

## RETOS DE LA GESTIÓN DE UNA CUENCA CONSTRUIDA: LA PENÍNSULA DE YUCATÁN EN MÉXICO

### CHALLENGES OF WATER MANAGEMENT IN A CONSTRUCTED WATERSHED: THE YUCATAN PENINSULA WATERSHED IN MEXICO

Edith F. Kauffer Michel y Clara Luz Villanueva Aguilar <sup>1</sup>

#### Resumen

En términos de división política, la Península de Yucatán está integrada por los estados mexicanos de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, sin embargo los estudios geofísicos la ubican junto a Belice y el Petén en Guatemala conformando una gran cuenca.

En el territorio de la cuenca es notable la ausencia de prominencias morfológicas de importancia ya que el 90 por ciento de la superficie está a menos de 200 metros de altitud. Las precipitaciones van de 125 a 1200 milímetros que se filtran por el subsuelo llenado hasta el manto freático por el tipo de suelo permeable; de esta manera más del 97.4 por ciento de agua es subterránea y únicamente el 2.6 por ciento es superficial. En cuanto a la geología sobresale la presencia de un sistema kárstico que ha permitido la creación de una línea de manglares y de humedales a lo largo del litoral además de las miles de ventanas al acuífero: los cenotes, cuya morfología es variada y cuya diversidad ecológica es extraordinaria. Sin embargo, la llamada "cuenca" de la Península de Yucatán posee también varios ecosistemas fluviales poco estudiados y cuya problemática no es determinante en vista de la predominancia del tema de la calidad del agua en la agenda de la gestión hídrica de la región.

En este artículo, abordaremos en primer lugar la cuenca de la Península de Yucatán como una construcción cuyas subdivisiones se han transformado a lo largo de la última década en sus delimitaciones y denominaciones, lo cual permitirá situarnos en una perspectiva de cuenca como un territorio apropiado por el principal actor de la política hídrica en México y en la región, la CONAGUA. En un segundo momento, describiremos la cuenca criptorreica antes de abordar brevemente las tres cuencas fluviales de la península. Finalmente, concluiremos en torno a la necesidad de una gestión integral del agua en dicha cuenca que se encuentra enfocada en el sistema cárstico y en la problemática de contaminación, lo cual constituye un reto en la actualidad.

**Palabras clave:** Península de Yucatán, cuenca, karst, cenote, gestión.

#### Abstract

From a political perspective, Yucatan Peninsula is composed by Mexican states or Yucatan, Campeche and Quintana Roo although geophysical studies consider the watershed integrates Belice and the Peten in Guatemala.

The territory of the Yucatan Peninsula watershed lacks of major morphological prominence since 90% of its surface is less than 200 meters. Rainfalls range from 125 to 1200 mm and due to the type of permeable soil more than 97.4% of water is underground and only 2.6% is superficial. Geologically stands the presence of a karst system that has allowed the creation of a line of mangroves and wetlands along the coast in addition to thousands of windows into the aquifer, called the cenotes, whose morphology is varied and whose ecological diversity is extraordinary. However, the "watershed" of the Yucatan Peninsula also has several little-studied river ecosystems and whose problems are not decisive in view of the predominance of water quality for water management in the region.

This paper deals first with Yucatan Peninsula watershed as a construct whose subdivisions have been transformed during last decade respected to its limits and names. Our study focuses from a perspective that defines a watershed as an appropriated territory by the main stakeholder of Mexican and regional water policy, CONAGUA. Then, it describes the subterranean watershed and the three river basins of Yucatan Peninsula. Eventually, it concludes about the necessity of integrated water management of Yucatan Peninsula which focuses on the karst system and on water as a main challenge nowadays.

**Keywords:** Yucatan Peninsula, watershed, karst, cenote, management.

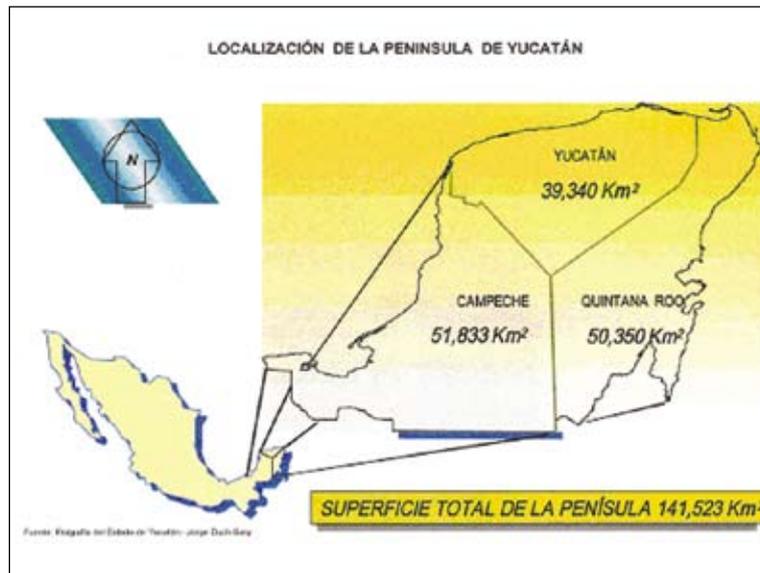
<sup>1</sup> Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS)-Sureste, tel: +(52) 9676749100 ext 4006; fax: +(52) 9676749100; e-mail: claraluz.villanueva@gmail.com; kauffer69@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

La porción que divide el golfo de México del mar Caribe en el extremo sureste de América del Norte y la parte norte de América Central y que cubre un territorio de 139,897 kilómetros cuadrados (INEGI,2010) es conocida como Península de Yucatán. En térmi-

nos de división política, la integran los estados mexicanos de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, sin embargo los estudios geofísicos (Lugo-Hubp et al, 1992) la ubican junto a Belice y el Petén en Guatemala para conformar una gran cuenca.

Mapa I. División política de la Península de Yucatán



Fuente: Extraído del documento de la CONAGUA "Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea acuífero (3105) Península de Yucatán estado de Yucatán", publicado en el diario oficial de la federación el 28 de agosto de 2009.

Las demarcaciones limítrofes peninsulares son: al suroeste, la laguna de Términos en el estado de Campeche; al noroeste La Ría de Celestún y el puerto de Sisal en el estado de Yucatán; al noreste, Cabo Catoche en el estado de Quintana Roo; al sureste, la bahía de Chetumal, en el estado de Quintana Roo y para efectos geográficos, el golfo de Honduras (Cáceres, 1998).

