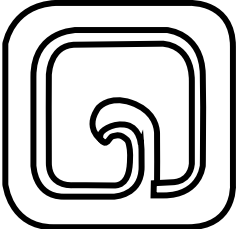


A photograph of a cave interior. A waterfall flows from the left side into a pool of water at the bottom. The cave walls are covered in numerous stalactites hanging from the ceiling. The lighting is dramatic, with a bright light source from the top right creating a strong beam of light that illuminates the water and the surrounding rock formations. The overall color palette is dominated by blues, greens, and browns.

EL MANEJO DEL AGUA A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN
CENTRO DE INVESTIGACIONES REGIONALES DR. HIDEYO NOGUCHI
UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES
FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE IAP
CONSEJO DE CUENCA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN





REALIDADES PRECIOSAS HACEN LLOVER,
DE TI PROVIENE TU FELICIDAD,
¡DADOR DE LA VIDA!

NEZAHUALCÓYOTL, S. XV

Fotografía de Fulvio Eccardi



EL MANEJO DEL AGUA A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

DR. JOSÉ DE JESÚS WILLIAMS
Rector

DR. JORGE ZAVALA CASTRO
Director
Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi

M. EN C. MIGUEL GÜÉMEZ PINEDA
Coordinador
Unidad de Ciencias Sociales

FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE IAP

DR. JAVIER MOCTEZUMA BARRAGÁN
Director General

M. EN C. RAMÓN PÉREZ GIL SALCIDO
Director del Programa Agua

CONSEJO DE CUENCA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

DRA. LAURA MARGARITA HERNÁNDEZ TERRONES
Presidenta

Fotografías
Carlos Alcérreca Aguirre y Fulvio Eccardi Ambrosi

Diseño editorial
Miguel Ángel Martínez de la Fuente

Corrección ortotipográfica
Alejandrina Garza de León

DR © UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN, 2015
Calle 60 Núm. 491-A por 57. Centro,
Mérida, Yucatán, México C.P. 97000

DR © FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P., 2015
Boulevard Adolfo López Mateos, Núm. 2009, piso 1, col. los Alpes,
C.P. 01010, Delegación Álvaro Obregón.

ISBN : 978-607-9405-74-8

* Este documento cuenta con revisión por pares.

* Las opiniones expresadas en este texto son
responsabilidad de sus autores.

Portada
Cenote Holaktún,
Quintana Roo.
Fotografía de James Balog.

Página 4-5
Chichén Itzá, Yucatán.
Primer plano, Chaac, deidad
de la lluvia y al fondo la
pirámide de Kukulkán.
Fotografía de Fulvio Eccardi.

Página 6
En el pozo.
Fotografía de Fulvio Eccardi.

Página 10
Bahía de Campeche.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

EL MANEJO DEL AGUA A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN
CENTRO DE INVESTIGACIONES REGIONALES DR. HIDEYO NOGUCHI
UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES
FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE IAP
CONSEJO DE CUENCA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

MÓNICA CHÁVEZ GUZMÁN
Editora

Yucatán, México, 2016

ÍNDICE

16 PRESENTACIÓN

18 PRÓLOGO

21 AGRADECIMIENTOS

22 INTRODUCCIÓN

.....
CAPÍTULO 1

35 **EL AGUA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**

LAURA HERNÁNDEZ TERRONES,¹⁻²

DANIELA ORTEGA CAMACHO¹

¹Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán

²Centro de Investigación Científica de Yucatán,
Unidad de Ciencias del Agua

48 **UNIDADES HIDROLÓGICAS DE LA REGIÓN XII,
PENÍNSULA DE YUCATÁN**

JOSÉ LUIS ACOSTA RODRÍGUEZ

Organismo de Cuenca Península de Yucatán

Comisión Nacional del Agua

.....
CAPÍTULO 2

51 **REPRESENTACIONES DEL AGUA
EN LOS CÓDIGOS MAYAS**

LAURA ELENA SOTELO SANTOS

Centro de Estudios Mayas

Universidad Nacional Autónoma de México

78 **LOS HABITANTES DE CALAKMUL, CAMPECHE
Y EL RETO DEL ACCESO AL AGUA**

JOEL D. GUNN, WILLIAM J. FOLAN, MARÍA DEL ROSARIO DOMÍNGUEZ,

JACINTO MAY HAU, BETTY B. FAUST, BENIAMINO VOLTA,

TERANCE WINEMILLER Y MIEMBROS DE I HOPE-MAYA 2012

CALAKMUL Y EL AGUA

Universidad Autónoma de Campeche



CAPÍTULO 3

83 **EL AGUA PARA LOS MAYAS DEL PERIODO COLONIAL**

MÓNICA CHÁVEZ GUZMÁN
*Unidad de Ciencias Sociales, CIR,
Universidad Autónoma de Yucatán*



.....
CAPÍTULO 4

103 **DE VIDA, DE CONTROL SOCIAL Y DE DIVISIÓN. EL AGUA EN EL SIGLO DECIMONÓNICO YUCATECO**

JORGE VICTORIA OJEDA Y AMARELLA EASTMOND
*Unidad de Ciencias, Sociales, CIR,
Universidad Autónoma de Yucatán*



128 **SUHUY HA' AGUA VIRGEN** / Incluye video

HILARIA MASS COLLÍ
*Unidad de Ciencias, Sociales, CIR,
Universidad Autónoma de Yucatán*

132 **RESCATE DE SABERES Y DIVERSIDAD CULTURAL**

DANIEL MURILLO LICEA
Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social

.....
CAPÍTULO 5

137 **LA "SANTA AGUA" EN LA CULTURA MAYA EN YUCATÁN** / Incluye video

ANA DUARTE DUARTE
*Unidad de Ciencias Sociales, CIR,
Universidad Autónoma de Yucatán*



154 **EL DISFRUTE DEL AGUA COMO DERECHO HUMANO**

ESTEBAN KROTZ HEBERLE
*Unidad de Ciencias Sociales, CIR,
Universidad Autónoma de Yucatán*

CAPÍTULO 6

161 **EL PAPEL DE LA CUBIERTA VEGETAL EN LA CONSERVACIÓN DEL AGUA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**

ROGER ORELLANA, CELENE ESPADAS MANRIQUE
*Unidad de Recursos Naturales,
Centro de Investigación Científica de Yucatán*



178 **LA ADAPTACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN A LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA**

SALVADOR FLORES GUIDO
*Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias,
Universidad Autónoma de Yucatán*

186 **LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, EL AGUA Y LOS RESIDENTES LOCALES**

RAFAEL ROBLES DE BENITO
*Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas,
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*

.....
CAPÍTULO 7

201 **CONDICIONES ACTUALES DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**

EDUARDO BATLLORI SAMPEDRO
Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán

226 **SÍNTESIS DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA REGIÓN**

YUCATÁN: EDUARDO BATLLORI SAMPEDRO
Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán

QUINTANA ROO: GONZALO MEREDIZ ALONSO
Amigos de Sian Ka'an, A.C.

240 **CAMPECHE:** EVELIA RIVERA ARRIAGA
*Instituto de Ecología, Pesquería y Oceanografía del Golfo de México
Universidad Autónoma de Campeche*



248 **PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO A NIVEL PENINSULAR**
LAURA HERNÁNDEZ TERRONES,^{1,2} DANIELA ORTEGA CAMACHO¹
JOSÉ LUIS ACOSTA³
*¹Unidad de Ciencias del Agua
Centro de Investigación Científica de Yucatán
²Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán
³Comisión Nacional del Agua, Organismo de Cuenca Península de Yucatán*

252 **EL IMPACTO DE PLAGUICIDAS Y SU RELACIÓN CON ENFERMEDADES DE CÁNCER EN YUCATÁN, MÉXICO. EVIDENCIAS PARA LA EDUCACIÓN Y LA PREVENCIÓN**
ÁNGEL POLANCO RODRÍGUEZ
Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi, Universidad Autónoma de Yucatán

258 **CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ESTADO DE YUCATÁN DESPUÉS DEL HURACÁN ISIDORE (2002)**
JULIA PACHECO ÁVILA Y SANTOS ARMANDO CABRERA SANORES
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán

.....
CAPÍTULO 8

263 **EL CONSEJO DE CUENCA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**
LAURA MARGARITA HERNÁNDEZ TERRONES
Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Ciencias del Agua; Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán

288 **PROTECCIÓN DE ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**
EDUARDO BATLLORI SAMPEDRO
Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán
EVELIA RIVERA ARRIAGA
Instituto de Ecología, Pesquería y Oceanografía del Golfo de México
Universidad Autónoma de Campeche



290 SECCIÓN ESPECIAL

PROPUESTAS DE UNA AGRUPACIÓN CAMPESINA EN TORNADO AL APROVECHAMIENTO DE LA SABIDURÍA MAYA ANCESTRAL PARA UN MEJOR MANEJO DEL AGUA

EL AGUA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN. ¿HACIA UN NUEVO PARADIGMA? / Incluye video

ATILANO CEBALLOS LOEZA
Escuela Agroecológica U Yits Ka'an

304 **EPÍLOGO**

310 **SEMBLANZA DE LOS AUTORES**

RECOMENDACIONES

Para ver correctamente el pdf en su pantalla poner en el menú visualización en una página.
Los videos presentados en esta edición son archivos Quick time.
Están adaptados para pdf interactivo.
Se pueden visualizar tanto en sistema Macintosh como en sistema Microsoft en Acrobat reader DC actualizado.
Dar un click para activar el contenido.
Dar click derecho para desactivar contenido en caso de que quiera repetir la presentación inmediatamente después de la primera.
Los cuadros de video activos se encuentran señalados con una barra color azul con el título de la obra.

PRESENTACIÓN

DR. JORGE ZAVALA CASTRO

*Director del Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi
Universidad Autónoma de Yucatán*

El acuífero de los estados de la península de Yucatán, con su riqueza y belleza, se nos revelan hoy de manera sorprendente como un recurso en riesgo, al igual que sucede en muchas otras partes del planeta.

Durante siglos el agua de la región fue aprovechada de manera inteligente y respetuosa por parte de sus habitantes, lo cual contribuyó, sin duda, al nacimiento de una de las civilizaciones más reconocidas de la tierra, e hizo posible también el desarrollo de múltiples generaciones que incorporaron percepciones y formas de manejo del agua de otras partes del mundo. Sin embargo, desde hace ya varios años nuestros acuíferos están siendo afectados en su calidad de manera creciente.

La problemática es compleja, sin lugar a dudas, y los causantes son las actividades llevadas a cabo de manera inadecuada por parte de una población también en ascenso, que bien podría contribuir a modificar esta tendencia para dirigirla hacia un manejo sustentable. Esta participación puede ser facilitada con la difusión de las acciones que están afectando la potabilidad del agua, y los alcances que puede brindar el rescate del aprecio y las técnicas de manejo ancestrales mayas, que en conjunto con las tecnologías modernas nos permitan continuar disfrutando del regalo del agua limpia en la región.



Río Champotón,
Campeche.
Fotografía: Carlos Alcérreca.

El Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi, con sus Unidades Biomédicas y de Ciencias Sociales, tiene precisamente dentro de sus objetivos el poner a la disposición de la sociedad los estudios generados en las diferentes áreas disciplinarias que desarrolla. Información que al ser enriquecida con la generada por especialistas de otros centros de investigación, instancias de gobierno y asociaciones civiles con las que une sus esfuerzos, da lugar a productos afortunados, como lo es el caso del presente libro, que aborda un panorama general del manejo del agua a lo largo de la historia, con sus aciertos, desaciertos y perspectivas futuras, obtenidos a través de diferentes metodologías y ópticas.

Esperamos que sus páginas contribuyan a estimular al lector a participar en la generación de un entorno saludable, y que sea de utilidad para los tomadores de decisiones en el relevante tema de la conservación y disfrute equitativo del agua potable en la península de Yucatán.

DRA. LAURA MARGARITA HERNÁNDEZ TERRONES

Presidenta del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán

El Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán es una instancia de coordinación, concertación, apoyo, consulta y asesoría, orientada a formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura y los servicios hidráulicos, como el alcantarillado, el saneamiento, la recirculación y el reúso, así como la preservación de los recursos de la cuenca.

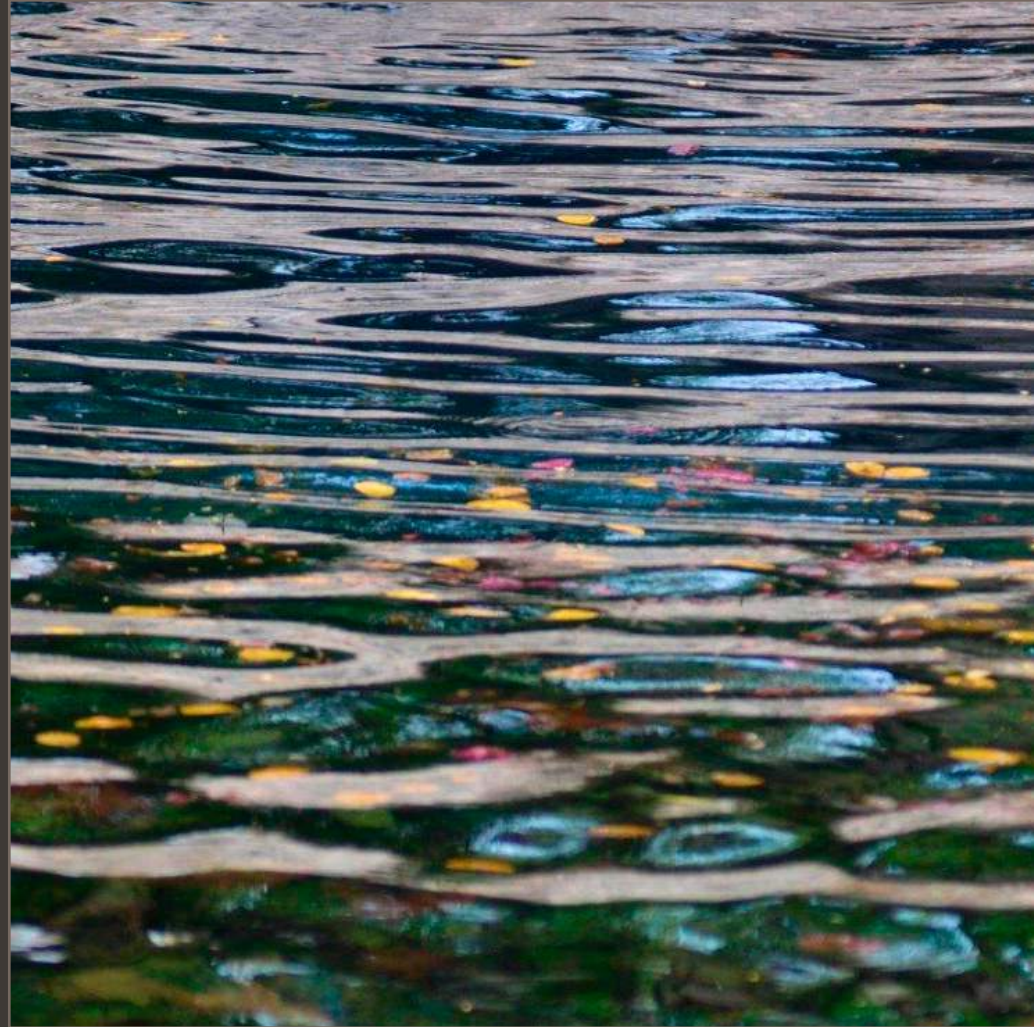
La responsabilidad del Consejo es difundir de manera ordenada y sistemática dichas acciones con la participación de los gobiernos federal, estatal y municipal, usuarios, sociedad organizada, sector academia y sector investigación, cumpliendo con lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales en vigor y lo dispuesto por la Comisión Nacional del Agua.

Es por ello que la salida a la luz de un libro como el presente, que une investigaciones, experiencias y miradas de diferentes sectores en un esfuerzo común para brindar una mayor comprensión sobre el *Manejo del Agua* en el pasado y sus perspectivas a futuro, es motivo de celebración para los miembros del Consejo de Cuenca.



Uxmal. La serpiente tiene varios significados, pero en la mitología del *Popol Vuh*, el “Quetzal-Serpiente” es la deidad progenitora que aparece “como principio vital, agua generadora” y energía con la que el mundo fue formado, e impulsa la vida. (De la Garza 1998: 236-237)¹

¹De la Garza. 1998, *El universo sagrado de la serpiente*, México, UNAM, IIFL, Centro de Estudios Mayas.



AGRADECIMIENTOS

AGRADECEMOS EL VALIOSO SOPORTE DE LA FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE I.A.P. PARA LA PUBLICACIÓN DE ESTE TRABAJO, EN PARTICULAR AL DIRECTOR DEL PROGRAMA AGUA, EL M. EN C. RAMÓN PÉREZ GIL SALCIDO, ASÍ COMO LAS FACILIDADES BRINDADAS POR EL CONSEJO DE CUENCA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.

TAMBIÉN, A LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA EL APOYO OTORGADO AL CUERPO ACADÉMICO: IDENTIDAD Y CULTURA MAYA DE LA UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES DE LA UADY, A TRAVÉS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO AL PROFESORADO (PROMEP:103.5/12/3639), PARA LA INCORPORACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS Y LOS VIDEOS DE LA EXPOSICIÓN ITINERANTE *AGUA SAGRADA*, Y A FULVIO ECCARDI POR LAS FACILIDADES BRINDADAS PARA SU PRODUCCIÓN. ASÍ COMO A LA FAMILIA XIU DE LA ESCUELA AGROECOLÓGICA U YITS KA'AN, POR SU VALIOSA GUÍA Y PARTICIPACIÓN EN LA GENERACIÓN DE NUMEROSAS IMÁGENES, Y A LA DRA. GENNY NEGROE, DIRECTORA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN, A EDWARD MONTAÑEZ Y A TOMÁS PELLICER, POR AYUDARNOS A EMBELLEECER ESTA PUBLICACIÓN CON ELEMENTOS DE LA FOTOTECA PEDRO GUERRA.

Página anterior
Cenote Azul, Quintana Roo.
Fotografía de Mónica Chávez.

INTRODUCCIÓN

El libro *El manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán* surgió a partir del coloquio del mismo nombre, realizado en octubre de 2012 por el Cuerpo Académico *Identidad y Cultura Maya*, de la Unidad de Ciencias Sociales del Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi de la Universidad Autónoma de Yucatán (UCS-UADY), con el impulso del Programa de Apoyo al Profesorado de la Secretaría de Educación Pública (SEP-PROMEP hoy PRODEP), y la participación de diversas instituciones de los sectores gubernamental federal, estatal, de asistencia privada, centros de investigación, asociaciones civiles y promotores de desarrollo rural. Dentro de ellas, la Fundación Gonzalo Río Arronte IAP con su Programa Agua, gracias a la cual se realizó esta publicación, con el estímulo del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán.

El objetivo es informar al público en general sobre la situación de los recursos acuíferos, los complejos factores que inciden en un adecuado o inadecuado manejo de los mismos, así como los retos y perspectivas regionales que se enfrentan para contar con agua de calidad y de manera equitativa.

El rápido incremento que se observa en la actualidad en la contaminación del agua peninsular, principalmente, pero también la futura posible disminución del manto acuífero por el crecimiento exponencial de la población y los cambios climáticos globales registrados, son el origen de este libro y del coloquio que le antecede, y que han reunido



Probable representación de un río. *Códice Tro Cortesiano*, 29c.

a expertos en química, biología, hidrología, climatología e ingeniería, en diferentes materias de gran importancia para el análisis, prevención y solución de tales problemáticas. Además de la participación de varios especialistas en historia, ciencias sociales y promotores del desarrollo rural, con la finalidad de incorporar sus perspectivas en torno al manejo del agua, y con énfasis en los beneficios que pueden aportar las sabidurías locales ancestrales alrededor del aprovechamiento y preservación del agua en la región, acordes con las características de la zona, en conjunto con las opciones que pueden brindar las nuevas tecnologías. Temas que a pesar de ser relevantes en el análisis del manejo del agua, en general son escasamente tocadas en foros y publicaciones.

El libro muestra una síntesis de las maneras de usar y percibir el agua en la región y sus cambios de manera cronológica. Inicia con la descripción general de la hidrogeoquímica de la Península y continúa con los aspectos históricos y arqueológicos de la época prehispánica, colonial, y los siglos XVIII y XX, hasta llegar al análisis de la antropología social en la época actual, para seguir con la visión ecológica y la importancia de la estabilidad de los ecosistemas y el desarrollo sostenible, que mantienen el equilibrio del ciclo del agua y del clima.

Posteriormente, se aborda la problemática actual del acuífero regional bajo la visión de numerosas especialidades hidrológicas, químicas y en ingeniería. Todo ello presentado en ocho capítulos y quince textos más cortos que los complementan, elaborados

con las metodologías de las diferentes disciplinas de sus autores. Además de incluir una sección especial que ejemplifica la labor de un grupo maya-campesino que ha puesto en práctica desde hace más de veinte años las sugerencias vertidas en este libro y en el coloquio que le diera origen, respecto al diálogo intercultural entre los conocimientos ancestrales locales y los científicos, en la búsqueda de la conservación y el aprovechamiento óptimo del agua y de los recursos naturales en general. El libro finaliza con las conclusiones fundamentales vertidas por los participantes.

Los textos presentados incluyen atractivas imágenes de códices mayas y fotografías de la Fototeca Pedro Guerra de la UADY, de Carlos Alcérreca y Fulvio Eccardi, principalmente, con aportaciones de Ramón Hernández, Robert Supper y James Balog, además de las fotografías e ilustraciones proporcionadas por los autores de los textos.

