente vulnerabilidad.

Pero 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 de innovar, de construir propuestas orientadas a recuperar la memoria histórica respecto a los usos de las aguas superficiales, aunque ahora en base al acuerdo social, a una participación de las diversas instancias de los niveles de gobierno local, regional y nacional quienes sean garantes de la consumación de acuerdos de pago por servicios ecosistémicos en ambientes agrícolas. Desde luego que los resultados de la presente ponencia no llegan a dicho cometido. Pero este tipo de propuestas de solución requieren de esfuerzos sucesivos. La materia prima se encuentra presente, se ha logrado su identificación,

pues se tiene la certeza de que existen los elementos que permiten la construcción de una plataforma orientada en ese sentido.

Buena parte de la infraestructura construida en antaño para la cosecha de agua se encuentra en condiciones que prometen una importante re funcionalización bajo procesos de decisión y organización más complejos, dada la modificación de las formas de gestión del agua, del régimen de propiedad y por ende de la organización socioproductiva. Pero 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 ante la sobre explotación de la que han sido objeto, en gran parte derivado del actual modelo agrícola 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 esa línea para en un futuro no muy lejano poder construir áreas piloto que permitan el desarrollo de modelos de cosecha de agua por medio del pago por servicios ecosistémicos, mismas 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 repite en cuanto al uso de la cosecha de agua alcanzado en la cuenca del río Turbio, pero si nos enseña, nos da pistas por donde construir propuestas de solución que hagan más permisible una perspectiva de largo aliento respecto a la gestión del agua al interior de las cuencas hidrológicas. De 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.

BIBLIOGRAFÍA

Archivo histórico del Agua, Aprovechamientos Superficiales, Ciudad de México

Comisión Nacional del Agua 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en los acuíferos Pénjamo-Abasolo y río Turbio, estado de Guanajuato. México: CNA.

Comisión Nacional del Agua 2011-2012. 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, Meteorológico nacional 2010. Información sobre las estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Turbio.

De Rosenzweig, F. 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.

Diario El Universal (2009). Azota sequía en Guanajuato. El Universal.

Diario Electrónico Zona Franca 2011. Sequía en Guanajuato es excepcional no atípica: Delegado SAGARPA. Noticia del 9 de noviembre de 2011 de Javier Alejandro Bravo López. Consultado en julio de 2012 <http://www.zonafranca.mx/sequia-en-guanajuato-es-excepcional-no-atipica-delegado-sagarpa/>

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 (1732). 1979. Real Academia Española / España: Gredos.

Eling, Herbert H. Y Martín Sánchez 2001. "Presas, canales y cajas de agua: la tecnología hidráulica en el Bajío mexicano", en Jacinta Palerm Viqueira y Tomás Martínez Saldaña (editores) Antología sobre pequeño riego. Organizaciones autogestivas, Volumen II, págs. 97-130, México: Plaza y Valdés, El Colegio de Posgraduados.

Flores, N. (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, financiado por el FORDECYT, clave 143446.

González, O. 2010. El pequeño riego y sus implicaciones sociales. El caso del valle de Ecuandureo, Michoacán. Doctorado en Ciencias Sociales de la Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2011. Censo de Población y Vivienda 2010, Aguascalientes: INEGI.

Inundaciones en San Francisco. (Consultado en Julio de 2012).

http://www.elclima.com.mx/inundaciones_en_san_francisco.htm

Leal, E. 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.

López, C. (S/F). Proceso de conformación territorial de la industria vitivinícola en el estado de Aguascalientes: 1947-1970. Investigación realizada dentro del Programa de Maestría en Geografía Humana de El Colegio de Michoacán. La Piedad, Michoacán.

Matías, L., Oropeza, O., Lugo, J., Cortez, M. y Jáuregui, E. 2007. Análisis de las principales causas de las inundaciones de septiembre de 2003 en el sur del estado de Guanajuato, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Núm. 64, 2007, pp. 7-25

Pages, Aniceto De 1932. Gran diccionario de la lengua castellana (de autoridades), Barcelona: Fomento Comercial del Libro.

Pimentel, J. y Velázquez, M. (S/F) 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, financiado por el 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.

Registro Público de Derechos de Agua (RPDA) de la CNA. (Consultado en diciembre de 2011) <http://www.cna.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115>

Registro Público de Derechos de Agua de la Comisión Nacional del Agua

Rodríguez, M. 1984. Jalpa y San Juan de los Otates, dos haciendas en el bajo colonial. México: El Colegio del Bajío.

Salas, A. 2009. Análisis para opciones de manejo de la subcuenca del río Turbio en el estado de Guanajuato. Tesis maestría en ciencias, con especialidad en agua subterránea. Programa de posgrado en ciencias de la tierra. Instituto de Geofísica de la UNAM.

Sánchez, M. 2001. De la autonomía a la subordinación. Riego, organización social y administración de recursos hidráulicos en la cuenca del río Laja, Guanajuato, 1568-1917, Programa de doctorado en Historia, El Colegio de México.

Sánchez, M. y González, O. (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, financiado por el 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. Hecha en la ciudad de México el 14 de julio de 1919.

Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAT) 2001. Cuadro III.2.1.11 Volúmenes de recarga y extracción de acuíferos sobreexplotados por región administrativa de la CNA, 2001. (Consultado en diciembre de 2011)

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/CuadroIII.2.1.11_b.htm

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. (Consultado en marzo de 2012). <http://www.siap.gob.mx/>

United Nations Environment Programme (Lead Author); Carl Folke, J. Emmett Duffy, Sidney Draggan (Topic Editor) "Millennium Ecosystem Assessment". In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). [First published in the Encyclopedia of Earth December 21, 2006; Last revised Date September 1, 2011; (Retrieved June 1, 2012) <http://www.eoearth.org/article/Millennium_Ecosystem_Assessment>

Velázquez, M. y J.L. Pimentel. 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. y Pimentel, J. (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, financiado por el FORDECYT, clave 143446.

Velázquez, M., Pimentel, J. y Palerm, J. 2002. Entarquinamiento en cajas de agua en el valle zamorano: una visión agronómica. En: Sánchez, R.M. (Ed). Entre campos de esmeralda: la agricultura de riego en Michoacán. pp. 261-273. México: El Colegio de Michoacán-Gobierno del Estado de Michoacán.