Uno de los rasgos más peculiares de la Península es la ausencia de prominencias morfológicas de importancia, de tal forma que el 90 por ciento de su superficie está a menos de 200 metros de altitud. La sierrita del Ticul es la única elevación prominente en la Península y dicha situación contrasta con un escenario montañoso dominante en México. Sus precipitaciones pluviales van desde menos de 125 mm en el extremo occidental hasta los 800 a 1200 mm en el resto de la superficie. Con los cerca de mil kilómetros lineales de manglar y humedales a lo largo del litoral encontramos una enorme y singular biodiversidad. Entre el 30 y 50 por ciento de las especies de rotíferos, cladóceros y codépodos conocidas en México se encuentran en esta cuenca; a las especies endémicas conocidas (la sardinita, el moli, la anguila ciega y la dama blanca) tenemos que sumar la recientemente descubierta anguila americana, exclusiva de los cenotes de Tulum en Quintana

Roo. Muchas de estas especies son amenazadas de extinción (Schmitter, 2001).

La llamada cuenca Península de Yucatán definida como tal por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), instancia federal de gestión y administración de los recursos hídricos en México se divide en cuatro cuencas hidrológicas principales: una cuenca criptorreica<sup>2</sup>, ubicada en el estado de Yucatán y en el norte de Quintana Roo; la cuenca del río Hondo, al sur de este último; la cuenca del río Champotón, ubicada en Campeche y que se extiende entre el suroeste y noroeste de la región y la cuenca del río Candelaria también en Campeche, localizada en el suroeste de la Península.

Existen pocos cuerpos de agua en la Península debido a que el agua, para volver al mar, rompe brecha en el subsuelo formando cavidades y aguadas interiores, lo que ha dado lugar por un lado a una ausencia de depósitos de agua superficial -existen tan sólo 12 lagos en la zona-; y por el otro, esta peculiaridad se relaciona con la formación de un enorme sistema de formas cársticas que incluye cenotes, poljes y sistemas de cuevas de proporciones considerables, que van desde los cientos de metros de profundidad hasta las decenas de kilómetros de longitud y que pueden ser contabilizados por miles.

<sup>2</sup> De ríos ocultos.

La llamada “cuenca de la Península de Yucatán” es una delimitación realizada por la CONAGUA que corresponde a un espacio atendido por dos estructuras de gestión y de administración derivadas de la ley de aguas nacionales. Encontramos por la parte gubernamental el Organismo de Cuenca Península de Yucatán como estructura de la CONAGUA y el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, como una instancia de concertación y de participación de la sociedad en colaboración con las órdenes del gobierno federal, de los estados federados y de los municipios. Esta delimitación de la Península como una sola cuenca sugiere una homogeneidad del territorio y de las problemáticas encontradas en materia hídrica. Sin embargo, como lo mencionábamos líneas arriba, esta “cuenca” presenta una diferencia muy marcada entre la cuenca criptorreica ubicada en el norte de la región que corresponde a un sistema geológico-hidroológico único formado por un sistema cárstico y la existencia de tres sistemas fluviales que son las cuencas de los ríos Hondo, Champotón y Candelaria ubicadas respectivamente en el sureste, el centro-noroeste y el sur-noroeste de dicha Península. Las subdivisiones de la cuenca y sus denominaciones se han transformado a lo largo de la última década en función de la visualización de la problemática de sus diferentes componentes y de la evolución de los intereses en materia de gestión del agua en la región. Sin embargo, en este recorrido reciente, la gestión de la cuenca de la Península de Yucatán queda enfocada principalmente hacia la problemática de la parte cárstica de la misma.

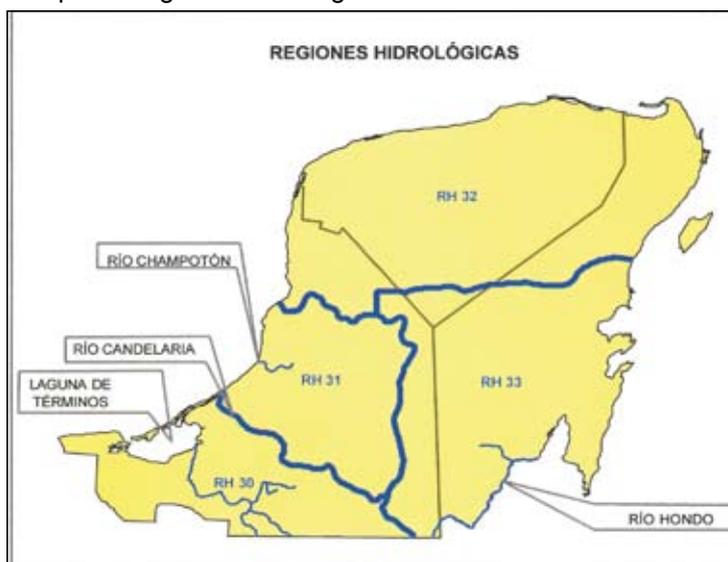
En este artículo, abordaremos en primer lugar la cuenca de la Península de Yucatán como una construcción cuyas subdivisiones se han transformado a lo largo de la última década en sus delimitaciones y denominaciones, lo cual permitirá situarnos en una perspectiva de cuenca como un territorio apropiado

por el principal actor de la política hídrica en México y en la región, la CONAGUA. En un segundo momento, describiremos la cuenca criptorreica antes de abordar brevemente las tres cuencas fluviales de la península. Finalmente, concluiremos en torno a la necesidad de una gestión integral del agua en dicha cuenca que se encuentra enfocada en el sistema cárstico y en la problemática de contaminación, lo cual constituye un reto en la actualidad.

### LA “CUENCA” DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN: CONSTRUCCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE SUS SUBDIVISIONES

A diferencia de los autores que consideran que las cuencas son delimitaciones naturales, partimos, al igual que numerosos trabajos recientes (Schlager y Blomquist, 2000; Warner et al, 2008; Warner y Wester, 2002) que los actores de la gestión del agua construyen y delimitan cuencas en función de sus intereses y de una visión específica del territorio, los cuales se encuentran plasmados en diversos criterios de delimitación y en el hecho de otorgarle un nombre a una cuenca. Así estamos hablando de elementos de construcción y de apropiación de un territorio, en este caso llamado cuenca, mediante un doble proceso: la determinación de sus límites y el otorgamiento de un nombre (Ghiotti, 2006). Ello significa que a diferencia de la definición de una cuenca como una porción de la superficie terrestre delimitada por un parteaguas que une los puntos de mayor altitud y es atravesada por una red hidrográfica que drena mediante una corriente principal hacia un punto de salida común, nuestra perspectiva resalta que las cuencas son, antes que todo, territorios apropiados por diversos actores mediante mecanismos específicos, es decir espacios construidos, cuya dimensión política es fundamental (Kauffer, 2011).