El primer capítulo, “El agua en la península de Yucatán”, es presentado por Laura Hernández y Daniela Ortega Camacho, ambas investigadoras de la Unidad de Ciencias del Agua del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), la primera también presidenta del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán (CCPY). Ellas nos muestran las características hidrogeoquímicas de la región que contribuyen a determinar las particularidades del agua dulce de la zona, y también su vulnerabilidad. Además de complementar la información general el texto: “Unidades Hidrológicas de la Región XII, Península de Yucatán”, de José Luis Acosta Rodríguez, del Organismo de Cuenca Península de Yucatán-Comisión Nacional del Agua, que nos habla de la capacidad de recarga, la buena disponibilidad y nos muestra que no toda el agua de la región tiene características idóneas para ser consumida por el hombre y para ser utilizada en el riego de cultivos.

Laura Elena Sotelo Santos, del Centro de Estudios Mayas de la Universidad Nacional Autónoma de México, aborda el segundo capítulo, “Deidades del agua en códices mayas”, que nos explica algunas imágenes de libros antiguos maya-yucatecos prehispánicos que nos llevan a los mitos de origen y a la acción de las deidades acuáticas en sus expresiones tanto benéficas y fértiles, imprescindibles para el desarrollo de la vida, como las opuestas, las que acarrearán destrucción y muerte.

El siguiente recuadro alberga de manera sintética el trabajo colectivo de un amplio equipo en el que interactúan varios investigadores como Joel Gunn, William J. Folan, María del Rosario Domínguez, Jacinto May, Betty Faust, Beniamino Volta y Terance Winemiller, con apoyo de la red global para el estudio de la *Historia integral y las perspectivas a futuro de los habitantes de la zona maya (IHope-Maya)*, con sede en Upsala, Suecia, interesados en el impacto del cambio climático, la contribución humana al mismo y su resiliencia y vulnerabilidad para enfrentarlos. El grupo plasma precisamente en “Los habitantes de Calakmul y el reto del acceso al agua”, la adaptación de los mayas de esta zona al medio, con uno de los ejemplos de la inteligente ingeniería hidráulica regional, y de la organización y participación comunitaria que permitieron el mantenimiento de un centro urbano con miles de habitantes, lejos de depósitos naturales de agua.

A continuación se inicia la colaboración de los investigadores de la Unidad de Ciencias Sociales del Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi de la Universidad Autónoma de Yucatán (UCS-CIR, UADY), con el tercer capítulo, “El agua para los mayas del periodo colonial” de Mónica Chávez Guzmán, que da cuenta de la nueva cultura del agua a partir de la llegada de los españoles, cuando se mezclaron las técnicas y los modos de manejarla, tanto europeos como mesoamericanos; así como las maneras de percibir el líquido, lo cual dio origen a la persecución de los mayas por parte de los tribunales españoles, al incluir la adoración a las antiguas entidades sagradas prehispánicas. Sobresale para el tema tratado en este espacio, la vinculación del árbol sagrado con el agua, en el reconocimiento de los árboles como elementos relevantes en la cadena de generación de las lluvias.

En el capítulo cuatro, Jorge Victoria Ojeda y Amarella Eastmond Spencer continúan con el tema: “De vida, de control social y de división. El agua en el siglo decimonónico yucateco”, en donde se analizan los cambios y consecuencias de la introducción de las tecnologías extranjeras de extracción de agua en la región, tanto positivas como negativas, que derivaron en el desarrollo de nuevas actividades como las de las haciendas, hasta llegar al siglo XX, con el aprovechamiento del líquido de niveles más profundos, la introducción de agua entubada y la utilización de pozos para el drenaje de las aguas negras, lo cual incrementó la contaminación directa del manto freático.

Hilaria Mass Colli, también de la UCS-UADY, por su parte, nos brinda un texto en maya y español que marca la entrada a la reflexión y el análisis del manejo del agua por los mayas actuales, con el recuadro: “Agua virgen”, que refleja la percepción sagrada del líquido poco a poco olvidada por las nuevas generaciones, también participantes en la contaminación de las fuentes de agua peninsular de manera creciente. Mientras que Daniel Murillo Licea, del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, aborda el “Rescate de saberes y la diversidad cultural” y propone el diálogo entre el conocimiento local del manejo del agua y el científico, en el marco de la diversidad cultural y ambiental para la búsqueda de un mejor uso del agua.

Ana Duarte, de la Unidad de Ciencias Sociales-CIR, UADY, aborda de nuevo en el capítulo cinco el tema de “La *Santa Agua* en la cultura maya de Yucatán” y los saberes milenarios, como los desarrollados en torno de las lluvias, y la diversidad de cultivos adecuados a las precipitaciones, y los contrasta con los conocimientos basados en modelos de propiedad privada, individualistas y mercantilistas, que inciden en la conservación del agua de calidad. Mientras que Esteban Krotz Heberle, del mismo centro de trabajo, complementa la información con el texto “El disfrute del agua como derecho humano”, para continuar con las reflexiones sobre el porcentaje de recursos destinados a la adquisición de agua por los habitantes con menos recursos económicos, y los retos que tienen los organismos internacionales para cumplir con los objetivos de acceso al agua potable suficiente, disponible permanentemente, y accesible física y económicamente para millones de ciudadanos, de frente al fenómeno del Calentamiento de la Tierra y el derecho al saneamiento de sus desechos.

Roger Orellana Lanza y Celene Espadas Manrique de la Unidad de Recursos Naturales del CICY, por su parte, dan inicio a “El papel de la cubierta vegetal en la conservación del agua en la península de Yucatán”, y señalan la relación de la disposición de las lluvias y los tipos de cobertura forestal, con énfasis en la importancia de la misma en el ciclo hidrológico y los tipos de climas de la región; además de advertir sobre las riesgosas perspectivas futuras de mantenerse las tasas mundiales de deforestación. José Salvador Flores Guido, del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la UADY, com-

plementa la información del capítulo con el texto: “Adaptaciones de la vegetación a la disponibilidad del agua en la península de Yucatán”, con diferentes tipos de vegetación y una rica diversidad de especies, muchas de ellas exclusivas de la región, y con ecosistemas muy particulares y de gran belleza, como los petenes, en los que las características del acuífero de la Península fungen como factores determinantes.

Rafael Robles de Benito, de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, aborda “Las Áreas Naturales Protegidas, el Agua y los Residentes Locales”, con las limitaciones que tiene la preservación de la biodiversidad de los ecosistemas cuando no se toma en cuenta la participación de los residentes locales, en particular la de los pueblos originarios, con el potencial que significa la conjunción de sus sabidurías con las científicas para la conservación y manejo sustentable de los recursos; en particular, si tomamos en cuenta el hecho de que gran parte de las cabeceras más importantes de las cuencas hidrográficas están ocupadas por ellos.

A continuación, Eduardo Batllori Sampedro, de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán, presenta el capítulo siete: “Condiciones actuales del agua subterránea en la península de Yucatán” en el que se describe la complejidad de la problemática que enfrentan los mantos acuíferos de la región, específicamente por su contaminación por aguas residuales urbanas, sitios de disposición a cielo abierto de residuos sólidos, el uso de agroquímicos, las actividades porcícola y avícola, industrial y turística, principalmente, así como sus consecuencias en la salud de los seres humanos y en el desequilibrio de los ecosistemas naturales y sus recursos, como los pesqueros. El capítulo se complementa con los datos correspondientes a la “Presión sobre el recurso hídrico a nivel peninsular”, elaborado por la presidenta del CCPY, Laura Hernández, y Daniela Ortega Camacho, ambas del CICY, y por José Luis Acosta de la CNA, que nos muestran el grado de presión sobre el recurso hídrico, incrementado casi cuatro puntos porcentuales solamente de 2002 a 2011, con una gran descarga de aguas negras residuales. Mientras que las tablas elaboradas por Gonzalo Merediz Alonso, director de Amigos de Sian Ka’an, A.C., Quintana Roo, y Evelia Rivera Arriaga del Instituto de Ecología,

Pesquería y Oceanografía del Golfo de México (Epomex), de la Universidad Autónoma de Campeche, nos brindan datos particulares de sus estados. Dentro de las aportaciones del primero cabe resaltar la advertencia de la creciente fragmentación de un importante corredor hidroforestal que a largo plazo podría poner en riesgo el abasto de agua dulce y los ecosistemas costeros, así como la grave afectación de los arrecifes de coral por los contaminantes de las descargas de aguas residuales, con el registro de una pérdida de 50% de la cobertura de coral vivo en el norte de Quintana Roo. Mientras que Rivera señala la fuerte intrusión salina en la región costera de Campeche, en gran parte por el incremento del nivel medio del mar, ocasionado por el cambio climático, y también por las modificaciones en el uso del suelo y el empleo de agroquímicos que dañan los manglares con sus importantes funciones y son los principales causantes de la contaminación en ríos y cuerpos de agua del estado.

En los siguientes textos otros especialistas enriquecen el capítulo siete en torno de la contaminación del agua, al brindarnos los resultados de sus investigaciones, como los brindados por Ángel Polanco Rodríguez, del Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi de la UADY, con su texto: “El Impacto de plaguicidas y su relación con enfermedades de cáncer en Yucatán. Evidencias para la educación y la prevención”, que enfatiza la falta de regulación en el uso de plaguicidas prohibidos internacionalmente, y la posibilidad de su contribución al cáncer cervicouterino y el de mama, que ocupan el primero y segundo lugares como causa de muerte en mujeres mayores de 25 años en el estado. Además de incluir en este espacio los estudios de Julia Pacheco Ávila y Santos Cabrera Sansores, de la Facultad de Ingeniería de la UADY, quienes manifiestan en la: “Calidad del agua subterránea en el estado de Yucatán después del huracán Isidoro (2002)” el desafío que implica el suministro de agua potable después de este tipo de eventos meteorológicos, por la contaminación del agua en una región con alta incidencia de los mismos. Para concluir esta sección sobre los retos que enfrenta la Península, se incorporan los comentarios emitidos en una de las ponencias del coloquio del agua por Xavier Moya García, director de la oficina Península de Yucatán y Tabasco del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), respecto a la reducción de la

vulnerabilidad ante fenómenos naturales, como los huracanes, con la modificación del modo de enfrentar la problemática con medidas de prevención que cambien el enfoque de manejo de desastres, a la gestión de riesgos.

El capítulo ocho, “El Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán”, nuevamente en palabras de Laura Hernández, su presidenta, muestra los avances del mismo, con los objetivos de orientar la participación de los usuarios, de la sociedad organizada y de las autoridades de los diferentes niveles de gobierno en la planeación y promoción de un adecuado desarrollo hídrico de la región, y describe su estructura, cada vez más especializada y organizada en comités y comisiones de los tres estados. Así como en grupos especializados de trabajo en saneamiento, humedales, educación, comunicación, cambio climático y prevención de desastres, entre otros, con la realización de frecuentes foros de investigación científica y desarrollo tecnológico para identificar los trabajos realizados, estimular y fortalecer la vinculación interinstitucional, social y privada, definir necesidades y promover espacios de intercambio académico para impulsar el cuidado de la cuenca hídrica y su manejo y aprovechamiento sustentable. Además de apoyar proyectos, por ejemplo, para el estudio de la calidad del agua subterránea, de su dinámica y del impacto en la zona costera peninsular, con el propósito de plantear a corto plazo acciones de conservación del recurso hídrico y del entorno ecológico del sistema terrestre, de transición y marino adyacente. Igualmente con logros notables, como el decreto de la Reserva Estatal Hidrológica del Anillo de Cenotes del norte de la península de Yucatán y el avance en las investigaciones para hacerlo también en otras zonas. Mientras que Eduardo Batllori de la Seduma y Evelia Rivera de Epomex complementan el capítulo con un texto que nos habla igualmente sobre la protección de áreas de recarga hídrica y la necesidad de armonizar la planeación del territorio con instrumentos políticos y convenios de coordinación peninsular.

