

Enfoque regional de manejo integrado del agua en la microcuenca El Pantano, Morelos, México

Regional approach to integrated water management in the small watershed El Pantano, Morelos, Mexico

FERNANDO JARAMILLO MONROY*
ELISABET VERÓNICA WEHNCKE RODRÍGUEZ*
VÍCTOR HUGO FLORES ARMILLAS**
OSCAR MARIO POHLE MORALES***
XAVIER LÓPEZ-MEDELLÍN*

Abstract

This study combines social-historical and functional analysis of a small watershed under a regional perspective; it tries to understand past patterns of use and identify weaknesses and strengths towards an integrated management plan for land and water. This analysis revealed that, in terms of its operation, this small watershed depends on a regional hydrological flow system connected to adjacent basins, and that interrelationships between natural and social components, and organized social movements were key aspects in its rescue, and in the creation of an adaptive dynamic management program.

Keywords: *historical ecology, integrated water resources management, water governance, Morelos.*

Resumen

Este estudio combina análisis socio-históricos y funcionales, bajo una perspectiva regional, de una microcuenca hidrológica; intenta entender los patrones de uso pasados e identificar debilidades y fortalezas hacia un plan de manejo integral del territorio y el agua. El análisis reveló que, en términos del funcionamiento, esta microcuenca depende de un sistema de flujo regional y conexión a otras microcuencas adyacentes, y que las interrelaciones entre los componentes natural y social, así como los movimientos ciudadanos organizados fueron aspectos clave en el rescate de la microcuenca y en la creación de un programa de manejo dinámico adaptativo.

Palabras clave: *ecología histórica, gestión integrada de los recursos hídricos, gobernanza del agua, Morelos.*

* Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC) Universidad Autónoma del Estado de Morelos, correos-e: fjm5@hotmail.com, lizwehncke@gmail.com, xlmedellin@uaem.mx

** Estudiante de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, correo-e: victor_bios@hotmail.com

*** Consultor independiente, correo-e: opohle@gmail.com

Introducción

A nivel global, la demanda de agua excede la oferta y los conflictos respecto a su calidad aumentan progresivamente, también se incrementa la necesidad de encontrar un acuerdo razonable entre los usos competitivos por ella; en esta lógica, es prácticamente imposible afrontar los problemas en torno al agua –elemento de conexión de los procesos ecosistémicos– sin considerar el uso y la gestión del territorio, así como lograr un enfoque holístico sin una visión de cómo funciona el socio-ecosistema en conjunto.

Han pasado ya 30 años desde que el enfoque de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) se articuló, inicial y exhaustivamente, como un elemento de desarrollo sostenible en la Conferencia de Río (GWP, 2000) y podemos decir que, aunque ha habido progresos, la GIRH sigue siendo objeto de escrutinio; incluso algunos críticos consideran que se trata más de una meta teórica –un plan para emular– que de un marco de acciones claras y de estrategias adaptativas que se lleven a la práctica (Dourojeanni, 2001; Biswas, 2008; Jensen, 2013; Giordano y Shah, 2014; entre otros). Actualmente, el compromiso es más grande; la agenda 2030 de la GIRH plantea el logro de progresos más tangibles, más rápidos y a mayor escala de lo que se ha logrado.

Los complejos procesos que actúan sobre múltiples escalas espaciales y temporales complican el nivel de acción; la cuenca hidrológica debe ser la base para entender la función adecuada de los sistemas de flujo y los procesos, así como para la correcta planificación y gestión del agua y el territorio (Carrillo-Rivera y Cardona, 2008; Ouyse *et al.*, 2018; Yu y Duffy, 2018).

La GIRH, como enfoque conceptual pertinente para planificar y gestionar el manejo de las cuencas hídricas y como instrumento de restauración y conservación de los ecosistemas, ha sido ampliamente reconocida en el ámbito internacional (Semarnat, 2013; Cornes y Sandler, 1996; Cotler Ávalos y Pineda López, 2008; Cotler Ávalos y Caire, 2009; Cotler Ávalos, 2010; 2015; IDEAM, 2004a; 2004b; Biestroek *et al.*, 2009; Vargas Velázquez *et al.*, 2010; Kempler y Alvarado, 2001; Mirassou, 2009; Conagua, 2014; UICN, 2009; Bassi, 2007; Merlinsky, 2013; Dourojeanni *et al.*, 2002; Dourojeanni, 2004; World Vision, 2000; Sánchez Cohen *et al.*, 2010; Conabio, 2016; Mederey y Gutiérrez, 2013; FAO, 2007; Burgos *et al.*, 2015; Maass Moreno, 2015). La cuenca hidrológica comprende las aguas superficiales y las del subsuelo (Domínguez y Carrillo-Rivera, 2007) y es el espacio que vincula a la sociedad, el ambiente, la cultura y la historia.

La dimensión histórica de una cuenca se va construyendo paulatinamente a través de cambios apoyados en procesos de continuidad y discontinuidad del tejido histórico y social en torno a su territorio y sus

servicios ecológicos (García García y Kaufer Michel, 2011). El enfoque de la ecología histórica, por lo tanto, contribuye en entender los procesos de transformación de los ecosistemas del pasado, detallando el proceso de modificación del paisaje a lo largo del tiempo con el fin de obtener una comprensión completa de sus efectos acumulativos (Crumley, 1994). De esta manera se pueden analizar y entender las relaciones dialécticas que existen entre los actos humanos y los actos de la naturaleza que quedan manifiestos en el paisaje (López y Ospina, 2008).

El enfoque geográfico y funcional de cuenca hidrológica nos permite entender la evolución en la interacción de dos grandes subsistemas: el natural y el social, cada uno de estos está integrado por diversos sub-sistemas o componentes; el natural, por componentes geológicos, hídricos, edáficos, climáticos y bióticos; el social, por componentes culturales, políticos, socioeconómicos y tecnológicos; esto permite que la cuenca funcione como un sistema abierto, complejo, autorregulador, disipativo y adaptativo (Oswald Spring y Hernández Rodríguez, 2005; Walker *et al.*, 2010; Maass Moreno, 2015).

Las cuencas permiten entender espacialmente el ciclo hidrológico y los servicios ecosistémicos que proveen (Cotler Ávalos, 2015), representan divisiones naturales del paisaje y para muchos propósitos constituyen el contexto idóneo para la planificación y gestión de los elementos naturales (Cotler Ávalos, 2010). La GIRH es un intento hacia la gestión integral u holística de estos socio-ecosistemas (Maass Moreno y Cotler Ávalos, 2005; Maass Moreno, 2015), no a través de sus componentes, sino combinando sus relaciones, interacciones y retroalimentaciones (Walker *et al.*, 2010).

La GIRH constituye el paradigma actual de la gestión del agua a nivel mundial, busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de agua a través de la conciliación entre el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas (Martínez Valdés y Villalejo García, 2018). El desarrollo comunitario y los procesos de participación no se pueden pensar desanclados del territorio, por lo tanto, podemos considerar que éste es un articulador de movilización social, la manifestación activa de las comunidades; no es tan sólo nuestra ubicación espacial, sino referente de ubicación social (Molina Molina y Ramírez Seguro, 2009).

En países como México, los principios de la GIRH llegaron hace más de dos décadas y media, y se incluyeron explícitamente en la reforma a la Ley de Aguas Nacionales de 2004. Sin embargo, este modelo de gestión no parece considerar las prácticas específicas de la gestión local del agua por parte de entidades gubernamentales y organizaciones sociales (Vargas Velázquez, 2018).

En México, el agua esta considerada propiedad nacional y es administrada por la autoridad federal, que a su vez delega funciones a las comisiones de

agua estatales y a los operadores de agua a nivel municipal, asignándola mediante títulos de concesión a las asociaciones de usuarios. En múltiples casos, los organismos municipales han delegado en el estatal la operación de dichos organismos.

Además de las leyes formales a nivel nacional, existen marcos regulatorios locales, generalmente de carácter comunitario (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento *et al.*, 2007); también hay movimientos sociales que surgen de la sociedad urbana, los sectores socioeconómicos medios y los grupos profesionales; los numerosos conflictos y movimientos sociales en torno al agua en México reflejan complejidades que la propuesta de la GIRH no ha logrado abordar adecuadamente (Vargas Velázquez, 2018), esto podría deberse a una incapacidad o dificultad de la autoridad federal para adaptar correctamente estos principios al escenario mexicano.