Mapa II. Regiones Hidrológicas de la Península de Yucatán



Fuente: Extraído del documento de la CONAGUA “Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea acuífero (3105) Península de Yucatán estado de Yucatán”, publicado en el diario oficial de la federación el 28 de agosto de 2009.

Dicho proceso de construcción y de apropiación por la CONAGUA es notable para la cuenca de la Península de Yucatán, en particular si observamos su delimitación, sus subdivisiones internas y la transformación de las denominaciones de las mismas a lo largo de más de una década, como aparecen en el cuadro I. Administrativamente, la cuenca está dividida en cuatro regiones hidrológicas como se aprecia en el mapa II: la 32 corresponde a la cuenca criotrófica ubicada en el norte de la Península, en los estados de Yucatán y al norte de Quintana Roo mientras que la 33 abarca el sur de Quintana Roo y se extiende en parte de la cuenca del río Hondo pero su delimitación rebasa el territorio que varios autores definen como cuenca del río Hondo (García y Kauffer, 2011; Benítez, 2010; Benítez, 2005). Ambas regiones hidrológicas fueron consideradas en 1999 y 2000 como parte de una misma "cuenca" a pesar de corresponder a dos sistemas muy diferenciados, el primero, subterráneo y el segundo, fluvial.

La región hidrológica 30 que corresponde al río Candelaria casi siempre aparece con una denominación referida al nombre del río, aunque sus límites no presentan ninguna equivalencia con las delimitaciones de la cuenca propuestas por académicos (Benítez, 2005; Kauffer, 2010). En la delimitación actual del año 2011, esta región es ampliada al río Palizada,

el cual hidrológicamente pertenece a la cuenca del río Usumacinta pero pertenecía administrativamente hasta fechas recientes, al organismo de cuenca Frontera Sur y al consejo de cuenca de los ríos Grijalva-Usumacinta ubicada al oeste de la Península. Sin embargo, la cuenca del río Palizada no era atendida por las estructuras gubernamentales y de concertación social a las cuales pertenecía debido a su localización en el estado de Campeche y a la ubicación de los centros de decisión en los estados de Chiapas y Tabasco, es decir en la otra región hidrológica correspondiente a otra cuenca. En consecuencia, se optó por incluir esta "cuenca" dentro de la península de Yucatán dentro de la región hidrológica 30 aunque hidrográficamente pertenece a una cuenca vecina. La inclusión del río Palizada ilustra entonces cómo la cuenca de la Península de Yucatán resulta un territorio apropiado y construido por la CONAGUA en función de decisiones más político-administrativas que de una lógica hidrológica. De hecho, la denominación actual de Grijalva-Usumacinta para la región hidrológica 30 que suma los ríos Candelaria y Palizada obedece probablemente a una visión más hidrológica que política o administrativa ya que recuerda su pertenencia "natural" a la cuenca colindante a pesar de tener una conformación netamente política.

| <b>Cuadro I. Denominaciones de las subdivisiones de la Región XII. Península de Yucatán</b> |                          |                     |                   |                        |
|---|--------------------------|---------------------|-------------------|------------------------|
| <b>Año</b>  | <b>RH<sup>3</sup> 30</b> | <b>RH 31</b>        | <b>RH 32</b>      | <b>RH 33</b>           |
| 1999  | Candelaria               | Poniente            | Oriente           |                        |
| 2000  | Candelaria               | Poniente            | Oriente           |                        |
| 2003  | Candelaria               | Peninsular Poniente | Peninsular Norte  | Peninsular Oriente     |
| 2004  | Grijalva-Usumacinta      | Yucatán Oeste       | Yucatán Norte     | Yucatán Este           |
| 2009  | Subregión Candelaria     | Subregión Campeche  | Subregión Yucatán | Subregión Quintana Roo |
| 2011  | Grijalva-Usumacinta      | Yucatán Oeste       | Yucatán Norte     | Yucatán Este           |

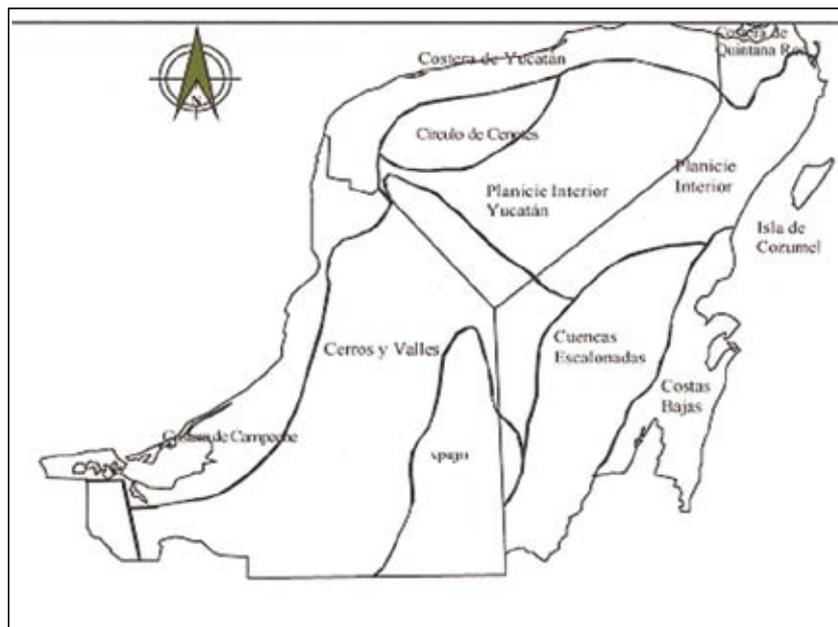
Fuente: CNA, 1999; CNA, 2000; CNA, 2003; CONAGUA, 2004; CONAGUA, 2009; CONAGUA, 2011.