Para concluir con las aportaciones de los participantes del libro se abre un lugar especial que aborda las propuestas de una nosta agrupación campesina en torno a la sabiduría maya ancestral para un mejor manejo del agua, con la interacción de los conocimientos ancestrales locales y los científicos para la preservación y el óptimo aprovechamiento

del líquido y de los recursos naturales en general. El texto “El agua en la península de Yucatán. ¿Hacia un nuevo paradigma?”, es presentado por el presbítero Atilano Ceballos Loeza, director de la Escuela Agroecológica U Yits Ka’an de Maní Yucatán, quien promueve con su equipo de trabajo la educación maya-campesina, principalmente en comunidades de Yucatán, con el objetivo de cuidar el ambiente, la identidad cultural y el liderazgo maya, entre otras cosas. Ellos han capacitado a más de 1,500 personas y fomentado el intercambio de experiencias con grupos de toda la región maya y especialistas de varios centros de investigación. Siempre con cuidado de mantener la visión maya y la toma de decisiones de los campesinos, para que ellos impulsen y protagonicen sus propios procesos de cambio y perspectivas. El compromiso de la escuela para el mantenimiento de la tierra y el agua libre de contaminantes, y accesible para todos sus habitantes, hacen que en este espacio el presbítero exija también el cumplimiento de las leyes mexicanas por parte de las autoridades para lograrlo. Cabe señalar que este centro recibió el Premio al Mérito Ecológico 2014, otorgado por la Semarnat por sus proyectos de educación innovadores y relevantes para el desarrollo sustentable y su efecto multiplicador en toda la Península, a través de cinco subsedes en 22 años de intenso trabajo que han influido en cada vez más personas involucradas en sus programas.

Esta sección es enriquecida brevemente con otros estimulantes ejemplos de las labores de educación ambiental, investigación, restauración y conservación del acuífero por parte de algunas asociaciones civiles, miembros del Consejo de Cuenca, los cuales participaron en el coloquio, como las asociaciones civiles Niños y Crías, la Reserva Biocultural Kaxil Kiuic, Amigos de Sian Ka’an. Además de la agrupación Kool-el-Kab, galardonada con el Premio Ecuatorial 2014 que otorga el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Mérida, Yucatán, México, octubre de 2015

Página opuesta
Aguada de Hool. Campeche.
Fotografía de Carlos Alcérreca.





Grupo de pisotes (*Nasua narica*) beben agua de un manantial de Xel Ha, Quintana Roo.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

LAURA HERNÁNDEZ TERRONES¹⁻²
DANIELA ORTEGA CAMACHO¹

*¹Centro de Investigación Científica de Yucatán
Unidad de Ciencias del Agua*

²Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán

CAPÍTULO 1

EL AGUA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

“[...] quiere decir agua honda, y nosotros los españoles le llamamos sonot [cenote] porque así los hemos oído nombrar, y de éstos hay muchos en toda esta tierra, y como es tierra muy llana, sin ríos, tiénese entendido que por concavidades vienen de hacia las serranías que están lejos de aquí ríos que corren, y aparecen por estas bocas que estos cenotes que por sí mismos se han abierto sin haberlos hecho hombres”.

*Relaciones Histórico Geográficas de la Gobernación de Yucatán,
S. XVI (1983, II: 70).*

La península de Yucatán se localiza en el extremo sureste de la República Mexicana, y está constituida por los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, comprendiendo aproximadamente 7.5% del territorio nacional (Imagen 1). Su litoral colinda al este con el mar Caribe y al norte y oeste con el Golfo de México, lo cual favorece la incidencia de frentes fríos, tormentas y huracanes en la región. Los climas predominantes son el cálido subhúmedo y el cálido seco, con una temperatura promedio anual de 25° C y un régimen de lluvias con precipitaciones entre 800-1200 mm anuales, principalmente entre junio y noviembre (Conagua, 2010), y un grado de pluviosidad ascendente de la costa a la región septentrional (Balam *et al.*, 1999: 163). La combinación de altas temperaturas, alta precipitación y abundante vegetación genera una alta evapotranspiración de agua, de hasta 85% de la precipitación que cae en la región. Figura 1.

Debido a la geología de la península de Yucatán, la presencia de corrientes superficiales son casi inexistentes, y los tres ríos principales son: Candelaria y Champotón en Campeche, y Hondo en Quintana Roo, en la frontera internacional con Belice. La Península se describe como una gran superficie plana



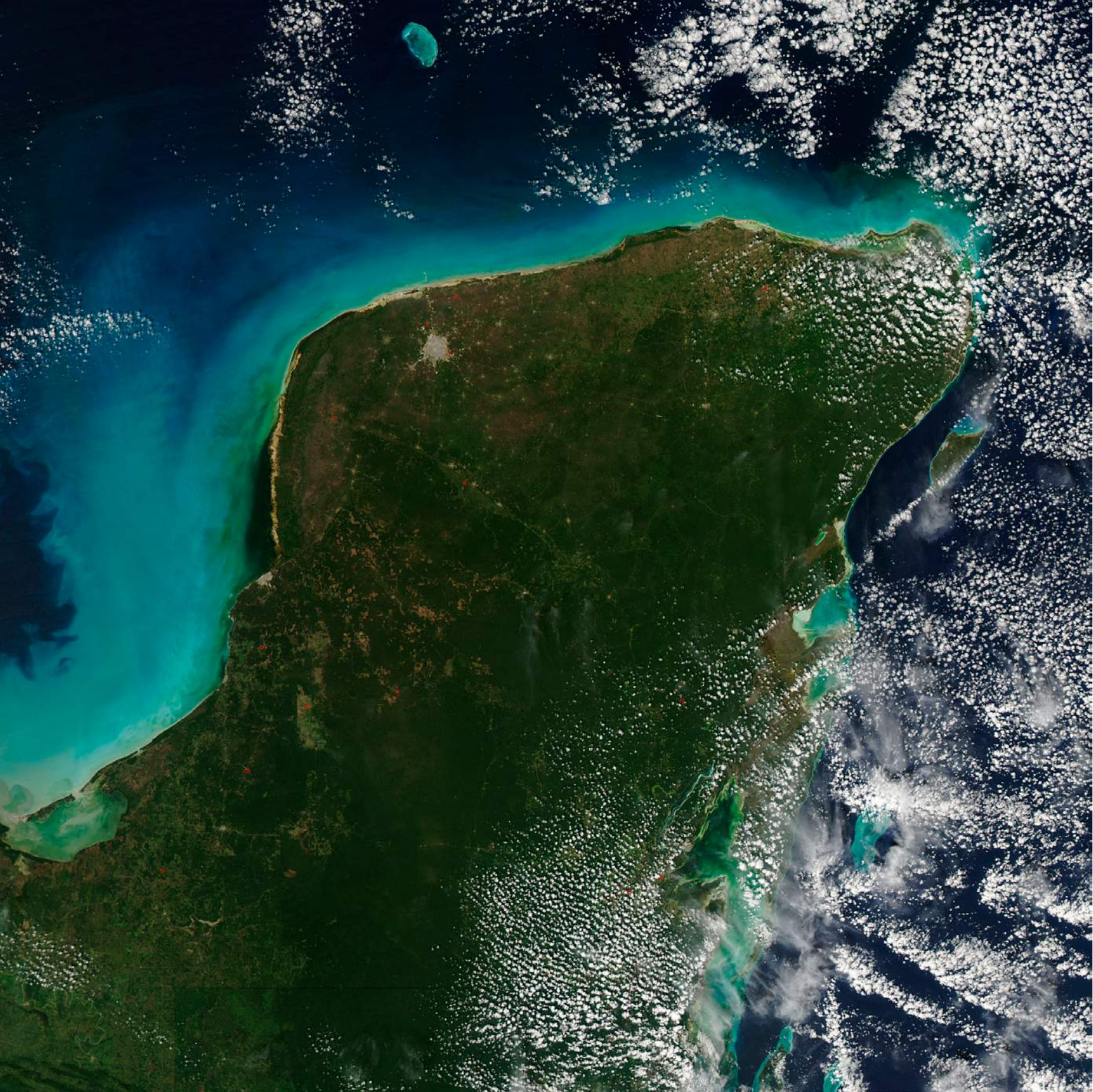
El flujo del agua subterránea se mueve de las zonas de precipitación de la plataforma yucateca hacia la costa, donde se realiza la descarga natural del acuífero, incluyendo la de agua dulce dentro del mar, de manera general.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

Página anterior

Cenote azul, Quintana Roo.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

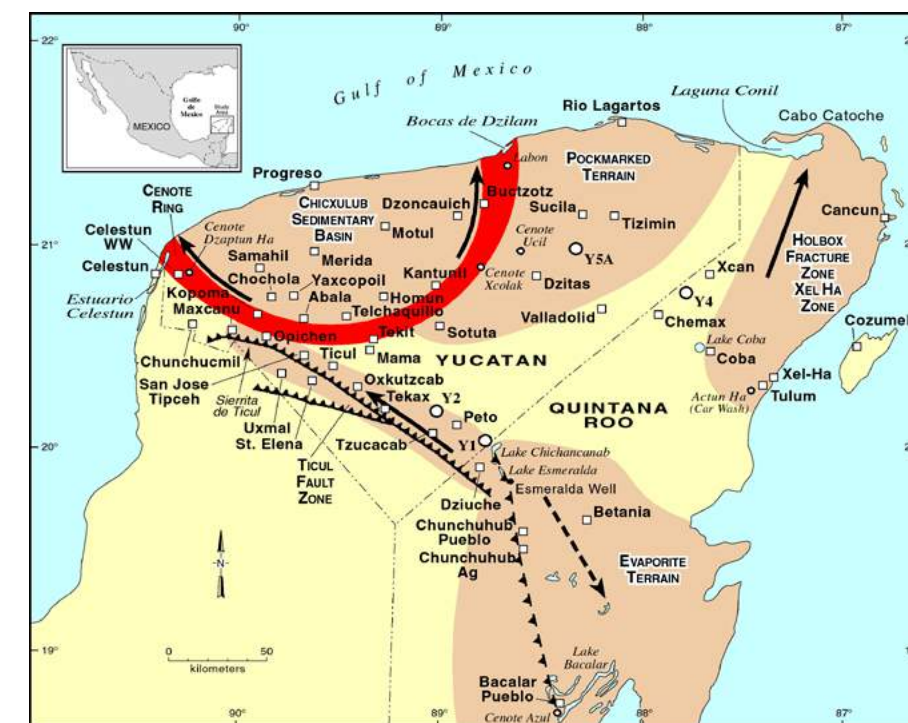


de baja altitud, cuyo principal rasgo fisiográfico es la Sierrita de Ticul, con una elevación máxima de 275 msnm, que corre del sur del estado de Yucatán hacia el centro de Campeche. La naturaleza del acuífero cárstico está dada por las rocas carbonatada de su plataforma, con una alta permeabilidad y transmisibilidad que permite el paso de la lluvia, así como por la fractura de la roca, que facilita el flujo del agua y otros líquidos vertidos en su superficie a través de las fisuras, lo cual le confiere al acuífero una alta vulnerabilidad a los contaminantes.¹

Los antecedentes hidrogeológicos y las observaciones realizadas en campo por numerosos grupos de investigadores en los ámbitos nacional e internacional, muestran que la hidrogeología del noroeste de Yucatán está determinada por las fallas del cráter de Chicxulub, provocadas por el meteorito que impactó en lo que hoy es la península de Yucatán, casi al final del periodo Cretácico, hace aproximadamente 65 millones de años (Rebolledo-Vieyra *et al.*, 2000; Marín *et al.*, 2001). El choque de la

.....