No lograr determinar la adecuada escala de estudio y acción puede ser una de las limitantes más significativas para la implementación de la GIRH: algunos estudios muestran cómo, a una escala manejable sencilla de microcuenca, se ha logrado la atención a problemas locales relacionados con calidad ambiental, aprovechamiento de recursos naturales y mejoramiento de calidad de vida (Cotler Ávalos y Pineda López, 2008; Cotler Ávalos y Caire, 2009), por lo tanto se espera que, a nivel de microcuenca, se identifiquen las causas de externalidades y los usuarios involucrados, los intereses locales, las compensaciones necesarias y la participación de la población de una manera mas directa.

Los estudios basados en microcuencas, como área de organización y acción, han sido eficientes en lograr planificar de forma operativa las acciones de recuperación y conservación de los recursos naturales y el adecuado aprovechamiento social de los mismos (Bassi, 2007), esta escala permite incluir simultáneamente aspectos económicos, sociales y ambientales (UICN, 2009), y posibilita de manera mas directa la implementación del enfoque de la GIRH (World Vision, 2000).

El Estado de Morelos, en particular, tiene un patrimonio cultural e histórico sobre el manejo del territorio y uso del agua; gestión que data de la época prehispánica: su operación original tenía reglas estrictas en cuanto a equidad y cuidado del recurso que en la actualidad no se cumplen (Guzmán Puente, 2017); aunque Morelos ha sido reconocido como uno de los territorios mexicanos privilegiados debido a la abundancia de barrancas, manantiales y ríos, su biodiversidad, sus suelos fértiles y un microclima excepcionalmente confortable para los humanos (Jaramillo Monroy, 2010), esta región ha sufrido un deterioro ambiental acelerado durante las últimas décadas, el cual se debe, principalmente, al crecimiento explosivo de la población y al desarrollo urbano, agrícola e industrial no planificado (García Barrios *et al.*, 2008; 2015).

La falta de una visión regional holística en cuanto al funcionamiento del sistema socio-hidrológico (Batllori Guerrero, 2004; Jaramillo Monroy, 2010), por un lado, y en cuanto a las experiencias de manejo preexistentes en la gestión del agua (Carrillo-Rivera y Cardona, 2008) —las cuales suelen ser a escala de microcuenca— por el otro, resultan actualmente en la ausencia de planes de gestión del agua y el territorio que sean integrados y sostenibles en las instituciones públicas federales.

El presente estudio intenta interpretar el uso y manejo —pasado y actual— del territorio y el agua en la Región Noroeste del Estado de Morelos (RNEM), así como el funcionamiento de una microcuenca inmersa en esta región. Debido al énfasis global puesto en la GIRH a propósito de la necesidad de conocer resultados de casos y experiencias locales, para acelerar y hacer operativas las estrategias adaptativas a mayor escala, este estudio muestra resultados de acciones locales de gestión del agua y el territorio en la microcuenca de El Pantano (MEP), para esto se plantearon tres objetivos: en primer lugar, realizar un análisis retrospectivo del uso del agua y el territorio en la MEP y la forma en que las comunidades ancestrales fueron construidas y organizadas bajo perspectivas socioambientales particulares en el pasado, hasta el tiempo presente; en segundo lugar, aplicar una perspectiva geográfica y funcional para el análisis biofísico de la microcuenca hidrológica, a fin de poder proponer un manejo y gestión eficientes del agua y el ambiente; por último, se presentan resultados de un análisis que considera en conjunto los componentes sociales y naturales de la microcuenca, y un análisis de los movimientos y acciones locales que han conducido a generar un programa de manejo y gestión comunitaria para esta microcuenca, el cual está implementándose actualmente.

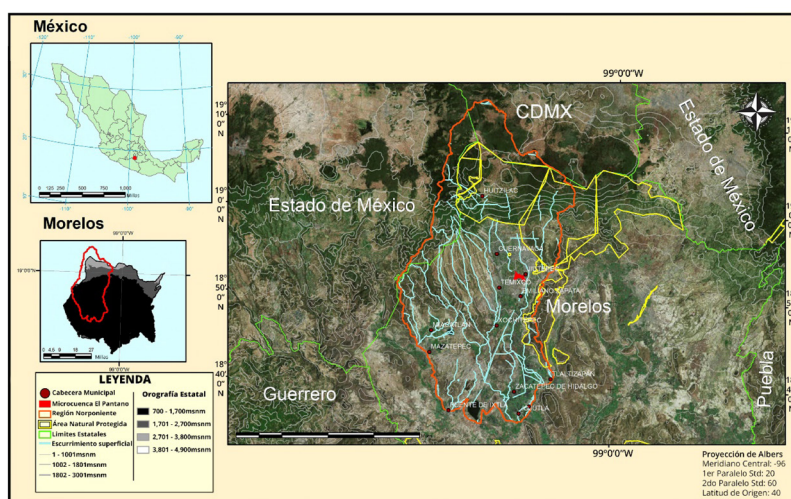
1. Región de estudio: características generales y principales problemas ambientales

Morelos es el segundo estado más pequeño de México (4,879 km²), representa 0.2% del área del país; en esta entidad se encuentran dos regiones biogeográficas, la neártica y la neotropical; contiene ocho de los 10 ecosistemas y 14% de la flora y fauna de México (CEAMA y Conabio, 2003; Conabio y UAEM, 2004); en contraste con esta gran riqueza natural, Morelos ha perdido la mayoría de sus ecosistemas en los últimos 40 años. En 2013 quedaban 34,000 ha (7 % del área del estado) de bosques y selvas conservadas (Conafor, 2013). Morelos ocupa el segundo lugar en términos de transformación y destrucción de los ecosistemas naturales en México (Flores Villela y Gerez, 1994).

La población de Morelos aumentó de 386 mil habitantes, en 1960, a más de 1.9 millones, en 2017, es uno de los estados más densamente poblados del país (Inegi, 2017). El escenario es más preocupante porque durante las últimas décadas ha habido un aumento descontrolado de los asentamientos urbanos e industriales en áreas de alta permeabilidad del suelo y desaparición de gran parte de la vegetación natural, afectando la disponibilidad de agua superficial, subterránea y el microclima de la región (Pohle Morales, s.f.a).

Desde una perspectiva regional, la RNEM (mapa 1) forma parte de la cabecera de la región hidrológica del río Balsas y ha sido reconocida históricamente como uno de los territorios mexicanos más privilegiados en cuanto a clima, elementos naturales y biodiversidad (Jaramillo Monroy, 2010); es también un importante corredor biológico e hidrológico entre áreas naturales protegidas con los acuíferos de Cuernavaca y Zacatepec, que proporcionan agua potable y riego a casi la mitad del estado (García Barrios *et al.*, 2008). Así, su conservación es prioridad en la región para el mantenimiento de numerosos servicios ambientales (Aguilar Benitez, 1995; Batllori Guerrero, 2004; Pohle Morales, s.f.a; Jaramillo Monroy, 2010). El municipio de Jiutepec y la microcuenca de estudio (MEP, 294 hectáreas y altitud media 1,437 msnm) (mapa 2) se encuentran dentro de esta región.

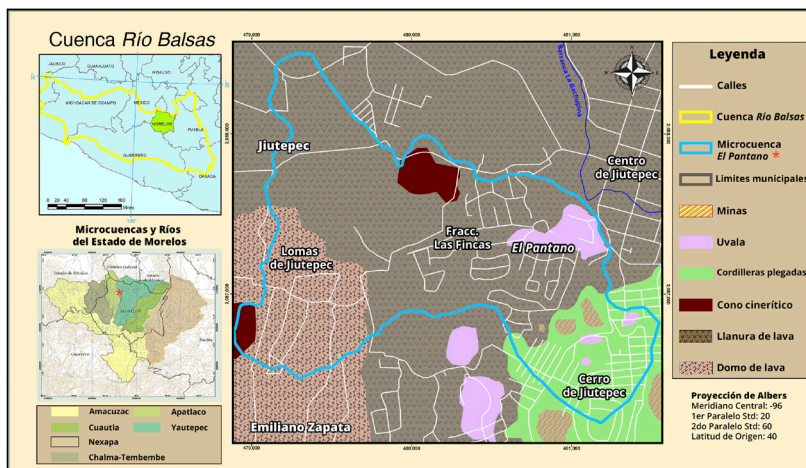
Mapa 1
Ubicación de la Región Noroeste del Estado de Morelos (RNEM), México



Nota: el mapa también muestra la ubicación de las áreas naturales protegidas y los principales flujos de agua superficial dentro de la RNEM.

Fuente: elaboración propia

Mapa 2 Microcuenca El Pantano Ubicación y principales características geológicas



Fuente: Pohle Morales, 2016.