Finalmente, la región 31 que corresponde aproximadamente a gran parte del río Champotón, nunca aparece mencionada con respecto a dicha corriente sino con referencia a los puntos cardinales y a la división político-administrativa. De hecho la lógica de denominación de las tres regiones 31, 32 y 33 obedece a una visión geográfica en cinco de las fuentes referidas y a una perspectiva político-administrativa en la delimitación del 2009. Ello significa que la construcción de las subdivisiones de la cuenca de la Península de Yucatán por la CONAGUA, sus modificaciones y la transformación de sus denominaciones remite más a intereses político-administrativos y puntos geográficos

que a una visión de cuenca como un espacio natural, de tal forma que podemos observar un proceso de construcción de una cuenca en tanto territorio apropiado por la CONAGUA y de sus paulatinos cambios a lo largo de los años mediante la delimitación, la definición de subdivisiones y el otorgamiento de una denominación. Adicionalmente a comparación de los mapas 2 y 3 evidencian que las regiones hidrológicas establecidas por la CONAGUA en el mapa 2 y la geohidrología de la Península de Yucatán no coinciden de tal forma que la delimitación de la cuenca de la Península de Yucatán y de sus subdivisiones obedece a otros criterios que son de índole político.

<sup>3</sup> RH significa región hidrológica y corresponde a subcuencas de la cuenca de la Península de Yucatán. Por comodidad de lenguaje, hablaremos de las subdivisiones como cuencas.

Mapa III. Ubicación de las unidades hidrogeológicas de la Península de Yucatán



Fuente: Extraído del documento de la CONAGUA “Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea acuífero (3105) Península de Yucatán estado de Yucatán”, publicado en el diario oficial de la federación el 28 de agosto de 2009.

### LA CUENCA CRIPTORREICA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN: UN SISTEMA GEOLÓGICO-HIDROLÓGICO ÚNICO EN MÉXICO

En la cuenca criptorreica, el escurrimiento encontrado es totalmente subterráneo dada la permeabilidad de la roca caliza y constituye el espacio donde se encuentra la mayor parte de los varios cientos de cenotes de la Península. Muchos de ellos se hallan alineados, signo de la presencia de corrientes subterráneas. El llamado anillo de cenotes representado en el mapa 3 se relaciona con el borde del cráter de Chicxulub, estructura enterrada bajo la losa calcárea yucateca con una antigüedad calculada en los 70 millones de años y relacionada con la gran extinción del Jurásico.

La plataforma de rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas presenta un grosor de hasta 3500 metros, descansando sobre un basamento paleozoico. Inmediatamente sobre éste se inicia la columna de rocas jurásicas (López-Ramos, 1975). El cretácico forma parte de toda la plataforma, en especial en la porción de evaporitas en Yucatán (López-Ramos, 1975). La secuencia de las rocas paleogénicas se encuentra en todo el subsuelo y consiste principalmente en caliza, arenisca y evaporita (López-Ramos, 1975) del paleoceno y eoceno. El Oligoceno está ausente, excepto en la parte nororiental (caliza y lutita), donde se reconoce los depósitos marinos del Neógeno y las calizas de la Formación Carrillo Puerto.

Durante el Mioceno fueron depositados los sedimentos calcáreos de la Formación Río Dulce, en el oriente (Estado de Quintana Roo). En las zonas de relieve más alto las capas cretácicas están a menor profundidad -500 metros-, lo mismo que en la planicie nororiental. En las zonas interiores continentales estos valores aumentan a 1000-1500 metros, es probable que estas irregularidades sean producto de la configuración de los bloques de basamento (López-Ramos, 1975).

La parte criptorreica de la cuenca de la Península de Yucatán muestra dos unidades morfológicas principales: la primera que está ubicada al norte, donde predominan las planicies y las rocas sedimentarias neogénicas; y en la segunda, al sur, las planicies alternan con lomeríos de hasta 400 metros sobre el nivel de mar en rocas sedimentarias oligocénicas. La estructura general del relieve tiene una relación estrecha con la estructura geológica profunda.

Cabe destacar que en los estudios antropológicos y paleológicos realizados en esta zona sobresalen aquellos relacionados con hallazgos óseos en cenotes. En la última década el ritmo de los descubrimientos ha sido vertiginoso, la evidencia fósil en cuevas señaló la existencia de poblaciones pre-mayas, siendo éstas las más antiguas conocidas en la región (Rojas, 2011).

Entre los factores más importantes para la formación del karst<sup>4</sup> en la cuenca de la Península de Yucatán

<sup>4</sup> Con el nombre de karst (del alemán *Karst: meseta de piedra caliza*), Macizo calcáreo afectado por modelado kárstico, entendido éste como un tipo de relieve debido a la disolución de las rocas por las aguas meteóricas cargadas de gas carbónico (Léxico Geológico Mexicano, 2006).

encontramos las rupturas de roca que controlan la posición de las formas cársticas, en especial las formaciones subterráneas, que constituyen casi en su totalidad del karst encontrado en la cuenca (Lugo-Hubp et al, 1992).

El karst debió haberse presentado en el relieve poco tiempo después de que los sedimentos marinos se elevaran constituyendo la tierra firme. El desarrollo de la Península, desde el mioceno hasta nuestros días, permite suponer que la porción meridional fue en ese periodo semejante a la planicie septentrional actual, por lo cual es probable que el karst se haya iniciado con dolinas. En la medida que se produce el ascenso continental el relieve pasa de planicies onduladas a lomeríos. En esta última etapa los movimientos verticales contribuyen a la fractura, favorecen el posterior desarrollo del karst subterráneo y se incrementa la disolución de la roca de superficie en forma diferencial. Estas consideraciones soportan la hipótesis de la formación diferenciada en dos momentos del tiempo de un karst viejo y otro más joven, análogo a lo observado en el relieve que presenta la Península (Lugo-Hubp et al, 1992).

El tipo de karst que se desarrolle dependerá fundamentalmente de otros factores litológico-estructurales, como el espesor de las capas, inclinación y composición mineralógica, además de factores externos como los climáticos. En el caso de los cenotes, sus condiciones de formación y evolución están determinadas sobre todo por la química y la dinámica de grandes masas de agua e intervalos muy grandes de tiempo (Lugo-Hubp et al, 1992).

En terrenos calcáreos, generalmente de origen marino, se forman oquedades a partir de fisuras, grietas o fracturas. El agua filtra las rocas que son especialmente vulnerables a la disolución. Con el paso del tiempo las oquedades son ensanchadas, con lo cual se facilita cada vez más la circulación del agua. Cuando se ensanchan las oquedades más cercanas a la superficie del terreno, su techo se adelgaza hasta que se desploma por su propio peso, con el hundimiento de la superficie del terreno y la formación en ésta de los "sumideros" o "dolinas".