¹ “La evolución geológica de la Península ha sido compleja y ha jugado un papel importante en el origen del Golfo de México y en el desarrollo de la geología del Caribe. En el Cretácico Superior, la porción central de la península de Yucatán comenzó a emerger del mar hasta quedar expuesta. Los materiales asociados con este evento son las margas (principalmente calcita y arcilla) y capas de bentonita (arcilla de grano muy fino con hierro) en áreas alejadas de las antiguas costas, y dolomías (carbonato de calcio y magnesio), areniscas y derrames de roca andesita en las zonas poco profundas. Durante el Terciario y Cuaternario se presentan facies de plataforma somera en ambientes de supramarea; generados por la continua oscilación del nivel del mar” (Marín *et al.*, 2004).



Las fallas o fracturas de la plataforma se indican con líneas aserradas y las direcciones de flujo de agua subterránea se indican con flechas grandes, y con estrellas donde no hay certeza.

(Perry, E.C., Velázquez–Oliman & R.A. Socki, 2003).

Figura 2: Norte de la península de Yucatán con un esbozo de las zonas hidrogeoquímicas.

Cortesía del Dr. Eugene Perry.

Página anterior

Figura 1. Península de Yucatán. Fuente: NASA

Fotografía de Jeff Schmaltz²

² <http://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/75000/75263/Mexico.A2006036.1910.250m.jpg>

materia interestelar originó un hundimiento que favorece el movimiento del acuífero subterráneo a través del anillo de cenotes; con flujos preferenciales en la falla de Ticul, delineada por la sierrita del mismo nombre, al igual que a través de la fractura de Holbox (Perry *et al.*, 2003: 120). Figura 2.

El flujo del agua subterránea se mueve de las zonas de precipitación de la plataforma yucateca hacia la costa, donde se realiza la descarga natural del acuífero, incluyendo la de agua dulce dentro del mar, de manera general (Young *et al.*, 2008; Hernández-Terrones *et al.*, 2011). Sin embargo, este movimiento es mucho más complejo, como se observa en la Figura 3. Los conductos subterráneos (llamados coloquialmente “ríos subterráneos”) conectan las zonas de vegetación de la selva, a través de la cual se recarga el acuífero, con los manantiales o sitios de descarga del agua subterránea en la zona costera. Gran parte del agua se canaliza hacia áreas específicas, como el estuario de Celestún, las Bocas de Dzilam, y la Laguna Conil, en la región norte (Perry *et al.*, 2003, 122).

La principal fuente de agua potable para la zona septentrional de la Península es un acuífero libre de aproximadamente 60 m de grosor (Marín *et al.*, 2001; Perry *et al.*, 1990). De acuerdo con Steinhilber y Marín (1996), el espesor varía, por ejemplo, de 16 metros en la costa (Chuburná) a más de 80 metros en Sotuta (sur del pozo Y5A). El lente flota sobre una interfase de agua salina, pues el agua del mar logra penetrar varios kilómetros tierra adentro.

Los estudios de Beddows *et al.* (2002) sugieren que el flujo de agua subterránea de Quintana Roo, por ejemplo, es realizado a través de las fracturas de la roca, en un sistema de cuevas interconectadas, y se encuentra vinculado casi directamente con las lagunas y con el mar (Back, 1985). La zona de fracturas de Holbox (Weidie, 1982) tiene cientos de kilómetros de extensión que van desde Cabo Catoche hasta Chetumal, y puede ser posible que se encuentren asociados al Sistema Bacalar-Río Hondo. Sin embargo, la influencia que este sistema de fracturas ejerce sobre la hidrogeología regional aún no ha sido completamente estudiada (Marín *et al.*, 2004).

Diversos autores han investigado sobre el impacto de las descargas submarinas de agua subterránea en el medio ambiente marino y han observado que los ecosistemas de la costa están hidrológicamente controlados por la liberación de agua “de mezcla” subterránea en los litorales, en interacción con el agua marina, y éstos relacionados a su vez con el aporte de nutrientes (Young *et al.*, 2008; Hernández-Terrones *et al.*, 2011). La vegetación de manglar, por su parte, contribuye a mantener la calidad del agua que contacta sus largas raíces, pues éstas son capaces de atrapar diversos contaminantes producidos por las actividades humanas, como los materiales pesados (Batllori y Febles, 2012).

Una de las expresiones cársticas en la península de Yucatán son los cenotes, que dejan al descubierto el agua subterránea al disolverse y colapsar la roca



Una de las expresiones de la península de Yucatán son los cenotes, que dejan al descubierto el agua subterránea al disolverse y colapsar la roca caliza del techo que los cubre por la acción del agua, y son de gran atractivo. Las caletas de la costa también son producto de la ruptura del sustrato carbonatado.

Figuras 3 y 4. Río Secreto
Vista del cenote Yaxputol en
Yucatán y de la caleta de Yal
Ku en Quintana Roo.
Fotografías de Laura Hernández.

caliza del techo que los cubre por la acción del agua. Se encuentran distribuidos en toda la península de Yucatán y son de gran atractivo, independientemente de su clasificación.³ Las caletas de la costa, por su parte, también son producto de la ruptura del sustrato carbonatado, y como ejemplo de ellas tenemos Yal Ku y Xel-Ha en Quintana Roo, cuyo significado en lengua maya es “Nido de peces” y “Lugar donde nacen las aguas”,⁴ en las cuales desembocan corrientes de agua subterránea y salen a la luz con una espléndida y fresca transparencia. En particular, Xel-Ha fue uno de los principales puertos comerciales mayas de la época Postclásica Tardía por su ubicación y características.

Las cavernas, por su parte, son sin duda la manifestación más impresionante de las formas cársticas, y su tamaño se encuentra en función de la edad de la roca y de la geología estructural. Algunos ejemplos de estos sistemas, por donde circulan las aguas bajo la tierra, son Ox Bel-Ha, Nohoch Nah Chich, Dos Ojos, Abejas y Río Secreto Reserva Natural, en Quintana Roo, de varios kilómetros de extensión, Figura 4.

Una de las expresiones de la península de Yucatán son los cenotes, que dejan al descubierto el agua subterránea al disolverse y colapsar la roca caliza del techo que los cubre por la acción del agua, y son de

³ Los cenotes han sido objeto de estudio por Alcocer *et al.* (1998), Schmitter *et al.* (2002), Pacheco *et al.* (2012) y Hernández-Terrones *et al.* (in prep.).

⁴ <http://www.inah.gob.mx/component/content/article/265-red-zonas-arqueologicas/5489-zona-arqueologica-xel-ha>.

gran atractivo. Las caletas de la costa también son producto de la ruptura del sustrato carbonatado.

Las características geológicas e hidrológicas específicas de la región han influido notablemente en la vida silvestre que se desarrolla en el lugar y en la cultura de sus habitantes. El acceso al acuífero en las zonas costeras se encuentra cerca de la superficie, mientras que tierra adentro se puede encontrar a muchos metros de profundidad, y en algunos lugares no es apta para consumo humano. La opción para obtener agua es la colecta de agua de lluvia, que brinda depósitos superficiales naturales como los *aa'k'alche'*. Éstos son depresiones del terreno que permiten la captación de las precipitaciones por las capas impermeables de subsuelo, ya que una fina textura arcillosa y compacta impide el desalojo de los excedentes de las precipitaciones. Las aguadas, por su parte, son concentraciones de agua más profundas y en algunas de ellas los antiguos mayas construyeron cisternas en sus fondos con anchos bordos para delimitar los embalses y conductos que canalizaron el agua pluvial (Duch Gary, 1991: 92-93).

Al sur de Campeche existen varias lagunas o aguadas, cuyo tamaño varía desde unos cientos de metros cuadrados hasta varias hectáreas de extensión. La mayor parte de ellas desaparecen cuando pasan las lluvias, mientras que algunas mantienen sus aguas permanentemente, como el lago Noh (Silvituc) y el Chama-ha, en Campeche, Punta Laguna Chichancanab, en Quintana Roo y Yalahau en el estado de Yucatán.