2. Métodos

2.1. Análisis de los usos y gestión del agua y el territorio en la MEP: desde las comunidades ancestrales hasta el presente

Se hizo un análisis histórico de la evolución del uso y el manejo del suelo y del agua por parte de las diversas comunidades que habitaron la zona de estudio hasta el presente, para ello se revisaron documentos históricos y archivos que fueron consultados en el Archivo General de la Nación, México; también se analizaron documentos que conforman las estrategias de gestión pública y ciudadana de la MEP, los cuales están disponibles desde la década de 1960 hasta el presente. Estos documentos provinieron de diversas fuentes (Aguilar Benitez, 1995; Ávila Sánchez, 2001; Sánchez Resendiz, 2006; Cecon y Flores Rojas, 2012; Flores Armillas, 2016; Ávila García, 2013) y contienen información acerca de las acciones y experiencias gubernamentales y ciudadanas vinculadas a la valoración, planificación, uso y gestión del territorio, y a la protección del ambiente, la biodiversidad, el agua y otros elementos naturales.

2.2. Análisis del funcionamiento biofísico de la MEP a nivel del paisaje

Se hicieron estudios biofísicos del sistema de la MEP con el fin de comprender su funcionamiento, sus principales aportes de agua e identificar las posibles causas que lo han llevado a problemas específicos en la actualidad. Se recopiló y analizó la información (bibliográfica, documental y cartográfica) y se usaron sistemas de información geográfica (Esri® ArcGIS), diagramas de flujo y verificaciones de campo. La información hidrológica, geológica y climática obtenida de Pohle Morales (2016) se utilizó para elaborar un diagrama del funcionamiento hidrológico de la microcuenca.

2.3. Análisis de las perspectivas socioambientales de la MEP

Se analizaron los instrumentos de planificación y gestión para la conservación y uso del agua, la biodiversidad y el territorio; de esta información, se identificaron las externalidades ambientales positivas y negativas. Con el fin de conocer aspectos relacionados con la regulación del uso del territorio se revisaron los siguientes ordenamientos territoriales: Ayuntamiento de Jiutepec (2003) y *Periodico Oficial Tierra y Libertad* (2009; 2012; 2013 y 2014).

Para comprender las interrelaciones entre los componentes naturales y sociales, y las causas de los conflictos en la gestión de cuencas, se sistematizó la información utilizando diagramas de flujo de un sistema disipativo, abierto y autorregulado, tomando como modelo lo propuesto por Oswald Spring y Hernández Rodríguez, (2005); estos diagramas permiten, por un lado, combinar la historia de los fenómenos analizados con la ubicación territorial (análisis espacial) y, por el otro, evaluar en forma holística y para determinados tiempos los procesos y resultados (análisis temporal). Ello permite identificar potenciales desequilibrios (tensiones, conflictos y rupturas) del conjunto del sistema y subsistemas, y resaltar círculos virtuosos que pudieran reforzar procesos sostenibles que generan mayor equidad.

Por otro lado, se analizaron diferentes enfoques en el marco del esquema de la GIRH con el propósito de identificar éxitos, fracasos u omisiones en la gestión del agua y el territorio de algunos países de Latinoamérica, de México y del Estado de Morelos. Finalmente, se presenta la integración de la información derivada de cuatro talleres intersectoriales realizados con base en la metodología de la UICN (2009). Esta integración final contribuyó en la elaboración de una propuesta de gestión

participativa y adaptativa del agua y el territorio para la MEP (Flores Armillas *et al.*, 2016).

3. Resultados

3.1. *Uso y manejo del agua y el territorio en la MEP: desde el pasado hasta el presente*

Se estima que los primeros habitantes llegaron al estado de Morelos alrededor de 7,000 años a. C. (Aguilar Benitez, 1995) y que la agricultura comenzó entre 6,000 y 4,000 años a. C. (Von Mentz, 1993; Corona, 2010). Cuando el pueblo Tlahuica ocupó Jiutepec, alrededor de 1,100 d. C., este territorio ya había sido habitado por los Olmecas (Corona, 2010; Villaseñor, 2010); a partir de esa época, la MEP y su región circundante ha pasado por cinco periodos históricos principales: el prehispánico, el colonial, el de independencia, el siglo XX, y el presente.

Durante el periodo prehispánico mexicano, la gestión del agua y de las áreas forestales permitieron la vida misma y el desarrollo de las comunidades, incluido el florecimiento de las sociedades hidráulicas en Mesoamérica (Palerm y Wolf, 1972; Rojas Rabiela y Pérez Espinosa, 1985). La distribución de agua entre los pueblos prehispánicos tenía mecanismos tradicionales equivalentes a los principios normativos actuales (Scarborough, 2003); fueron construidos los *apantles* (del náhuatl *atl*, agua y *pantli*, río; refiriéndose a los canales que servían para conducir el agua de un manantial o río a las zonas de cultivo), cuya función era distribuir el agua por igual entre los usuarios, estas construcciones tenían un administrador (Olivares y Sandoval, 2008). Los *apantles*, los patrones de asentamientos humanos, los santuarios, las ceremonias de agua y las figuras ceremoniales eran evidencia de que los sistemas hidráulicos impregnaban todos los aspectos de la vida mesoamericana (Olivares y Sandoval, 2008). En la porción meridional de la MEP, se encontraban los principales asentamientos humanos y centros sagrados (Smith, 2018).

A lo largo de la historia humana, y en la cosmovisión sobre el mundo y la naturaleza, el agua siempre ha tenido un profundo significado espiritual y sociocultural (León Portilla, 1992; Ilyich, 1993), reconocer su valor es un factor clave para comprender la existencia y desarrollo de estas culturas que se han basado en principios de sostenibilidad social y ambiental (Palerm y Wolf, 1972; Rojas Rabiela y Pérez Espinosa, 1985; Ávila García, 1996). En Morelos, la gestión del territorio y el agua a través de sistemas de riego antiguos ha persistido y éstos todavía son utilizados a pesar del aumento acelerado de los sectores urbanos e industriales. La existencia de

la red de *apantles* que atraviesan la MEP y el área que la circunda ofrece posibilidades únicas para el uso y manejo del agua de primera calidad, ya sea para el riego productivo o para la preservación de las áreas remanentes de ecosistemas naturales.

3.2. Aspectos geohidrológicos

La RNEM y la MEP se encuentran dentro de un entorno geológico particular, esta es una zona de transición entre el Eje Volcánico trans-mexicano y la Sierra Madre del Sur, donde las estructuras volcánicas de edad reciente se encuentran con antiguas rocas sedimentarias de origen marino (Fries, 1956; 1960). La evolución geológica en esta región ha sido de gran importancia para el desarrollo de un sistema de barrancas, que actualmente da características particulares en términos de clima, biodiversidad y corrientes hidrológicas a la RNEM.

Entre los aspectos geohidrológicos más significativos encontrados en la MEP está la existencia de un importante acuífero; su presencia se debe a que las capas más profundas son semi-impermeables, constituidas por rocas calcáreas; la capa intermedia es semi-permeable y la capa superior de lava volcánica es altamente permeable. Debido a la topografía y el clima regional, el agua fluye y se infiltra de norte a sur y no puede almacenarse (mapa 1). Al analizar el funcionamiento hidrológico de la MEP encontramos dos sistemas de escurrimiento superficial: el primero es el drenaje natural, de carácter efímero y sin un curso bien definido (esto se debe, por un lado, a la alta permeabilidad del suelo y, por el otro, al crecimiento urbano); el segundo sistema consiste en una intrincada red de *apantles* de tiempos prehispánicos, originalmente construidos para el riego de tierras agrícolas, que transfiere parte del caudal procedente de un manantial llamado Chapultepec (1,177 lps) luego de irrigar áreas de cultivo, áreas verdes y jardines; 18% del volumen original (aproximadamente 210 lps) entra en la MEP.