La hipótesis de formación sostenida por White (1988) y Ford y Williams (1989) implica que el techo de las cavidades llega a colapsar al retirarse las aguas abriendo con ello un acceso al subsuelo. Aquellas galerías que vuelven a llenarse de agua corresponden a un cenote típico, y aquellas que permanecen vacías forman una cueva. También es conocido que el colapso de estas estructuras no se deba tan sólo a la ausencia repentina del soporte ejercido por el agua, sino también por las condiciones químicas imperantes en la química de las aguas (Lugo-Hubp et al, 1992).

Ateniendo a las observaciones de White (1988) y Ford y Williams (1989) se ha logrado establecer una continuidad evolutiva en la formación de los cenotes. Una sucesión que va de una gruta o cenote cántaro, como el de Dzitnup (Valladolid), a un cenote cilíndrico por derrumbe del techo. Después, el cenote cilíndrico, como el de Chichén Itzá, se convertirá en una aguada, por azolve y por hundimiento lento de toda la zona adyacente (Schmitter, 2001).

La tipología mencionada por Schmitter (2001) es la más aceptada para los cenotes y está fundamentada en las condiciones de su formación y se expresa en términos morfológicos: cenotes cántaro (también llamados en maya *ch'e'n*), en los que la abertura al exterior es pequeña en relación con el diámetro del embalse; cenotes cilíndricos (propriadamente *ts'onot*), de paredes verticales, donde la abertura equivale al diámetro del cuerpo de agua, cenotes aguada (*ak'al che'*), azolvados, con perfil en forma de plato y grutas (*aktun*), en los que la entrada es lateral. Cabe subrayar que existe un vacío jurídico derivado de la ley de aguas nacionales en materia de cenotes ya que la definición de las aguas nacionales y de las zonas federales destinadas a evitar la instalación de construcciones y actividades productivas en las orillas de las corrientes de agua resulta inaplicable debido a la morfología de muchos de los cenotes porque solamente considera extensiones horizontales a lo largo de los ríos o cuerpos de agua. Dicha inadecuación del marco jurídico hace difícil una eficiente protección de estos cuerpos de agua.

La mayor concentración de cenotes está ubicada geográficamente en el norte y noreste de la Península. Puede encontrarse desde cuevas pequeñas, hasta cavernas de 10 kilómetros de longitud sumergidas por completo. Como si esto no fuera suficientemente sorprendente el descubrimiento de vestigios arqueológicos demuestra que los cambios en el nivel del agua son más bien recientes (Coke, 1987). No es raro que existan también cavernas conectadas por galerías que se inundan en temporada alimentadas por arroyos estacionales que terminan en sumideros de hasta 100 metros antes de alcanzar el nivel freático. Esta cantidad de agua encuentra salida al mar en el área que comprende el litoral en que dominan manantiales y resurgencias. En conjunto representan una descarga anual al mar de unos 8.6 millones de metros cúbicos (Lazcano-Sahagún, 1986).

En este extenso territorio caracterizado por la ausencia de las grandes corrientes superficiales que cruzan el resto de la zona maya<sup>5</sup>, esos pozos naturales han venido representando el abastecimiento principal de agua para los asentamientos humanos. Si bien no fueron el único factor en la distribución de las poblaciones mayas prehispánicas, no hay duda que su presencia contribuyó significativamente a su

<sup>5</sup> La zona maya comprendía el territorio que hoy en día abarcan los estados de Quintana Roo, Campeche, Yucatán, Tabasco y el oriente de Chiapas en México; Guatemala, Belice y la parte poniente de Honduras y el Salvador en Centroamérica.

desarrollo, y de hecho grandes ciudades prehispánicas como Chichén Itzá sacaron provecho no sólo de sus condiciones naturales, sino de su carácter sagrado. En la medida en que son fuente del líquido vital, los cenotes han tenido un lugar especial en la vida ritual de los grupos mayas. En sus orillas se ubicaban templos en los que se realizaban ritos asociados a la lluvia y a la fertilidad, y a sus aguas sagradas se arrojaban diversos objetos —muchos de ellos ahora entre los mejores ejemplos de la habilidad artística de los antiguos mayas— y la máxima ofrenda que podía hacerse a los dioses: la vida humana. Hoy en día siguen siendo centros de veneración y culto, pues su don principal, el agua, es aún un elemento fundamental para la sobrevivencia de las comunidades que habitan la región (Beddows et al, 2006).

Las cuevas y los cenotes alojan ecosistemas que son importantes para el sostenimiento de los nichos ecológicos en toda la región. Las higueras, los manglares, los juncos, los helechos, las palmas, las algas y las bacterias son asociados con la existencia de los cenotes, y con ellos también a los seres humanos (Schmitter, 2001).

### **LOS SISTEMAS FLUVIALES DE YUCATÁN: DEL OLVIDO A LA PROGRESIVA VISIBILIDAD**

Con excepción del río Candelaria que representa la principal corriente en volumen de la Península, los otros sistemas fluviales no aparecen mencionados en las denominaciones establecidas por la instancia federal durante la última década. Estos ríos son referidos solamente en el mapa 2 como corrientes superficiales de la Península.

El río Candelaria es hoy en día bastante estudiado después de mucho desinterés en la década pasada y existe la propuesta de conformar una comisión para esta cuenca, lo cual indica que el reciente y creciente interés académico por la cuenca ha influido positivamente en una toma en cuenta de la misma por la esfera gubernamental. Se trata de una cuenca transfronteriza que México comparte con Guatemala y que posee una superficie de 20,816 km<sup>2</sup>, aunque no existe una dinámica binacional a escala de los Estados nacionales (Kauffer, 2010). El río nace en Guatemala en el departamento del Petén y recorre 180 kilómetros antes de desembocar en la Laguna de Términos ubicada en el Golfo de México. Es fundamental subrayar que el río Candelaria pasó de ser una cuenca ignorada y considerada como irrelevante para la gestión del agua y las políticas hídricas a principios de la década 2000 (Kauffer, 2010) a ser la cuenca más estudiada del estado de Campeche en el año 2011 como se pudo constatar en el Seminario sobre Cuencas organizado en este estado (Montcouquiol et al, 2011).