REFERENCIAS

- Alcocer J., Lugo A., Marín L., Escobar E., 1998. "Hydrochemistry of waters from five cenotes and evaluation of their suitability for drinking-water supplies, northeastern Yucatan, Mexico", *Hydrogeology Journal*, 6: 293-301, Berlin, Germany, Springer- Verlag.
- Back W. 1985. *Geology and hidrology of the Yucatán and Quaternary geology of Northeastern Yucatán Peninsula*. USA, New Orleans, Geological Society, 159 pp.
- Batllori E. & J.L. Febles. 2002. "El agua subterránea en el desarrollo regional de la península de Yucatán", *Avance y Perspectiva*, 21: 67-78, México, Cinvestav.
- Beddows P.A., Smart P.L., Whitaker F.F., Smith S.L. 2002. "Density stratified groundwater circulation on the Caribbean Coast of the Yucatan Peninsula, Mexico", *Karst Frontiers*, Special Publication; 7: 129-134, Leesburg, Virginia, USA, Karst Waters Institute.
- Chérubin L.M., Kuchinke C.P., Paris C.B. 2008. *Ocean circulation and terrestrial runoff dynamics in the Mesoamerican region from spectral optimization of Sea WiFS data and a high resolution simulation*, Coral Reefs [DOI 10.1007/s00338-007-0348-1], Berlin, Germany, Sringer-Verlag.
- Comisión Nacional del Agua. 2012. *Atlas digital del agua en México*, 2012. Sistema Nacional de Información del Agua, México, CNA. www.conagua.gob.mx/atlas/
- _____ 2010. *Estadísticas del agua en México*, México, Semarnat, CNA, 250 pp.
- Escolero O., Marín L., Steinich B., Pacheco J. 2000. "Delimitation of a hydrogeological reserve for a city within a karstic aquifer: the Merida, Yucatan example", *Landscape and Urban Planning*, 51: 53-56, Oxford, Elsevier.
- Escolero O., Marín L., Steinich B., Pacheco J., Cabrera A., Alcocer J. 2002. "Development of a protection strategy of karst limestone aquifers: The Merida Yucatan case study", *Water Resources Management*, 16 (5): pp. 351-367, Netherland, Kluwer Academic Publisher.
- Escolero O., Marín L.E., Steinich B., Pacheco J.A., Maldonado M., Anzaldo J.M. 2005. "Geochemistry of the hydrogeological reserve of Merida Yucatan, Mexico", *Geofísica Internacional*, 44 (3): 301-314, México, UNAM.
- GEO-4. 2007. *Global Environment Outlook: Environment for development*, UNEP United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, 540pp.
- Hernández-Terrones L., Rebolledo-Vieyra M., Merino-Ibarra M., Soto M., Le Cossec A., Monroy-Ríos E. 2011. "Groundwater pollution in a karstic region (NE Yucatan): Baseline nutrient content and flux to coastal ecosystems discharges onto a coastal reef lagoon. Water", *Air and Soil Pollution*, 218 (1): 517-528, Berlin, Germany, Springer. DOI 10.1007/s11270-010-0664-x.
- IMTA, Conagua, FGRA, Semarnat, Gobiernos de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. 2011. *Plan Rector en material del agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la península de Yucatán*, México, México.
- Marín L.E., Steinich B., Pacheco A.J., Escolero O.A. 2001. "Hidrology of a contaminated sole-source karst aquifer, Merida, Yucatan, Mexico", *Geofísica Internacional*, 39(4): 359-365, México, UNAM.
- Marín L.E., Steinich B. *et al.* 2001. "Hydrogeology of a contaminated sole-source karst aquifer: The case of Merida, Yucatan", *Geofísica Internacional* 39(4): 359-365, Mexico, UNAM.
- Marín L.E., Sharpton V.L., Fucugauchi J.U., Jan Smit P., Sikora C. Carney and M. Rebolledo-Vieyra. 2001. "Stratigraphy at Ground Zero: A Contemporary Evaluation of Well Data Within the Chicxulub Impact Basin", *International Geology Review*, 43 (12), 1145-1149, Oxfordshire, UK, Taylor & Francis.
- Pacheco J., Cabrera A. 1997. "Groundwater contamination by nitrates in the Yucatan Peninsula, Mexico". *Hydrogeology Journal* 5: 47-53. Virginia, USA, Berlin, Germany, Springer- Verlag.
- Pérez-Ceballos R., Pacheco-Ávila J., Euán-Ávila J.I. and Hernández-Arana H. 2012. "Regionalization based on water chemistry and physicochemical traits in the ring of cenotes, Yucatan, Mexico". *Journal of Cave and Karst Studies*, 74 (1): 90-102, Alabama, USA, National Speleological Society. DOI: 10.4311/2011es0222.
- Perry E., Velázquez-Oliman G. and L. Marín. 2002. "The hydrogeochemistry of the karst aquifer system of the Northern Yucatan Peninsula, Mexico". *International Geology Review*, Vol. 44, pp. 191-221. , Oxfordshire, UK, Taylor & Francis.
- Perry E., Marín L., McClain J. and G. Velázquez. 1995. "Ring of Cenotes (sinkholes), northwest Yucatan, Mexico: Its hydrogeologic characteristics and possible association with the Chicxulub impact crater". *Geology*, 23, 17-20, Boulder County, Colorado, The Geological Society of America.
- Perry E.C., Velázquez-Oliman & R.A. Socki. 2003. "Hydrogeology of the Yucatan". En: Gómez Pompa A. & S. Fedick (eds.), M. F. Allen and S. Fedick. *The Lowland Maya Area: three millenia at the human-wildland interface*. The Haworth Press, New.
- Perry E.C., Reeve A., Sanborn R, Marín L.E. y M.Villasuso. 1990. Response to Comment, "Geological and environmental, aspects of surface cementation, north coast, Yucatan, Mexico", *Geology* 18 (8), pp. 803-804, Boulder County, Colorado, The Geological Society of America.
- Steinich B. y L.E. Marín. 1996. "Hydrogeological investigations in northwestern Yucatan, Mexico, using resistivity surveys", *Ground Water* 34 (4), pp. 640-646, Hoboken, NJ, USA, John Wiley & Sons.
- Young M.B., Gonnee M.E., Fong D.A., Moore W.S., Herrera-Silveira J., Paytan A. 2008. "Characterizing sources of groundwater to a tropical coastal lagoon in a karstic area using radium isotopes and water chemistry". *Marine Chemistry* 109: 377-394, Oxford, Elsevier.
- Weidie A.E. 1982. "Lineaments of the Yucatan Peninsula and fractures of the central Quintana Roo coast", *Road log and supplement to the 1978 guidebook*, 10: 21-25, USA, New Orleans, Geological Society of America Meeting Field Trip.



Existen manantiales de agua dulce que brotan en los manglares costeros o incluso en mar abierto. Sus aguas vienen del centro de la Península, de las zonas de selva de recarga.

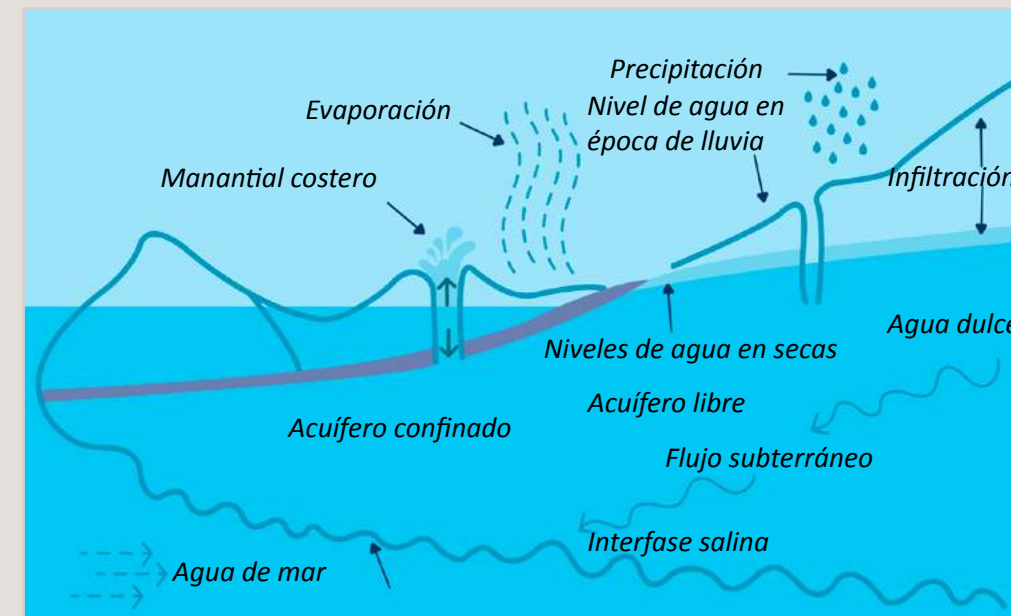
La flora y la fauna de los litorales logran su desarrollo por el equilibrio y mezcla del agua dulce de los ríos subterráneos que desembocan en el mar y el agua salada.



Cenote Huayas. En la península de Yucatán el acceso al acuífero puede encontrarse cercano a la superficie o a muchos metros de profundidad, como ocurre tierra adentro.
Fotografía de Carlos Alcérreca.



En general, en la península de Yucatán el agua dulce se encuentra rodeada por agua salada marina. Por diferencia de densidades, las aguas de recarga natural, con menores contenidos de sales, flotan sobre el agua salobre, con mayor concentración de sales (Conagua, Semarnat, 2008: 5-6).¹



Una característica particular de la zona costera del norte de la península de Yucatán es la presencia de una capa geológica denominada acuitardo, que confina al acuífero subterráneo, eleva el nivel de agua hacia la parte superior y lleva a una mayor profundidad las aguas saladas del fondo.
Imagen y texto de Eduardo Batllori.

¹ Conagua, Semarnat, 2008. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, Dirección Técnica, *Problemática del Acuífero Península de Yucatán y Acciones Requeridas para su Conservación*, Mérida, Yucatán, México.

UNIDADES HIDROLÓGICAS DE LA REGIÓN XII, PENÍNSULA DE YUCATÁN

JOSÉ LUIS ACOSTA RODRÍGUEZ
Organismo de Cuenca Península de Yucatán
Comisión Nacional del Agua



Figura 1. Unidades Hidrológicas de la Región XII, Península de Yucatán (Conagua, Semarnat, 2008: 10).

Para efectos de la gestión de las aguas subterráneas, la Región Hidrológico Administrativa XII, Península de Yucatán, es dividida en cuatro Unidades Hidrogeológicas denominadas: Cerros y Valles, Cozumel, Península de Yucatán e X'pujil. La extensión aproximada de la primera es de 6,598.34 km², localizada en el estado de Quintana Roo, al igual que la Unidad Cozumel, estimada en 502 km²; mientras que la Unidad "X'pujil", en los estados de Campeche y Quintana Roo, tiene una superficie calculada de 11,061.00 km², y la Unidad Península de Yucatán, compartida por Yucatán, Campeche y Quintana Roo, tiene alrededor de 124, 209 km². Figura 1.

En cuanto a los volúmenes disponibles de aguas superficiales de la península de Yucatán, se cuenta con un escurrimiento medio anual del orden de los

3,133 millones de m³, en las porciones suroeste (Río Candelaria), oeste (Río Champotón) y sureste (Río Escondido), de los cuales se utiliza únicamente el 1% del total, y en lo referente al recurso hidráulico subterráneo, se cuenta con una recarga total que alcanza un volumen anual cercano a los 25,315 millones de m³, de los cuales, una vez descontadas las extracciones y las descargas para mantener el equilibrio del sistema, se estima que puede ser aprovechado para diversos usos un volumen anual de 7,974 millones de m³. Figura 2. (Conagua, 2013).

De la misma figura 2 se tiene que de los 7,969 millones de m³ de aguas subterráneas que pueden ser utilizados del acuífero, actualmente se tienen concesionados 3,413, millones de metros cúbicos para todos los usos.

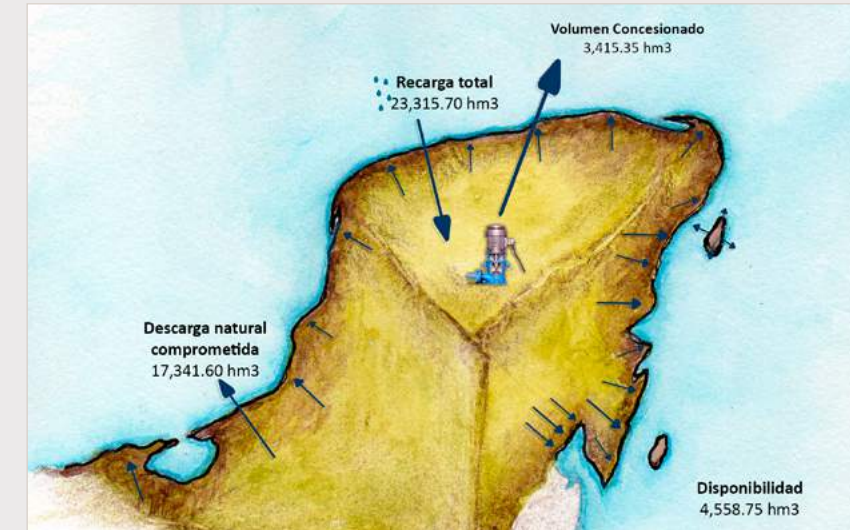


Figura 2. Balance hidrológico de las aguas subterráneas de la Península de Yucatán. Fuente: Elaboración propia con datos del DOF, 2013a (Conagua, 2013).