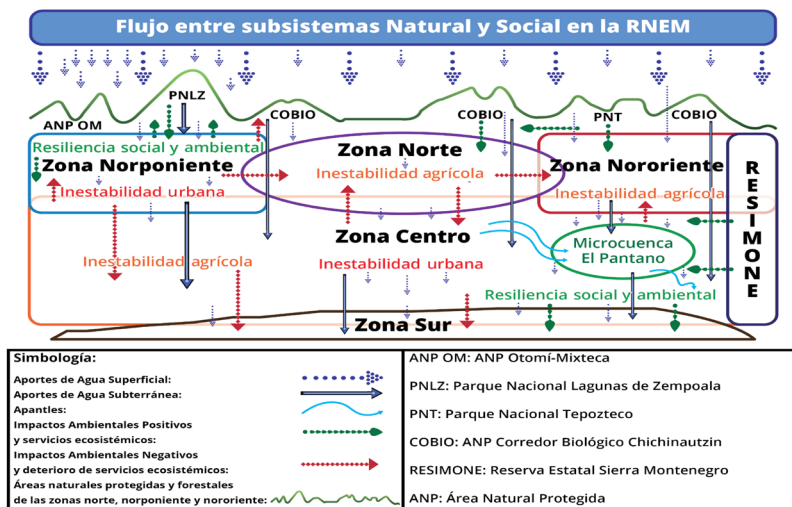
Este volumen lo distribuyen los *apantles* que cruzan la parte inferior de la microcuenca, alcanzando finalmente el vaso receptor de El Pantano con un caudal de 119.8 lps, lo que representa 10.2% del volumen original transferido desde el manantial de Chapultepec; en cuanto a las aguas subterráneas, se determinó que éstas contribuyen principalmente a través de un flujo horizontal que representa 71.3% (10 hm³/año) de la recarga anual total. En cuanto a la recarga inducida, representada por retornos agrícolas, infiltración de canales y aguas residuales, ésta constituye según Pohle Morales (s.f.b), unos 3.6 hm³/año.

3.3. Funcionamiento actual de la MEP

De acuerdo al análisis hidrológico, la MEP está ligada a una interacción entre flujos de agua provenientes de otras microcuencas vecinas, que se encuentran en la misma RNEM, especialmente las situadas en las partes norte y oeste (figura 1); sus principales mecanismos de aporte de agua dependen además de aguas superficiales y subterráneas, tanto de forma natural como a través de la acción humana. Del mismo modo, la cantidad y calidad de agua que llega a la MEP están sujetas a la acción humana, tanto por el uso de la tierra de las zonas forestales, como por el mantenimiento de los ecosistemas naturales.

La zona norte de la RNEM, relativamente bien conservada por grandes áreas naturales protegidas y caracterizada por las abundantes lluvias, mantiene y provee los servicios ambientales necesarios a las zonas centro y sur de la región. La zona central de la RNEM, más plana y con abundantes recursos hídricos, se encuentra impactada por una explosiva expansión urbana y desarrollo industrial que durante los últimos 40 años ha afectado negativamente los ecosistemas naturales y agroforestales (Aguilar Benitez, 1995; Jaramillo Monroy, 2010) y a los servicios ambientales hacia el centro y sur de la región (figura 1).

Figura 1
Funcionamiento hidrológico de la microcuenca El Pantano
y de la Región Noroeste del Estado de Morelos



Fuente: elaboración propia.

3.4. Movimientos ciudadanos con relación al agua y el ambiente en la MEP

En los últimos 15 años ha habido un aumento en la sensibilización ciudadana y en la participación y promoción para la recuperación de las áreas verdes, el agua y la red de *apantles* que todavía se distribuyen principalmente en el municipio de Jiutepec y son parte del patrimonio natural de Morelos y México. Entre las actividades llevadas a cabo por los ciudadanos habitantes de la MEP se encuentran diversas acciones.

Tal vez entre las acciones más relevantes se encuentra la elaboración de los estudios técnicos para establecer a El Pantano y otros espacios, donde hay ecosistemas conservados, como áreas naturales protegidas; estos esfuerzos fueron impulsores muy valiosos para trabajar en la gestión de un programa de manejo de la MEP —que fue un producto del presente estudio (Flores Armillas *et al.*, 2016)— que reconozca el valor histórico de las gestiones pasadas del agua y el territorio por las comunidades, e involucre el estudio de su funcionamiento natural bajo un enfoque regional hidrológico que considere las necesidades de los ecosistemas y las del desarrollo.

Se ha requerido la creación de un comité intersectorial para la gestión del PMEP, el cual incluye la capacitación de estudiantes en diversos temas de protección del ambiente y la recuperación de la red de *apan- tles*, así como la publicación y difusión de un manual ilustrativo sobre estos temas (material suplementario).

Se han organizado talleres para la comunidad con el fin de capacitar sobre ecotecnologías y difundir el conocimiento del funcionamiento hidrológico de la MEP y su incorporación a los saberes comunitarios; estos talleres constituyeron, además, espacios de reunión y discusión de los principales problemas ambientales comunitarios, espacios de concertación para definir y alcanzar acuerdos de coordinación intersectorial para las soluciones propuestas, y espacios de desarrollo de ideas y proyectos productivos comunitarios. El PMEP se encuentra actualmente en marcha y es un ejemplo claro de acción participativa holística para la gestión del territorio y el agua en una microcuenca.

Conclusiones

En cumplimiento de los objetivos para el desarrollo sostenible de la agenda 2030 de la ONU, este estudio satisface la necesidad de lograr y ofrecer progresos tangibles en cuanto al objetivo 6 de dicha agenda, para garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, implementando la GIRH mediante el manejo de cuencas, protegiendo y restableciendo los

ecosistemas relacionados con el agua –incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, y los acuíferos– y apoyando y fortaleciendo la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el territorio.

Para los habitantes de la RNEM, contar con la red prehispánica de *apantles*, además de los valores culturales e históricos propios, ofrece ventajas y servicios ambientales diversos, como el papel crucial que desempeñan en los procesos de escorrentía reduciendo las velocidades y distribuyendo eficientemente el flujo de agua entre cultivos y asentamientos.

Esto, sin duda, cobra mayor interés frente a las condiciones climáticas/hidrológicas extremas y desastres naturales (inundaciones, periodos de sequía, sismos, etc.) y otorga resiliencia social, ambiental y económica a las poblaciones locales; desde el punto de vista del funcionamiento hidrológico, la MEP es un área de descarga que interactúa con otras microcuencas vecinas dentro de la RNEM, especialmente las situadas en las partes norte y oeste del estado de Morelos. Sin embargo, ésta, a su vez, depende de los componentes biofísicos y socioeconómicos de estas microcuencas en términos de la contribución de aguas superficiales y subterráneas, así como también puede verse vulnerable debido al cambio de uso del suelo de las áreas forestales.

Para avanzar hacia compromisos duraderos y una gestión más eficiente de los elementos naturales de la región es fundamental captar el interés de los múltiples sectores relacionados con sus sistemas sociales e hidrológicos y hacer de su conocimiento el funcionamiento real del mismo: los beneficios de un buen manejo y sus impactos a diversas escalas de tiempo y espacio. También es fundamental revalorar la existencia y funcionalidad de la red de *apantles* considerando los flujos, los movimientos, los procesos y los saberes propios a todos los niveles.

La MEP depende de un sistema de flujo regional conectado a las microcuencas adyacentes en términos de cantidad y calidad del agua, uso del suelo, contaminación y expansión urbana e industrial, del análisis de interacción entre los subsistemas social y natural (figura 1); podemos observar que en la MEP se presenta inestabilidad entre los diversos usos del suelo y con las zonas vecinas por el mal manejo del agua superficial y subterránea en la región, a partir de lo cual se observan dos posibles escenarios para el futuro de la MEP y RNEM: 1. El escenario tendencial, en el que se pierdan las áreas agrícolas, de viveros y espacios verdes, las cuales se irán transformando en fraccionamientos y unidades habitacionales. La modificación del microclima, la disminución de las áreas de capitación e infiltración de agua al acuífero y de la cantidad y calidad del agua superficial, pérdida de la biodiversidad y disminución de la calidad de vida de los seres humanos y demás seres vivos que habitan esta región. 2. El otro

escenario posible es resultado de la gestión y manejo de los ecosistemas naturales y transformados a nivel regional, en el que se logre una auténtica gobernanza en la planificación y gestión del territorio, del agua y la biodiversidad, logrando un equilibrio entre los distintos usos del territorio.

Se puede decir que, en México, prácticamente no existe ningún fundamento jurídico o institucional que establezca explícitamente cómo debe regularse la planificación, el establecimiento, la observancia, el seguimiento, la evaluación y, cuando proceda, la modificación de la GIRH. Tampoco existen fundamentos jurídicos para definir las responsabilidades institucionales y el papel de la participación ciudadana con respecto a la GIRH. Más bien, los lineamientos de la GIRH han sido adaptados por esfuerzos aislados de algunas organizaciones sociales o iniciativas académicas y, en menor medida, por iniciativas de algunos municipios para cuencas particulares (Dourojeanni, 2004; Cotler Ávalos y Caire, 2009).