El río Hondo es una cuenca transfronteriza con dimensión trinacional que debería ser considerada como estratégica debido a esta característica. Su superficie alcanza 14,859 km<sup>2</sup> casi repartidos de ma-

nera equitativa entre México, Guatemala y Belice. El río nace en el departamento del Petén en Guatemala y recorre 260 kilómetros antes de desembocar en la Bahía de Chetumal en el Caribe. En 160 kilómetros de su longitud, marca la frontera entre México y Belice. Un hecho relevante en el río Hondo ha sido la elaboración de un diagnóstico por parte del gobierno federal mexicano, la creación de una comisión para el río aunque es exclusivamente mexicana así como la realización de un plan de gestión de la cuenca, todo aquello acompañado de los primeros intentos de cooperación binacional entre México y Belice.

El río Champotón se origina cerca del poblado San Juan Carpizo en el estado de Campeche y desemboca en el golfo de México con una longitud de 48 kilómetros. Este río es uno de los pocos cursos fluviales del sureste de México que discurre enteramente a través de una entidad federativa. Su cuenca cuenta con una superficie de 650 km<sup>2</sup> y representa tan sólo el 1 por ciento del total de la cuenca del río Usumacinta y el 10 por ciento del Río Grijalva. En sus riberas abundan los manglares (rojo, blanco, negro y sacocón), donde se encuentran una diversa avifauna acuática y varias especies endémicas (López-López et al, 2006). El río Champotón y su zona costera constituyen uno de los ecosistemas acuáticos con menor registro de información sobre su estado de contaminación actual (Rendón Von Osten et al, 2008) y representa sin duda el sistema fluvial menos estudiado de toda la península.

Durante el Foro de Investigación Científica, de Desarrollo Tecnológico y Exposición Cultural del Sistema Hidrológico de la Cuenca Península de Yucatán realizado en julio de 2011, entre las 68 ponencias presentadas, más de la mitad (35, es decir 51.5%) se centraron en la cuenca criptorreica, mientras que solamente 4.5% abordaron la problemática en la región 30 (Candelaria), 7.5% la parte del río Champotón y 6% el río Hondo. Los demás 30.5% de las ponencias abordaron temas generales de investigación o de desarrollo tecnológico. Cabe subrayar también que dicho foro se realizó en la ciudad de Mérida, es decir el corazón de la cuenca más estudiada de la Península. En consecuencia, los sistemas fluviales de la cuenca de la Península de Yucatán tienden poco a poco a salir de la invisibilidad mientras que el interés por el sistema cárstico sigue siendo predominante en la investigación científica sobre agua en la cuenca de la Península de Yucatán. En consecuencia, la gestión del agua en la cuenca criptorreica se encuentra en el centro de las preocupaciones de la política hídrica desarrollada en la región.

### **UNA GESTIÓN DEL AGUA DE ENFOCADA A LA CALIDAD**

La población de la Península de Yucatán es de 4,10 millones de habitantes, de los cuales 3,40 millones viven en zonas urbanas y 700 mil en zonas rurales. Para el caso del abastecimiento público y teniendo

en cuenta que en la Península el 97.4 por ciento del agua es subterránea y únicamente el 2.6 por ciento es superficial, existen más de 100 pozos operando en la región, cuya capacidad de absorción es de 3,300 litros por segundo. Esta cifra indica claramente que la satisfacción de las necesidades hídricas no representa un problema dada la cantidad de agua que mantiene el acuífero (Véase cuadro II).

Cuadro II.  
Agua renovable en la Península de Yucatán

|                                    |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| Precipitación anual                | 1218 mm                       |
| Escorrentamiento medio superficial | 4330 hm <sup>3</sup> /año     |
| Número de acuíferos                | 4                             |
| Agua renovable per cápita (2009)   | 7 294 m <sup>3</sup> /hab/año |
| Agua renovable per cápita (2030)   | 5 105 m <sup>3</sup> /hab/año |
| Grado de presión (2009)            | 9, 2% (sin estrés)            |

Fuente: Datos obtenidos de la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento CONAGUA, 2011.

Es necesario considerar que a pesar de la disponibilidad del recurso, el crecimiento de la mancha urbana y la diversificación de las actividades productivas empiezan a amenazar la sustentabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable en varios municipios. La CONAGUA ha registrado que al menos seis aguadas se secaron en la zona ecológica de Calakmul durante el año 2010 (Geovannini et al, 2011).

La problemática de la gestión del agua en la Península de Yucatán está orientada esencialmente en la calidad del agua. La situación de contaminación de las aguas en la zona se deriva de cinco elementos vinculados con las actividades humanas: el rezago en la cobertura en materia de alcantarillado, el tipo de alcantarillado, el limitado tratamiento de las aguas residuales, la situación de los desechos sólidos y el crecimiento urbano. Existen también fenómenos naturales que impactan en la calidad del agua y dificultan su uso para determinadas actividades como la salinidad, la dureza o la presencia de sólidos disueltos, PH y sulfatos (Benítez, 2011) que son características propias del agua en la región.

El principal rezago en materia de saneamiento en la Península se vincula con la baja cobertura de alcantarillado para la red pública que es de 4.7 por ciento para el estado de Campeche, 57.4 por ciento para Quintana Roo y tan solo 3.7 por ciento para Yucatán en comparación con una media nacional de 86.4 por ciento<sup>6</sup> (CONAGUA, 2009).

Al rezago mencionado en materia de alcantarillado, se suma el hecho que la disposición de las aguas residuales domésticas está fincada en procesos primarios de fosas sépticas individuales de baja eficiencia. En la Península de Yucatán están en funcionamiento más de 411,000 fosas sépticas que descargan al suelo, manto freático, ríos, mares y lagunas, contaminando los cuerpos receptores y formando acuíferos subterráneos confinados o no que también, como los anteriores, desembocan en el mar. La zona conocida como punta Cancún es la de mayor afectación, los niveles de salinidad en las aguas ya presentan crecimientos algales y una proliferación importante de medusas (Espinosa, 2001).

Por su parte, el tratamiento de aguas residuales se realiza en pequeñas plantas de tratamiento que en conjunto depuran únicamente 45 litros por segundo (Fernández, 2011). La contaminación del agua se realiza por los lixiviados de los rellenos sanitarios aledaños a las baterías de pozos de abastecimiento público, a pesar del reclamo de la población que habita aguas abajo, por la emergencia de enfermedades (Benítez, 2011).