Figura 3. Si bien el agua subterránea es la principal fuente del líquido en la región, su calidad limita su aprovechamiento. Dependiendo de su contenido de sales las aguas más adecuadas para el uso humano son las cálcico-bicarbonatadas, mientras que las sódico-cloruradas y las cálcico-sulfatadas poseen elevadas concentraciones de sales, por lo que no son adecuadas para el consumo y pueden resultar particularmente dañinas para los cultivos agrícolas (Conagua, Semarnat, 2008: 6).

REFERENCIAS

Conagua. 2013. DOF (2013-a). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican, México, Conagua.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327360&fecha=20/12/2013
Conagua, Semarnat, 2008. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, Dirección Técnica, Problemática del Acuífero Península de Yucatán y Acciones Requeridas para su Conservación, Mérida, Yucatán, México.



LAURA ELENA SOTELO SANTOS

*Centro de Estudios Mayas
Instituto de Investigaciones Filológicas
Universidad Nacional Autónoma de México*

CAPÍTULO 2

REPRESENTACIONES DEL AGUA EN LOS CÓDICES MAYAS

*“[...] Yo soy el rocío y la sustancia del cielo y de las nubes.”
El fraile franciscano Bernardo de Lizana decía en el siglo XVII que el dios Itzam
Na Thul, era para los mayas el rocío celeste, principio primordial de la energía
biocósmica, elemento acuático que sustentaba la vida.*

(De Lizana, 1973: 62).

Uno de los símbolos fundamentales en el pensamiento maya es el del agua. Está presente en todos los mitos del origen, pues es la sustancia primordial, a partir de la cual surge la actividad divina, que da origen a la existencia. Por ello es ámbito de los dioses y símbolo de vida. Con estas mismas valencias, aparece como uno de los elementos purificadores en diversos ritos, pues ella es a la vez muerte y vida: a través del agua se terminan ciclos y se originan nuevos. Es celeste, terrestre y subterránea, es dulce y salada, líquida y gaseosa, y en ocasiones sólida, como granizo. Periódicamente, se presenta en los ciclos de la naturaleza, como agua llena de fertilidad, como lluvia, y como agua destructora en las tormentas y en los huracanes. Su ausencia, como sequía, es también devastadora.

En este trabajo se estudian las distintas formas en que se representó el agua y algunos ejemplos significativos de los dioses con los que se relaciona este líquido vital en los tres códices jeroglíficos que se conservan en Europa.



Chichén Itzá, Yucatán.
Mural. Pueblo maya de la
costa yucateca, visto desde
el mar. Tomado de Morris,
1931.

Página anterior
Chaac, deidad acuática
patrona de la lluvia.
Lámina 4 del *Códice
Trocortesiano*.

LOS CÓDICICES MAYAS

Se llaman códices a los libros jeroglíficos de los sacerdotes mayas. Aunque hay diferentes evidencias de su uso desde el periodo Clásico (300-900 d.C.), únicamente se conservan tres manuscritos del periodo Posclásico (900-1520 d.C.): se trata de tres fragmentos, que resguardan sendas instituciones europeas en las ciudades de Dresde, París, y Madrid, por lo que se conocen hoy en día con esos nombres.



Figura 1. Árbol del que se elaboraba el soporte de los códices.
Fotografía de Laura E. Sotelo.

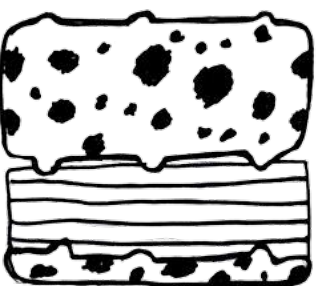


Figura 2. Dibujo esquemático de la convención maya para representar los códices durante el Clásico. Ilustración laborada por Moisés Aguirre.

Los tres códices mayas están hechos sobre un soporte vegetal, elaborado de la corteza interna de las ramas del *kopó* (*Ficus cotinifolia* Kunth), machacadas, posiblemente remojadas o hervidas y con un recubrimiento blanco semejante al estuco, que formaba una delgada capa sobre la cual se escribieron. Figura 1.

Las tiras ya plegadas se protegían con cubiertas de madera forradas de piel de jaguar, como lo muestran las representaciones del mundo Clásico y lo señalan los cronistas. Los códices ya escritos se llamaban *pic huun*. Figura 2.

Es importante destacar que los códices son obras de especialistas de tiempo completo, es decir, de sacerdotes que, como miembros de la nobleza maya en el poder, no sólo sabían escribir y pintar, sino que manejaban las convenciones plásticas comunes a distintas regiones del área maya y que sus representaciones y textos eran comprendidos por otros escribas. Además, eran expertos en la religión maya, por lo que conocían los distintos aspectos míticos y rituales que se requerían para guiar y presidir ceremonias públicas y privadas. Se infiere que había especialidades en distintas ramas del saber, pues el contenido de los códices denota secciones con manejo especializado del calendario, asuntos de índole astronómica, cuestiones agrícolas, de cacería y aún de manejo de abejas. Los diccionarios coloniales mencionan rangos y especialidades; por ejemplo, un escriba experto se llamaba *ah men dzib*, y el especialista en asuntos sagrados era el *ah kul-em dzib* (Álvarez, 1997: 473). Es probable que los códices que hoy se conocen hubieran sido elaborados por escribas especializados, dado que su contenido es complejo y presupone conocimientos que van más allá de leer y escribir.



Figura 3. Representación de un códice, visto de perfil, en el que se señalan los pliegues mediante líneas paralelas.
Colección de Justin Kerr. Vasija K 6500.



Figura 4. Versión digital, reconstruida, del estado actual del *Códice de Dresde* extendido, que muestra el formato original, como un documento plegado. El color azul se usó principalmente para representar el agua.

EL CÓDICE DE DRESDE

Este magnífico manuscrito prehispánico fue el primero de los códices mayas en ser publicado, el primero en ser identificado como maya y el que ha sido estudiado por el mayor número de especialistas. Actualmente se encuentra en la *Sächsische Landesbibliothek* de la ciudad alemana que le ha dado su nombre: Dresde (Lee, 1985: 33).

El *Códice de Dresde*, como hoy se le conoce, es un fragmento y carece de cubiertas. Al parecer el agua ha provocado estragos en varias de sus páginas, pues ya desde la primera edición de este manuscrito se perciben áreas donde ya no se distingue la pintura. Durante la Segunda Guerra Mundial, la ciudad de Dresde fue bombardeada y el recinto que lo albergaba quedó dañado. Entonces llovió y algunas de sus páginas se deterioraron aún más. Además, ya no es una tira continua; está separado en tres fragmentos: las páginas 1 y 2 están desprendidas, y el siguiente pedazo termina en la página 24. Tiene páginas en blanco, por lo que es un códice inconcluso. Figura 4.

Su contenido es variado y según Thompson se puede agrupar en tres categorías: “almanaques y cómputos de días... para adoración y adivinación (que ocupan la mayor parte del libro); material astronómico-astrológico (que son las tablas de eclipses y las tablas de Venus) y profecías para el año y para el katún” (Thompson, 1988:53).

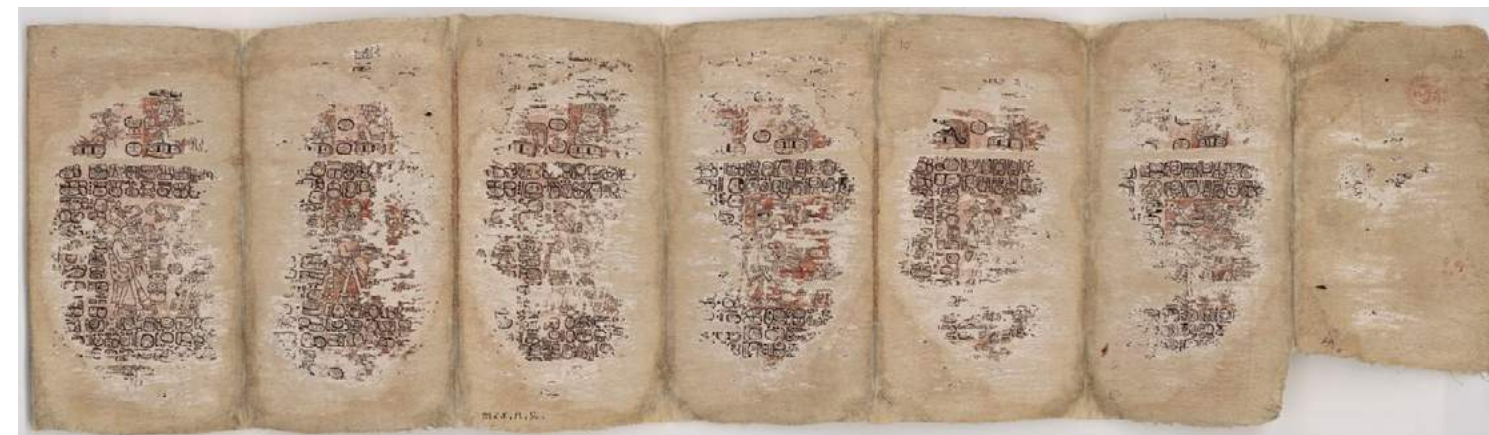


Figura 5. Anverso del *Códice París*, pp. 6-12.

EL CÓDICE PARÍS

El segundo manuscrito jeroglífico maya que apareció en Europa fue el de París. Aunque tradicionalmente se ha dicho que lo descubrió León de Rosny en 1859, se tienen varias referencias anteriores a esta fecha, por lo que queda claro que los especialistas tanto en Europa como en América sabían de su existencia desde antes.

El *Códice París* es el más deteriorado y pequeño de los manuscritos jeroglíficos mayas que se han conservado en Europa. Se encuentra en la Biblioteca Nacional de Francia, en París clasificado como el Manuscrito Mexicano número 386.

Este fragmento carece de cubiertas; hoy tiene sólo 11 hojas y está escrito por ambas caras, por lo que consta de 22 páginas de las cuales sólo se conserva parte de la capa blanca y de los dibujos en 20 de ellas. A partir del estudio de Gates, se sabe que le faltan por lo menos dos páginas; a ello se debe que en la numeración de sus páginas se tome en cuenta esta pérdida y la foliación vaya de la 1 a la 12 para el verso (no existen las páginas 13 y 14) y de la 15 a la 24 para el reverso. Figura 5.