Aunque las leyes sobre aguas nacionales y desarrollo forestal sostenible mencionan el manejo de las cuencas, y asignan esta responsabilidad a los consejos de cuenca, estas atribuciones han sido más teóricas que prácticas y los consejos de cuenca se han centrado principalmente en la inversión para el desarrollo de obras hidráulicas y la distribución de los recursos hídricos para los diversos usuarios del agua.

Así pues, para que la GIRH pueda tener una observancia generalizada y viabilidad a mediano y largo plazo en México, las experiencias de participación pública e intersectorial deben ganar espacios en el escenario de las políticas públicas, éstas, sin duda, pueden contribuir a generar instrumentos legales de planificación, seguimiento y evaluación de la GIRH.

Existen diversos ejemplos que han aplicado el enfoque de manejo integral de cuencas en México y en otros países (UAEM-Unicedes, 1999; IMTA *et al.*, 2008; Cotler Ávalos *et al.*, 2009; Cotler Ávalos y Caire 2009; Guzmán Puente, 2010; Sguerra *et al.*, 2011; Merlinsky, 2013; Lasso Oyata, 2014; FMCN, 2014; IMTA-FGRA, 2012; CyN Ingeniería y Consultoría de Morelos *et al.*, 2013; El Colegio de Morelos, 2018; Moreno Díaz y Renner, 2007; Tschinkel y Pérez, 2001; Faustino *et al.*, 2007; FAO, 2007), sin embargo, estas experiencias se han dado con una planificación y gestión de cuenca hidrográfica, y en general no se ha tenido un análisis integral de la cuenca o microcuenca en sus aspectos biofísicos, socioeconómicos, legales e institucionales.

En general ha faltado el entendimiento de la problemática integral del funcionamiento geohidrológico de la cuenca y su vinculación con los flujos de agua subterránea a nivel regional, algunas de estas experiencias se han centrado en solucionar problemáticas de las comunidades, por ejemplo, de producción agropecuaria o forestal, de desarrollo rural, de contaminación y abasto de agua, de los aspectos de educación y participación

comunitaria e intersectorial, o de aspectos legales o institucionales de aprovechamiento y administración del agua.

Propuestas para cambiar el escenario actual (figura 2)

Nuevas instituciones públicas: existe la necesidad de crear instituciones públicas autónomas que funcionen en consonancia con los comités de ordenamiento ecológico del territorio, el sector académico y los consejos ciudadanos de desarrollo sostenible, con el fin de desarrollar la planificación participativa y gestión del territorio, el agua y la biodiversidad. Esto haría que los acuerdos y la política pública fueran decisivos y vinculantes para las instancias ejecutivas a nivel municipal y estatal (García Barrios *et al.*, 2015).

Legislación y normatividad: deben establecerse bases jurídicas con el fin de permitir el correcto funcionamiento de esas instituciones públicas autónomas. La legislación debe promover el diseño, la observancia, el seguimiento y la evaluación de la GIRH, así como de los programas de planificación a nivel regional, teniendo en cuenta a la microcuenca hidrológica como la unidad de gestión eficaz de los socioecosistemas. También deben promoverse los programas de gestión y los comités de participación ciudadana para la planificación y manejo integral de cuencas y microcuencas hidrológicas.

Instrumentos: deben compatibilizarse los instrumentos de protección al ambiente, los programas de desarrollo urbano, de las áreas naturales protegidas y los programas de ordenamiento ecológico del territorio, con el instrumento de manejo integral de microcuencas hidrológicas. Su creación y funcionamiento deben depender preferentemente de organizaciones de la sociedad civil y de instituciones académicas, y no de la decisión de una sola persona: de la autoridad ejecutiva en el poder.

Ciencia y tecnología: es necesario un mayor apoyo a la investigación científica directamente involucrada para la GIRH, la mejora de las prácticas de sostenibilidad y del desarrollo de nuevas tecnologías, así como la implementación de carreras en la gestión de los socioecosistemas, del funcionamiento hidrológico, de la prevención de riesgos y de la ecología de la restauración.

Financiamiento: debe ser obligatoria la asignación de recursos públicos al funcionamiento de las instituciones públicas autónomas para la investigación, preparación y seguimiento de los instrumentos para la GIRH,

asimismo la participación ciudadana en la gestión del ambiente, el agua y el territorio.

Revaloración del agua y los ecosistemas: debe haber una revaloración del patrimonio natural y de las buenas prácticas de gestión del ambiente. Las redes de *apantles* en Morelos deben ser consideradas y declaradas oficialmente como patrimonio cultural y natural. Se debe aumentar la sensibilización del público con respecto al valor de conservar las aguas superficiales y subterráneas, del papel del agua en el funcionamiento de los ecosistemas y del mantenimiento de sus servicios ambientales. Se requiere un esfuerzo constante de gestión a todos los niveles, para que la GIRH sea efectivamente adoptada y gane espacios en las políticas públicas, en la legislación, en la agenda de los gobiernos e instituciones públicas y de la sociedad en general.

Figura 2
Que se requiere para concretar la GIRH en Morelos y en México



Fuente: elaboración propia.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de Conacyt (665636/575740) otorgado a Fernando Jaramillo Monroy, a través del Programa de Doctorado en Ciencias Naturales del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CIByC-UAEM). Damos especial reconocimiento a la Fundación Gonzalo Río Arronte, a la Fundación Alfredo Harp Helú y a la Fundación FEMSA, que financiaron parte de los trabajos de campo y programas que sirvieron para desarrollar

esta publicación. Especial mención merece la colaboración de los residentes y los organismos gubernamentales de Jiutepec. Nuestro reconocimiento a la doctora Úrsula Oswald Spring, al M. en C. Vicente Torres y al M. en C. Ramón Pérez Gil por la revisión de este documento. Gracias a Fernando Jaramillo Torres por su apoyo en la elaboración de varios de los mapas y figuras integradas en esta publicación.

Fuentes consultadas

- Aguilar Benítez, Salvador (1995), *Ecología del estado de Morelos: un enfoque geográfico*, Ciudad de México, Editorial Praxis.
- Ávila García, Patricia (2013), “Migración, viverismo y nuevos espacios de una comunidad mixteca asentada en una zona periurbana de la ciudad de Cuernavaca”, tesis de licenciatura, Facultad de Humanidades, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca.
- Ávila García, Patricia (1996), *Escasez de agua en una región indígena de Michoacán*, Morelia, El Colegio de Michoacán.
- Ávila Sánchez, Hector (2001), *La agricultura y la industria en la estructuración territorial de Morelos*, Cuernavaca, Universidad Nacional Autónoma de México/Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
- Ayuntamiento de Jiutepec (2003), *Programa municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Jiutepec*, Jiutepec, Ayuntamiento de Jiutepec.
- Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento-Banco Mundial Departamento de México y Colombia-Región de América Latina y El Caribe (2007), *El manejo del agua en territorios indígenas en México*, Ciudad de México, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento-Banco Mundial Departamento de México y Colombia-Región de América Latina y El Caribe, <<http://ww2.oikos.unam.mx/CIEco/comunidades/files/El%20manejo%20del%20agua%20en%20territorios%20in%20Mex1.pdf>>, 16 de agosto de 2020.
- Bassi, Lauro (2007), *Guía metodológica para el manejo participativo de microcuencas*, Ciudad de Guatemala, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Batllori Guerrero, Alicia (2004), *Las barrancas de Morelos. Enfoque educativo para un cambio de comportamiento de los moradores*, Cuernavaca, Universidad Nacional Autónoma de México/Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
- Biestroek, Robbert; Swart, Rob y Van der Knapp, Wim (2009), “The mitigation-adaptation dichotomy and the role of spatial planning”, *Habitat international*, 33 (3), Vancouver, Elsevier. pp. 230-237.
- Biswas, Asit (2008), “Integrated Water Resources Management: Is it working?”, *International Journal Water Resources Development*, 24 (1), London, Taylor and Francis, pp. 5-22, doi:10.1080 / 0790062 0701871718
- Burgos, Ana; Bocco, Gerardo y Sosa Ramírez, Joaquín (coords.) (2015), *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México/Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, <https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/978-607-02-6883-0.pdf>, 16 de agosto de 2020.
- Carrillo-Rivera, José Joel and Cardona Benavides, Antonio (2008), “Theory and Practice in Mexico”, in José Joel Carrillo Rivera y Adrián Ortega Guerrero, *Groundwater Flow Understanding*, London, CRS Press, pp. 25-46.
- Ceccon, Eliane y Flores Rojas, Luz (2012), *Lecciones y vivencias ambientales en Morelos: las Organizaciones de la Sociedad Civil*, Cuernavaca, Universidad Nacional Autónoma de México/Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
- CEAMA-Conabio (Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2003), *Estrategia estatal sobre biodiversidad de Morelos*, Cuernavaca, CEAMA-Conabio.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2016), *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030*, Ciudad de México, Conabio.
- Conabio-UAEM (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Universidad Autónoma del Estado de Morelos) (2004), *La diversidad biológica de Morelos. Estudio de Estado*,

Cuernavaca, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Conafor (Comisión Nacional Forestal) (2013), *Inventario estatal forestal y de suelos. Morelos 2013*, Zapopan, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional Forestal.

Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2014), *Programa Nacional Hídrico 2013-2018*, Ciudad de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Cornes, Richard y Sandler, Todd (1996), *The Theory of Externalities, Public Goods, and Club Goods*, Cambridge, Cambridge University Press.

Cotler Ávalos, Helena (2015), “Incidencia del enfoque de cuencas en las políticas públicas de México”, en Ana Burgos, Gerardo Bocco y Joaquín Sosa Ramírez (coords.), *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México/Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, pp. 31-44.

Cotler Ávalos, Helena (2010), *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*, Ciudad de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte.

Cotler Ávalos, Helena y Caire, Georgina (2009), *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México*, Ciudad de México, Instituto Nacional de Ecología.

Cotler Ávalos, Helena; Blasco, Cecilia; Hernández García, Diego Raúl; González Mora, Ignacio; Herrerías Guerra, Gisela; Illsley, Catarina; Pineda, Raúl y Román, Tania (2009), “Algunos factores de éxito para el manejo integral de cuencas en México”, 9º Congreso Mundial de Tierras Silvestres (WILD 9), Ciudad de México, Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte IAP.

Cotler Ávalos, Helena y Pineda López, Raúl (2008), “Manejo integral de cuencas en México, ¿Hacia dónde vamos?”, *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, núm. 39, Ciudad de México, Comisión Nacional del Agua, pp. 16-21.

- Corona, Eduardo (2010), “Los escenarios paleobiológicos para las interacciones entre las sociedades y el medio ambiente de la región de Morelos”, en Horacio Crespo (dir.), *Historia de Morelos, tierra, gente, tiempos del sur*, tomo II, Cuernavaca, Congreso del Estado de Morelos, pp. 31-42.
- Crumley, Carole (1994), *Historical Ecology*, Santa Fe, School of American Research.
- CyN Ingeniería y Consultoría de Morelos (2013), “Plan Estratégico para la Recuperación Ambiental de las Barrancas del Norponiente de Cuernavaca”, Cuernavaca, Gobierno del Estado de Morelos.
- Domínguez, Judith y Carrillo-Rivera, José Joel (2007), “El agua subterránea como elemento de debate en la historia de México”, en Alicia Mayer, (coord.), *México en tres momentos: 1810-1910-2010*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, <<https://siaps.colmex.mx/documentos/estudios/Agua%20Subteranea.pdf>>, 13 de agosto de 2020.
- Dourojeanni Ricordi, Alex (2004), “Si sabemos tanto sobre qué hacer en materia del manejo integrado del agua y cuencas ¿Por qué no lo podemos hacer?”, en Helena Cotler Ávalos, (coord.), *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, Ciudad de México, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pp.135-172.
- Dourojeanni Ricordi, Alex (2001), “Gestión Integrada de Recursos Hídricos ¿otra meta teórica?”, Cuarto diálogo interamericano sobre administración de aguas, 2-6 de septiembre de 2001, Foz do Iguazú, Paraná, Brasil.
- Dourojeanni Ricordi, Alex; Jouravelev, Andrei y Chávez, Guillermo (2002), *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*, Ciudad de México, Naciones Unidas-El Colegio de México.
- El Colegio de Morelos (2018), “Plan para el manejo integral del sistema de barrancas del norponiente de Morelos”, Cuernavaca, El Colegio de Morelos-Fundación Biosfera del Anahuac, A.C.-Reconcilia, A.C.
- FAO (Food and agriculture organization) (2007), *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas*, Roma, FAO.

- Faustino, Jorge; Jiménez, Francisco y Campos, José Joaquín (2007), “La cogestión de cuencas hidrográficas en América Central: planteamiento conceptual y experiencias de implementación”, Turrialba, Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Flores Armillas, Víctor Hugo (2016), “Diagnóstico socioeconómico y biológico de la nanocuenca ‘El Pantano’, municipio de Jiutepec, Morelos”, en Víctor Flores Armillas, Fernando Jaramillo Monroy, Oscar Pohle Morales, Carmen Rodríguez de Gante, José Luis Rodríguez de Gante (2016), *Nanocuenca El Pantano. Programa de manejo y gestión comunitaria del agua y el territorio*, Cuernavaca, Fundación Biosfera del Anahuac, A.C., pp. 52-57.
- Flores Armillas, Víctor; Jaramillo Monroy, Fernando; Pohle Morales, Oscar; Rodríguez de Gante, Carmen; Rodríguez de Gante, José Luis (2016), *Nanocuenca El Pantano. Programa de manejo y gestión comunitaria del agua y el territorio*, Cuernavaca, Fundación Biosfera del Anahuac, A.C.
- Flores Villela, Óscar y Gerez, Patricia (1994), *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México/Facultad de Ciencias.
- FMCN (Fondo Mexicano de Conservación de la Naturaleza) (2014), “Programa Cuencas y Ciudades. Manejo integral de cuencas a través de la participación social y la visión de largo plazo”, Ciudad de México, FMCN-Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Fries, Carl (1960), “Geología del estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México”, *Boletín del Instituto de Geología*, núm. 60, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 1-236.
- Fries, Carl (1956), “Bosquejo geológico de la porción central y occidental del Estado de Morelos y de áreas contiguas de los estados de México y Guerrero”, XX Congreso Geológico Internacional (México, Libreto-guía, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García Barrios, José Raúl; Jaramillo Monroy, Fernando; Rodríguez Cota, Manuel; Carrillo Acuña, Dolores; Tamayo Pérez, Luis; Guerrero Goff, Flora; Valdes Kuri, Laura; Márquez García, Ivonne; Gómez

Castelán, Abril; Swayer, Ron; Bolongaro Recásens, Andrea; Sarmiento Galán, Antonio; Flores Armillas, Víctor Hugo; González Zurita, Jazmín y Padilla Martínez, Beatriz (2015), “La necesidad de autonomía de la política ambiental y el Instituto Morelense de Planificación Estratégica Ambiental”, en Valentino Sorani y Maria Luisa Alquicira, (eds.), *Perspectivas del ordenamiento territorial ecológico en América y Europa*, Cuernavaca, International Society of Land Planning and Ecological Planning, pp. 17-52.

García Barrios, José Raúl; Torres Gómez, Martha Gabriela y Jaramillo Monroy, Fernando (2008), *Las Barrancas de Cuernavaca*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México/Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, <<https://docplayer.es/22775290-Las-barrancas-de-cuernavaca.html>>, 11 de octubre de 2020.

García García, Antonino y Kaufer Michel, Edith (2011), “Las cuencas compartidas entre México, Guatemala y Belice: un acercamiento a su delimitación y problemática general”, *Frontera Norte*, 23 (45), Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte, pp. 131-161, <<http://www.scielo.org.mx/pdf/fn/v23n45/v23n45a5.pdf>>, 12 de agosto de 2020.

Giordano, Marck and Shah, Tushaar (2014), “From IWRM back to integrated Water Resources Management”, *International Journal of Water Resources Development*, 30 (3), London, Taylor and Francis online, pp. 364-376, doi:10.1080/07900627.2013.851521

Guzmán Puente, María Alicia de los Ángeles (2017), “Jagüeyes, patrimonio morelense para la sustentabilidad”, *Inventio. La genesis de la cultura universitaria en Morelos*, 13 (30), Cuernavaca, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, pp. 29-37. <<http://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/513/900>>, 13 de agosto de 2020.

Guzmán Puente, María Alicia de los Ángeles (2010), *Participación comunitaria y prácticas alternativas, hacia el manejo integral de cuencas, el caso de los Altos centrales de Morelos*, Ciudad de México, Universidad Autónoma del Estado de Morelos-Juventud y Familia, A.C.-Plaza y Valdés Editores.

GWP (Global Water Partnership) (2000), “Integrated Water Resources Management”, Stockholm, Global Water Partnership.

Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) (2004a), “Curso Planificación del Territorio Rural. Orientaciones para la elaboración del Diagnóstico Territorial”, Bogotá, Ideam.

Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) (2004b), “Guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia”, Bogotá, Ideam.

Ilyich, Iván (1993), *El H₂O y las aguas del olvido*, Madrid, Joaquín Mortiz-Planeta.

IMTA-FGRA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Fundación Gonzalo Río Arronte) (2012), “Plan integral para el manejo sustentable de las Barrancas del Norponiente del Estado de Morelos”, Cuernavaca, IMTA.

IMTA-FGRA-Semarnat-CEAMA-Conagua (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; Fundación Gonzalo Río Arronte; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente; Comisión Nacional del Agua) (2008), “Plan Estratégico para la recuperación la Cuenca del Río Apatlaco”, Cuernavaca, IMTA.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2017), “México en cifras, Morelos (17)”, Aguascalientes, Inegi, <<https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=17>>, 12 de octubre de 2020.

Jaramillo Monroy, Fernando (2010), “La situación de las barrancas de Cuernavaca”, en Gabriela Cano (coord.), *El arte de conservar. Las Barrancas del Estado de Morelos*, Ciudad de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pp. 16-37.

Jensen, Kurt Morock (2013), “Viewpoint—swimming against the Current: Questioning Development Policy and Practice”, *Water Alternatives*, 6 (2), Londres, University SOAS, pp. 276-283, <<http://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol6/v6issue2/215-a6-2-12/file>>, 13 de agosto de 2020.

Kemper, Karin and Alvarado, Oscar (2001), “Water”, in Marcelo Giugale, Oliver Lafourcade and Vinh Nguyen (editors), “Mexico, A comprehensive Development Agenda for the New Era”, Working paper 29801, Washington, D.C. The World Bank, pp. 619-643, <<http://>

documents1.worldbank.org/curated/en/300371468774563671/pdf/29801000182131491417.pdf>, 13 de agosto de 2020.

- León Portilla, Miguel (1992), “El agua: universo de significaciones y realidades en Mesoamérica”, *Ciencias*, núm. 28, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 1-8, <<http://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/11299>>, 13 de agosto de 2020.
- Lasso Otaya, Hugo Hernán (2014), “Historia ambiental del río Machán-gara en Quito del siglo XX”, tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Quito.
- López, Carlos Eduardo y Ospina, Guillermo Andrés (2008), *Ecología histórica, interacciones entre sociedad-ambiente a distintas escalas socio-temporales*, Pereira, Universidad Tecnológica Pereira.
- Maass Moreno, José Manuel (2015), “El manejo de cuencas desde un enfoque socio-ecosistémico”, *Cuencas de México*, núm. 1, Coatepec, Fomento a los Consejos de Cuenca de la Región Golfo Centro, A. C.-Comisión Nacional del Agua, pp. 3-8.
- Maass Moreno, José Manuel y Cotler Ávalos, Helena (2005), “El protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas”, en Helena Cotler (comp.), *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, Ciudad de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, pp. 41-58, <<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/528/protocolo.pdf>>, 13 de agosto de 2020.
- Martínez Valdés, Yaset y Villalejo García, Víctor Michel (2018), “La gestión integrada de recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos”, *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXIX (1), La Habana, Universidad Tecnológica de la Habana, pp. 58-72, <<http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v39n1/riha05118.pdf>>, 11 de marzo de 2020.
- Mederey Rascón, Laura Elena y Gutiérrez Hernández, José Evelio (2013), *Los problemas del agua y de las cuencas hidrológicas vinculados a las ciudades. Estudios de caso de Cuba y México*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Geografía.

- Merlinsky, Gabriela (2013), *Política, derechos y justicia ambiental. El Conflicto del Riachuelo*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.
- Mirassou, Susana Beatriz (2009), “La gestión integral de los recursos hídricos: aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua”, tesis de doctorado, FLACSO, Sede Académica Argentina, Buenos Aires, <<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/1365?mode=full>>, 13 de agosto de 2020.
- Molina Molina, Ibeth y Ramírez Seguro, Ricardo (2009), “Re-significando el territorio: El caso de la cuenca del Río Tunjuelo”, *Revista Mediaciones*, 9 (1), Bogotá, MD Uniminuto, pp. 123-142.
- Moreno Díaz, Alonso y Renner, Isabel (2007), *Gestión integral de cuencas. La experiencia del Proyecto Regional Cuencas Andinas*, Lima, Centro Internacional de la Papa.
- Olivares, Roberto y Sandoval, Ricardo (2008), *El agua potable en México, Historia reciente, actores, procesos y propuestas*, Ciudad de México, Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, A.C.
- Oswald Spring, Úrsula y Hernández Rodríguez, María de Lourdes (2005), *El valor del agua: una visión socioeconómica de un conflicto ambiental*, Tlaxcala, El Colegio de Tlaxcala.
- Ouyse, Samira; Wehncke, Elisabet Veronica and Carrillo Rivera, José Joel (2018), “Investigation regional groundwater flow systems in Baja California central desert region”, *International Journal of Hydrology*, 2 (1), Budapest, MedCreave Group, pp. 1-11, doi:10.15406 / ijh.2018.02.00057
- Palerm, Angel y Wolf, Eric (1972), “Potencial ecológico y desarrollo cultural en Mesoamérica”, *Agricultura y civilización en Mesoamérica*, vol. 32, Ciudad de México, Secretaría de Educación Pública, pp. 149-205.
- POTL (*Periódico Oficial Tierra y Libertad*) (2014), “Decreto por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Morelos”, 29 de septiembre, Cuernavaca, Gobierno del Estado de Morelos, <<https://bit.ly/2KhfjMh>>, 13 de agosto de 2020.

- POTL (*Periódico Oficial Tierra y Libertad*) (2013), “Plan Municipal de Desarrollo de Jiutepec 2013- 2015”, 11 de septiembre, Cuernavaca, Gobierno del Estado de Morelos, <<http://periodico.morelos.gob.mx/periodicos/2014/5209%205A.pdf>>, 13 de agosto de 2020.
- POTL (*Periódico Oficial Tierra y Libertad*) (2012), “Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Territorio del Municipio de Jiutepec, Morelos”, 25 de enero, Cuernavaca, Gobierno del Estado de Morelos, <<https://sustentable.morelos.gob.mx/p-territorial/oe-m>>, 11 de octubre de 2020.
- POTL (*Periódico Oficial Tierra y Libertad*) (2009), “Programa de Ordenación de Zona Conurbada Intermunicipal en su modalidad de Centro de Población de Cuernavaca, Emiliano Zapata, Jiutepec, Temixco y Xochitepec”, 27 de octubre, Cuernavaca, Gobierno del Estado de Morelos, <<https://sustentable.morelos.gob.mx/p-territorial/pozci-cuernavaca>>, 13 de agosto de 2020.
- Pohle Morales, Oscar (2016), “Caracterización y diagnóstico físico de la MEP, Jiutepec, Morelos”, Jiutepec, Fundación Biosfera del Anáhuac, A.C.
- Pohle Morales, Oscar (s.f.a), “Caracterización física del pueblo de San Antón y áreas adyacentes”, s.p.i.
- Pohle Morales, Oscar (s.f.b), “Informe final sobre los estudios: topográfico, hidrológico e hidrogeológico del sitio denominado ‘MEP’ o ‘Joya del Huevo’”, s.p.i.
- Rojas Rabiela, Teresa y Pérez Espinosa, José Genovevo (1985), *La cosecha del agua en la cuenca de México: La pesca en el medio lacustre y chinampero de San Luis Tlaxiátemalco*, Ciudad de México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Sánchez Cohen, Ignacio; Oswald Spring, Úrsula; Díaz Padilla, Gabriel; Gonzalez Barrios, José Luis-(2010), “Manejo integral del agua en cuencas hidrológicas. Multidisciplina y multiinstitucionalidad como paradigmas de acción”, en Úrsula Oswald Spring (coord.), *Retos de la Investigación del Agua en México*, Ciudad de México, Banco de México-Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 35-43.