Las actividades antrópicas han mermado sobre todo la calidad del agua superficial y han provocado la contaminación de acuíferos subterráneos. El crecimiento urbano y el desarrollo de las actividades turísticas han impactado de manera negativa en la contaminación de las fuentes de agua. En los estudios (Chi et al, 2011) que se han realizado sobre la calidad del agua de Quintana Roo se han encontrado altos niveles de coliformes fecales en cinco sistemas acuáticos debido a la influencia turística y contaminación biológica; así mismo en la zona sur de Campeche, se encontró alta cantidad de coliformes fecales, además de la presencia de residuos de contaminantes orgánicos persistentes y metales pesados.

Otras problemáticas que encontramos en la Península son: la pérdida de manglares, el crecimiento de pastos marinos, el florecimiento de algales nocivos, la erosión costera, la eutrofización, la pérdida de biodiversidad, la intrusión salina y el aumento en el nivel del mar.

Entre los imperativos identificados para la cuenca de la Península de Yucatán por la CONAGUA se encuentran los siguientes: frenar el uso inmoderado de agroquímicos por ser los principales causantes de la contaminación en los ríos y cuerpos de agua; normalizar el crecimiento de la mancha urbana y la infraestructura turística irregulares que invaden importantes ecosistemas y consecuentemente afectan la calidad de vida de los seres que la habitan; frenar la deforestación en las partes altas de las cuencas para favorecer la captación y fijación de aguas en el subsuelo; impulsar programas de saneamiento, que incluyan la limpieza de los cenotes y la refores-

<sup>6</sup> Situación del Subsector Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2009. CONAGUA

tación de su entorno; ampliar y dar seguimiento a los acuerdos con las comunidades en riesgo y aquellas sujetas al criterio de servidumbre ecológica; llevar a cabo un programa de alerta sobre las afectaciones relacionadas con el cambio climático; simplificar las reglas de operación de programas ya implementados, dado que resultan muy complicadas y difíciles de cumplir y realizar una adecuación de los ordenamientos legales en materia de agua, con base en el mayor conocimiento del recurso y considerando los problemas derivados del cambio climático.

Tomando en consideración los intentos antecedentes de resolución de este tipo de problemáticas, sus éxitos y sus fracasos, existe una serie de medidas que pueden llevarse a cabo para paliar las dificultades que la gestión del agua implica para la cuenca de la Península de Yucatán. Partiendo de que el agua tiene diversas funciones y significados para la sociedad y la naturaleza, necesitamos una gestión integral del agua en la cuenca de la Península que atienda las problemáticas de los diversos sistemas fluviales e hidrológicos. Cada acuífero y cada sistema fluvial requiere de una estrategia particular que debe incluir acciones para incrementar la disponibilidad y calidad del agua y en adelante, acciones para en su caso, atenuar el impacto del cambio climático además de atender las problemáticas locales específicas.

Algunas propuestas de gestión integral en la cuenca de la Península de Yucatán, a partir de la implementación de políticas públicas, son los pagos por servicios ambientales hacia las localidades que cuidan y sustentan el acuífero, además de compatibilizar el desarrollo urbano con el manejo del acuífero en zonas de captación de agua potable, a través del establecimiento de zonas de protección, reglamentación o reserva.

La adecuación de la legislación nacional a las condiciones regionales de la cuenca de la Península de Yucatán es un imperativo en un contexto de una gestión del agua que ha sido un asunto estrictamente gubernamental y sumamente centralizado, y aunque ha pretendido garantizar el aprovechamiento del recurso hídrico y optimizar el desarrollo económico, no se han considerado los límites biofísicos o las características y necesidades locales. Esto ha acarreado consecuencias en cuanto a la calidad y cantidad del agua, un impacto en el ciclo hídrico tanto subterráneo como superficial que se ha tornado problemático (Vargas et al, 2006). En la cuenca de la Península de Yucatán, la inadecuación de los textos de ley a las situaciones locales se traduce por un vacío jurídico que dificulta la protección y conservación de los cenotes.

## CONCLUSIONES

La cuenca de la Península de Yucatán constituye un territorio apropiado, construido y definido por el principal actor encargado de la gestión y administración de los recursos hídricos en México, la CONAGUA.

En esta lógica, en la cual las dimensiones hidrológicas están subordinadas a los imperativos políticos de la gestión, la delimitación de la cuenca, sus subdivisiones y las denominaciones otorgadas tienden a modificarse a lo largo del tiempo en función de visiones, intereses y lineamientos no necesariamente definidos desde los ámbitos locales.

Para lograr una gestión integrada de dicha cuenca, dos retos principales deben ser superados. El primero se relaciona con la persistencia de una política hídrica centralizada en México fundamentada en una legislación homogénea para un país hidrológica y culturalmente diverso, la cual resulta inadecuada para la Cuenca de la Península de Yucatán debido a la peculiaridad de su sistema cárstico. El segundo se deriva del necesario reconocimiento de que la problemática de la cuenca no solamente incluye la problemática de la cuenca criptorreica sino la existencia de tres cuencas fluviales con características fundamentales en la región en materia de biodiversidad y de comunicaciones, las cuales además poseen una dimensión política y estratégica debido a su condición transfronteriza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beddows, P., Blanchon, P., Escobar, E., Torres-Talante, O. 2006. Los cenotes de la Península de Yucatán. Raíces S.A. de C.V. Ciudad de México. 25 p.
- Benítez, J. 2010. Situación actual de las cuencas Candelaria y Hondo. En Helena Cotler Ávalos (coord), Las cuencas hidrográficas de México, Diagnóstico y priorización. Instituto Nacional de Ecología. México. 203-209 p.
- Benítez, J., Rendón, J., Lara, M. 2011. Diagnostico de la calidad del agua (nutrientes y metales pesados), de las principales fuentes de abastecimiento de agua en el estado de Campeche. Foro de investigación científica, de desarrollo tecnológico y exposición cultural del "sistema hidrológico de la cuenca Península de Yucatán". Mérida, Yucatán. 20 p.
- Benítez, J., Sanvicente, H., Lafragua, J., Zamora P., Morales, L., Causel, J., García G., Couturier, S., Zetina, R., Calan, R., Sánchez, L., Acuña, C., Mejenes, M. 2005. Sistema de información geográfica de la cuenca del río Candelaria: reconstrucción histórica de los cambios en la cobertura forestal y su efecto sobre la hidrología y calidad del agua- marco teórico y resultados iniciales, en Kauffer, E. El agua en la frontera México-Guatemala-Belice, ECOSUR, UNACH, TNC, RISAF, The David and Lucile Packard Foundation. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 19-32 p.
- Carabias, J., Landa, R., Collado, J., Martínez, P. 2005. Agua, medio ambiente y sociedad. Ciudad de México. 221 p.
- Casares G., Cantón, R., Duch, C., Antochiw, J., Zavala, S. 1998. Yucatán en el tiempo. Mérida, Yucatán. 23-35 p.