- Sánchez Resendiz, Víctor Hugo (2006), “Ejidotes urbanizados de Cuernavaca”, *Identidad y Territorio*, 1 (1), Cuernavaca, Unión Latinoamericana de Extensión Universitaria, pp. 67-92, <<http://www.scielo.org.mx/pdf/crs/v1n1/v1n1a3.pdf>>, 13 de agosto de 2020.
- Scarborough, Vernon Lee (2003), *The Flow of Power: Ancient Water Systems and Landscapes*, Santa Fe, School for Advanced Research Press.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2013), *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*, Ciudad de México, Semarnat.
- Sguerra, Sandra Yolima; Bejarano, Patricia; Rodríguez, Octavio Alberto; Blanco, Javier Tomás; Jaramillo, Óscar y Sanclemente, Gloria Helena (2011), “Corredor de Conservación Chingaza–Sumapaz–Guerrero. Resultados del Diseño y Lineamientos de Acción”, Bogotá, Conservación Internacional Colombia y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P.
- Smith, Michel (2018), “La época Posclásica en Morelos: surgimiento de los tlahuicas y xochimilcas”, en Sandra López Varela (coord.), *Historia de Morelos. Tierra, gente, tiempos del Sur. La arqueología en Morelos*, Tomo II, Cuernavaca, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, pp. 131-156.
- Tschinkel, Henry y Pérez, Carlos (2001), “Enfoques más efectivos para el manejo de cuencas hidrográficas en los ríos Motagua y Polochic”, Ciudad de Guatemala, Agencia de E.U.A. para el Desarrollo Internacional.
- UAEM-Unicedes, (Universidad Autónoma del Estado de Morelos-Unidad Central de Estudios para el Desarrollo Social) (1999), *Perspectivas para el desarrollo social en la microcuenca del Río Apatlaco*, Cuernavaca, UAEM.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (2009), *Guía para la elaboración de planes de manejo de microcuencas*, San Marcos, UICN.
- Vargas Velázquez, Sergio (2018), “Conflicts and Social Movements on Water in Mexico, from the IWRM Perspective”, *Aqua-LACK*, 10 (1), Montevideo, Unesco, pp. 120-133.

- Vargas Velázquez, Sergio; Güitron de los Reyes, Alberto y Hernández Arce, Cipriana (2010), *Guía para la construcción de consensos en la gestión integrada del agua*, Jiutepec, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Villaseñor, José Luis (2010), *El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares. Catálogo florístico-taxonómico*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Von Mentz, Brígida (1993), “Los habitantes de los pueblos de Morelos, de la época prehispánica a los albores de la Revolución”, en David Moctezuma Navarro y Medardo Tapia Uribe (coords.), *Morelos el Estado*, Cuernavaca, Gobierno del Estado de Morelos, pp. 19-54.
- Yu, Xuan and Duffy, Christopher (2018), “Watershed Hydrology: Scientific Advances and Environmental Assessments”, *Water*, 10 (3), 288, Basilea, MDPI, doi:10.3390/w10030288
- Walker, Brian; Gunderson, Lance; Quinlan, Allyson; Kinzig, Ann; Cundill, Georgina; Beier, Colin; Crona, Beatrice and Bodin, Örjan (2010), “Assessing Resilience in Socioecological Systems: Workbook for Practitioners”, Stockholm, ResearGate, <<https://bit.ly/3oNzSbW>>, 11 de octubre de 2020.
- World Vision (2000), *Manual de manejo de cuencas*, Montreal, World Vision.

Recibido: 3 de abril de 2020.

Reenviado: 6 de agosto de 2020.

Aceptado: 28 de agosto de 2020.

Fernando Jaramillo Monroy. Es doctor en Ciencias Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y doctor en Estrategias de Planificación del Territorio por la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España, maestro en Ordenación Territorial por la Universidad Internacional de Andalucía y Biólogo, mastozoólogo por la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es director de la Fundación Biosfera del Anahuac, A.C. y jefe de transferencia del conocimiento del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Sus líneas de investigación son Ordenación territorial, Gestión ambiental, Sociedad y medio ambiente, Manejo de fauna silvestre, Cuencas hidrográficas, Manejo de recursos naturales, entre otros. Entre sus más recientes publicaciones se encuentran: como coeditor, “Plan para el manejo integral del Sistema de Barrancas del

Norponiente de Morelos”, Cuernavaca, Fundación Biosfera del Anáhuac, A.C.-Reconcilia, A.C. (2018); “Programa de manejo y gestión comunitaria del agua y el territorio de la microcuenca “Barranca Chalchihuapan”, Cuernavaca, Fundación Biosfera del Anáhuac, A.C.-Reconcilia, A.C.-Fundación Doster, A.C.-Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP-Conacyt-CIByC-UAEM (2018); como coautor, “Rescatando el Salto de San Antón. Una historia reciente de construcción institucional”, *Economía Mexicana. Nueva Época*, 16 (2), Ciudad de México, Centro de Investigación y Docencia Económicas, pp. 307-336 (2007).

Elisabet Verónica Wehncke Rodríguez. Es doctora en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México y bióloga por la Universidad de Buenos Aires. Actualmente es profesora-investigadora del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Sus líneas de investigación actuales son Ecología, dinámica y manejo de ecosistemas riparios, Interacciones plantaanimal y Ecología de comunidades de plantas, con interés particular en entender los procesos que determinan sus patrones de abundancia y distribución. Entre sus más recientes publicaciones se encuentran, como coautora, “Physical Environmental Conditions determine Ubiquitous Spatial Differentiation of standing Plants and Seedbanks in Neotropical riparian dry Forests”, *PLoS ONE*, 14 (3), e0212185, San Francisco, Public Library of Science, (2019); “Diferencias sociales y de conocimiento en niños de educación básica en comunidades del río Amacuzac, Morelos”, *Región y sociedad*, vol. 31, e1047, Hermosillo, El Colegio de Sonora, (2019); e “Investigating Regional Groundwater Flow Systems in Baja California Central Desert Region”, *International Journal of Hydrology*, 2 (1), Budapest, MedCrave Publishing, pp. 83-93 (2018).

Víctor Hugo Flores Armillas. Es candidato a doctor en Ciencias Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, maestro en Ciencias Ambientales por la Universidad Nacional Autónoma de México y biólogo, mastozoólogo, egresado de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Entre sus líneas de investigación se encuentran: Conservación, Agua, Ecología, Biodiversidad, Especies exóticas, Áreas naturales protegidas, Cambio climático, Sistemas de Información Geográfica, Construcción de ecotecnias, Manejo integrado de cuencas, Participación ciudadana, Divulgación de la ciencia y Planificación para el uso y manejo de recursos naturales. Algunas de sus más recientes publicaciones son, como coautor, “Human-wildlife Conflicts in Mexico: Review of Status and Perspectives”, *Ecosistemas y Recursos*

Agropecuarios, 7 (1), e2274, Villahermosa, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, (2020); “Landscape Features Associated with Damage to Maize (*Zea mays*) Fields in Central México: A Comparison of Wind and Wildlife Damage”, *Agriculture*, 10 (10), Basel, MDPI, pp. 1-15 (2020); como coeditor, “Plan de manejo integral del sistema de Barrancas del Norponiente de Morelos”, Cuernavaca, El Colegio de Morelos-Fundación Biosfera del Anáhuac, A.C.-Reconcilia A.C. (2018).

Oscar Mario Pohle Morales. Ingeniero geólogo por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es consultor independiente. Entre sus líneas de investigación y de trabajo se encuentran: Estudios geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos, relacionados con problemas ambientales. Sus más recientes publicaciones son, como coeditor, *Nanocuenca El Pantano. Programa de manejo y gestión comunitaria del agua y el territorio*, Cuernavaca, Fundación Biosfera del Anáhuac, A.C. (2016), como coautor, “Identifying Suitable Sanitary Landfill Locations in the State of Morelos, México, using a Geographic Information System”, *Physics and Chemistry of the Earth*”, vol. 37-39, Ámsterdam, Elsevier, pp. 2-9 (2012); en coautoría: “Programa de manejo y gestión comunitaria del agua dentro de la nanocuenca de ‘El Pantano’, Jiutepec, Morelos México”, Cuernavaca, Fundación Gonzalo Río Arronte (2016).

Xavier López-Medellín. Doctor en ciencias naturales por la Universidad Autónoma Nacional de México. Actualmente es profesor-investigador del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Su línea de investigación actual es el manejo y conservación de los recursos naturales. Entre sus más recientes publicaciones destacan como coautor: “How do policy-influential stakeholders from the Madrid región (Spain) understand and perceive the relevance of agroecology and the challenges for its regional implementation?”, *Landbauforsch, Journal of Sustainable Organic Agriculture Systems*, 70 (2), Westerau, Landbauforsch, Journal of Sustainable Organic Agriculture Systems, pp. 145-156 (2020); “Landscape Features Associated with Damage to Maize (*Zea mays*) Fields in Central México: A Comparison of Wind and Wildlife Damage”, *Agriculture*, 10 (10), 460 (2020); y “El desarrollo acelerado de megaproyectos: amenazas a la biodiversidad”, en *La Biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*, Vol. III, Ciudad de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 161-168 (2020).