- Chi, J., López, M., Téllez, G., Quiñones, S. 2011. Estudio comparativo de la calidad bacteriológica del agua de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México. Foro de investigación científica, de desarrollo tecnológico y exposición cultural del "sistema hidrológico de la cuenca Península de Yucatán". Mérida, Yucatán. 23 p.
- Coke, J. 1988. Cenote Sac-Actum, the white cave: Association for mexican cave studies, activities newsletter. 17:100-103 p.
- Comisión Nacional del Agua. 1999. Lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico. Región XII: Península de Yucatán. 2 p.
- Comisión Nacional del Agua. 2000. Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2020 de la Región XII, Península de Yucatán. Gerencia Regional de la Península de Yucatán. 4 p.
- Comisión Nacional del Agua. 2003. Programa Hidráulico Regional 2002-2006: Península de Yucatán, Región XII. 26 p.
- Comisión Nacional del Agua. 2004. Programa Hídrico por Organismo de Cuenca, visión 2030: Gerencia Regional XII, Península de Yucatán. 67 p.
- Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos. 2009. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea acuífero (3105) Península de Yucatán, estado de Yucatán. Diario de la Federación. Ciudad de México. 23 p.
- Espinosa, M. 2011. Plan para la recuperación ambiental de la laguna de Bojorquez: proyecto FB1408/HL001/09. Foro de investigación científica, de desarrollo tecnológico y exposición cultural del "sistema hidrológico de la cuenca Península de Yucatán". Mérida, Yucatán. 20 p.
- Fernández, A. 2011. Suministro sustentable de agua potable. Foro de investigación científica, de desarrollo tecnológico y exposición cultural del "sistema hidrológico de la cuenca Península de Yucatán". Mérida, Yucatán. 37 p.
- Ford, D., Williams, P. 1989. Karst geomorphology and hydrophology. Unwin and Hyman. Londres. 601 p.
- García, A., Kauffer, E. 2011. Las cuencas comparadas entre México, Guatemala y Belice: un acercamiento a su delimitación y problemática general. Frontera norte. 45, 23, 131-161 p.
- Geovannini, H., Anaya, A., Faust, B. 2011. Estrategias de aprovechamiento y manejo de agua de los mayas prehispánicos y su relevancia en el contexto actual de la Reserva de la Biósfera de Calakmul. Foro de investigación científica, de desarrollo tecnológico y exposición cultural del "sistema hidrológico de la cuenca Península de Yucatán". Mérida, Yucatán. 21 p.
- Ghiotti, S. 2006. Les territoires de l'eau et la décentralisation. La gouvernance de bassin versant ou les limites d'une évidence, en Développement durable et territoires. 06/05/2009. [www.developpementdurable.revues.org/index1742.html](http://www.developpementdurable.revues.org/index1742.html)
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010. Censo de población y vivienda.
- Kauffer, E. 2010. Hidropolítica del Candelaria. Del análisis de la cuenca al estudio de las interacciones entre el río y la sociedad ribereña. Relaciones. 124, 21:187-226 p.
- Kauffer, E. 2011. Entre territorio nacional y soberanía estatal: la compleja labor "política" de delimitar cuencas transfronterizas en el sur de México, Manuscrito. 28 p.
- Kauffer, E. El agua en la frontera México-Guatemala-Belice, ECOSUR, UNACH, TNC, RISAF, The David and Lucile Packard Foundation, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 543p.
- Lazcano-Sahagun, C. 1985. The deep cenotes: Association for mexican cave studies. Activities newsletter. 15: 70-75 p.
- Léxico Geológico Mexicano. Sociedad Geológica Mexicana. Ciudad de México. 18/08/2011. <http://satori.geociencias.unam.mx/LGM/> editorial@geociencias.unam.mx
- López-López, E., Sedeño, J. 2006. El río Champotón: área de gran diversidad y riqueza íctica. FOMIX Campeche. Campeche. 3 p.
- López-Ramos, E. 1975. Geological summary of the Yucatán Peninsula. Plenum press. Nueva York. 257-282 p.
- Lugo-Hubp, J., Aceves-Quesada, J., Espinosa-Pereña, R. 1992. Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. Instituto de Geología. 10:143-150 p.
- Montcouquiol, D., Kauffer, E., Villanueva, C. 2011. Seminario Cuencas en Campeche Abastecimiento, Ambiente y Sociedad: Una Búsqueda por Mejorar el Manejo de los Recursos Hídricos. Ichan Tecolotl. 21, 250: 24-25 p.
- Rendón Von Osten, J., González, M., Memije, M., Quets, L. 2008. Contaminantes persistentes en el valle de Yohaltún y el río Champotón, Campeche. Jaina boletín informativo. Campeche. 19:5-6 p.
- Rojas, C. 2011. Notas en torno a la protección de los sitios arqueológicos y paleontológicos en cenotes y cuevas sumergidas en Quintana Roo. Foro de investigación científica, de desarrollo tecnológico y exposición cultural del "sistema hidrológico de la cuenca Península de Yucatán". Mérida, Yucatán. 32 p.
- Schlager, E., Blomquist, W. 2000. Local communities, policy prescriptions, and watershed management in

Arizona, California and Colorado. Ponencia, 2000 IASCP Conference, Bloomington.

Schmitter-Soto, J. 2001. Los cenotes de la Península de Yucatán. En Lagos y presas de México. En prep.

Situación del Subsector Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento. 2009. Comisión Nacional del Agua. 7 p.

Vargas, S., Mollard, E. 2005. Problemas socio-ambientales experiencias organizativas en las cuencas de México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Institute De Recherche-Pour Le Development. Progreso, Juitepec, Morelos. 385 p.

Vargas, S., Soares, D., Guzmán, B. 2006. La gestión del agua en la cuenca del río Amacuzac: diagnostico, reflexiones y desafíos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Progreso, Juitepec, Morelos. 318 p.

Warner, J., Wester, P., Bolding, A. 2008. Going with the flow: river basins as the natural units for water management?. *Water Policy*. S2. 10: 121-138 p.

Wester, P., Warner, J. 2002. River basin management reconsidered, en Turton, A., Henwood, R. (eds), *Hydropolitics in the developing world. A Southern African perspective*. AWIRU. Pretoria. 61-71 p.