En cuanto al contenido de este códice los especialistas están de acuerdo en lo referente a los asuntos generales que trata, aun cuando muy pocos glifos se han podido comprender. La primera parte, de las páginas 2 a 11, se refieren a asuntos relacionados con los 13 katunes; pero debido a lo maltratado del manuscrito,

únicamente se pueden reconocer las fechas de las páginas 3, 4 y 5, que corresponden, respectivamente, a los katunes 13, 11 y 9.

En el reverso del códice se encuentran otros temas. Las páginas 15 a 18 tienen representado al dios C y contienen almanaques presumiblemente adivinatorios; las páginas 19 y 20 se refieren a los portadores de año y contienen una tabla de fechas de 52 años, así como los augurios correspondientes. Tres cuartas partes de la página 21 contiene fechas del calendario de 260 días, mientras que el resto de la página 21 y 22 posiblemente forman una sola escena, que tal vez represente parte del universo. Finalmente, las páginas 23 y 24 se refieren a algún asunto relacionado con el firmamento nocturno, quizá constelaciones (Love, 1994: 44-102), o con el cielo precósmico.

EL CÓDICE MADRID

Es el más largo de los manuscritos mayas, pues tiene 112 “páginas”. Al igual que los otros manuscritos plegados mayas, es una larga tira de papel nativo, de unos 20 cm de alto, doblada cada 10 cm, preparada con una cobertura blanca sobre la que trabajaron al menos ocho distintos especialistas por ambas caras. Cada uno de sus lados hoy tiene 56 páginas, en los que usaron además de la tinta roja y la negra, el color azul turquesa denominado “azul maya”, y cada escriba empleó con diferente intensidad estos colores, y en algunos casos los mezcló produciendo colores como el amarillo y el café. Aunque extendido mide más de

Figura 6. *Códice Tro Cortesiano*. Vitrina en la Bóveda de Seguridad. Museo de América. Fotografía de Laura E. Sotelo.



6 m, está mutilado, pues carece de cubiertas; además está incompleto, pues el estudio de los almanaques iniciales así lo indican.

Se conoce con dos nombres: como *Códice Madrid*, por estar en el Museo de América, en la capital española, y como *Códice Tro Cortesiano*, que es su nombre oficial y que da cuenta de su historia conocida y de su estado actual, separado en dos fragmentos: el primero de ellos, que corresponde a la Sección Troana (de la “página” 22 a la 56, según su actual paginación en el anverso) perteneció a don Juan de Tro y Ortolano, especialista en paleografía y diplomática de la Real Academia de la Historia, cuyo interés por los sistemas de escritura seguramente lo llevaron a conservarlo. La sección Cortesiana (de la “página” 1 a la 21) supuestamente vinculada con el conquistador de México, es la más pequeña. Desde 1880 se ha identificado como una unidad, que el gobierno español ha conservado hasta nuestros días en condiciones óptimas. Actualmente está resguardado en la bóveda de seguridad del Museo de América, en condiciones de luz, humedad y temperatura controladas. Desde el siglo XIX ha sido publicado por diversos especialistas, en blanco y negro y en color. La edición de 1991 publicada por Editorial Testimonio es un facsímil excelente, una de cuyas copias se exhibe en el Museo.

Su contenido es adivinatorio, basado casi exclusivamente en augurios del ciclo de 260 días. Tiene elementos que lo relacionan con la costa de Campeche, y por evidencias calendáricas internas se supone fue escrito entre los siglos XIV y XV. Un fragmento de papel europeo con texto en caracteres latinos lo asocia con la región de Valladolid, en el oriente del estado de Yucatán, México. Figura 6.

EL COLOR “AZUL MAYA”

Desde el punto de vista cromático, uno de los elementos que más llama la atención de los códices prehispánicos es el color azul empleado en algunas de sus páginas. Se trata de un tono semejante al turquesa, brillante e intenso que se conoce con el nombre de “azul maya”, término acuñado en la tercera década del siglo XX por investigadores de la Carnegie Institution para referirse al característico color que encontraron en la pintura mural del Templo de los Guerreros en Chichén Itzá. (Reyes Valerio, 1993). Después del descubrimiento del Templo de las Pinturas de Bonampak, este color fue ampliamente conocido pues está como color de fondo en esos murales. Figura 7. La denominación se generalizó, pues se pensaba que era exclusivo de esa tradición cultural mesoamericana, aunque estudios posteriores han demostrado que también fue empleado por otros pueblos indígenas, desde la época prehispánica hasta el siglo XIX.



Figura 7. Detalle del Cuarto dos del Templo de las pinturas de Bonampak. Imagen tomada de Miller y Brittenham, 2013.

Para elaborar el azul maya se emplean dos ingredientes esenciales: un mineral, la palygorskita o atapulgita ($(Mg,Al)_2Si_4O_{10}(OH)\cdot 4H$) y la planta conocida como añil (*Indigofera suffruticosa* Miller) (Chiari *et al.*, 2008:40).

Según Reyes-Valerio (1993), el procedimiento para prepararlo se puede resumir en cinco pasos:

1. Maceración de hojas de índigo en agua arcillosa
2. Filtrado para eliminar las hojas
3. Oxigenación de la solución
4. Filtrado para escurrir el pigmento
5. Cocción del pigmento

Estudios recientes han destacado las peculiaridades de este pigmento, pues además de ser un ejemplo extraordinario dentro de la Historia del Arte, en tanto que pocos pueblos en la antigüedad pudieron desarrollar una técnica para elaborar el color azul, en el caso del azul maya se conjugan características que lo hacen único: es resistente a los ácidos clorhídrico, nítrico y acético, al amoníaco y a temperaturas de más de 250-300° C. En términos de un grupo de sus estudiosos: “[El azul maya]... se ha revelado inmune al paso del tiempo, de la erosión, de la biodegradación y de los disolventes modernos, se considera el precursor de los modernos materiales híbridos, compuestos de diseño orgánico-inorgánico con propiedades de interés en alta tecnología” (Sánchez del Río *et al.*, 2009).

LAS REPRESENTACIONES DEL AGUA EN LOS CÓDICES MAYAS

Entre la gran cantidad de información que contienen los códices mayas se encuentra una serie de imágenes que permiten reconstruir las ideas que sobre el universo tenían los antiguos sacerdotes. Estas imágenes, aunque difícilmente fueron dibujadas con el fin de dar una visión global del cosmos, forman parte del conjunto de representaciones hechas por manos indígenas, que reflejan las concepciones cosmológicas originarias.

Entre los mayas prehispánicos, el universo se concebía en sentido horizontal dividido en cuatro sectores con un centro, que es a la vez *axis mundi*, y en sentido vertical en tres estratos, el celeste, el terrestre y el subterráneo. En todos los estratos y rumbos el agua está presente, dibujada en color azul.

EL CIELO Y LA LLUVIA

Esta revisión inicia con las imágenes del cielo. En la plástica maya, las llamadas bandas celestes o planetarias son uno de los elementos más conocidos, pues su identificación tiene más de un siglo. Se trata, como su nombre lo indica, de una faja rectangular que está enmarcada generalmente por sus cuatro lados y que contiene varios glifos encerrados en un cartucho cuadrangular. Los ejemplos abundan en los tres códices y su tamaño varía de una sección a otra. Muchos de ellos contienen el glifo de las bandas cruzadas (T552) y el signo *akbal* (T504) de la oscuridad, aunque hay también otros glifos, como la cruz *kan*, o el rostro del dios C (T1016), y el glifo de la luna. Figura 8.

Las bandas forman parte del cuerpo de un ser celeste, conocido como Dragón bicéfalo, que tiene elementos de «serpiente, cocodrilo, lagarto, ave y, a veces, hasta con pezuñas o cuernos de venado» (Garza, 1984:163) mediante los cuales se incorporaron valencias de fertilidad, acuáticas, celestes, solares, ctónicas, es decir, del interior de la tierra, y genésicas o creadoras en un solo ser. Esta deidad aparece en las páginas 4 y 5 del *Códice de Dresde*, ataviado como soberano, lo que indica su supremacía no sólo celeste sino cósmica. En el *Códice París* su cuerpo se esquematizó y alargó mediante una serie de glifos celestes, que constituyen bandas serpentinas y bicéfalas, como las de las páginas 22 a 24. Figura 9.



Figura 8. Banda celeste. *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 12b.

Figura 9. Dragón celeste. a) *Códice de Dresde*, detalle de las láminas 4 y 5. b) *Códice París*, detalle de la lámina 22.

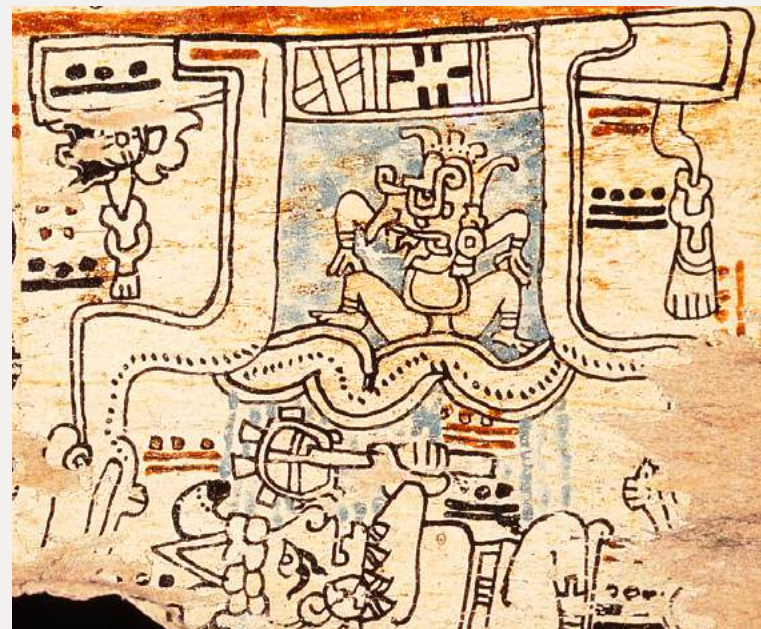


F9



a

b



F 10



a

b

Figura 10. Representación de lluvia que desciende desde bandas celestes.

a) *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 5b.

b) *Códice París*, detalle de la lámina 21.

Las bandas parecen ser la síntesis de la fuerza genésica primigenia y pueden aparecer aisladas, sin otros elementos complementarios, como en el caso de las páginas 34 a 37 del *Códice Madrid* donde están dispuestas horizontalmente, dividiendo las páginas en dos secciones, o bien en composición con otros elementos. El más frecuente es la lluvia, que se representó mediante líneas azules paralelas, dispuestas en sentido vertical, aisladas o en composición con otros elementos. Asociada con las serpientes, como en el caso de la página 5b del *Códice Madrid* y la 22 del *Códice París*, donde su sentido de fertilidad parece reforzarse. Figura 10.



F 11



a

b



c

El glifo que tradicionalmente se ha identificado como de eclipse (T326) también aparece en relación con estas bandas celestes y se asocia con agua; esta convención plástica es común a los tres códices. Figura 11.

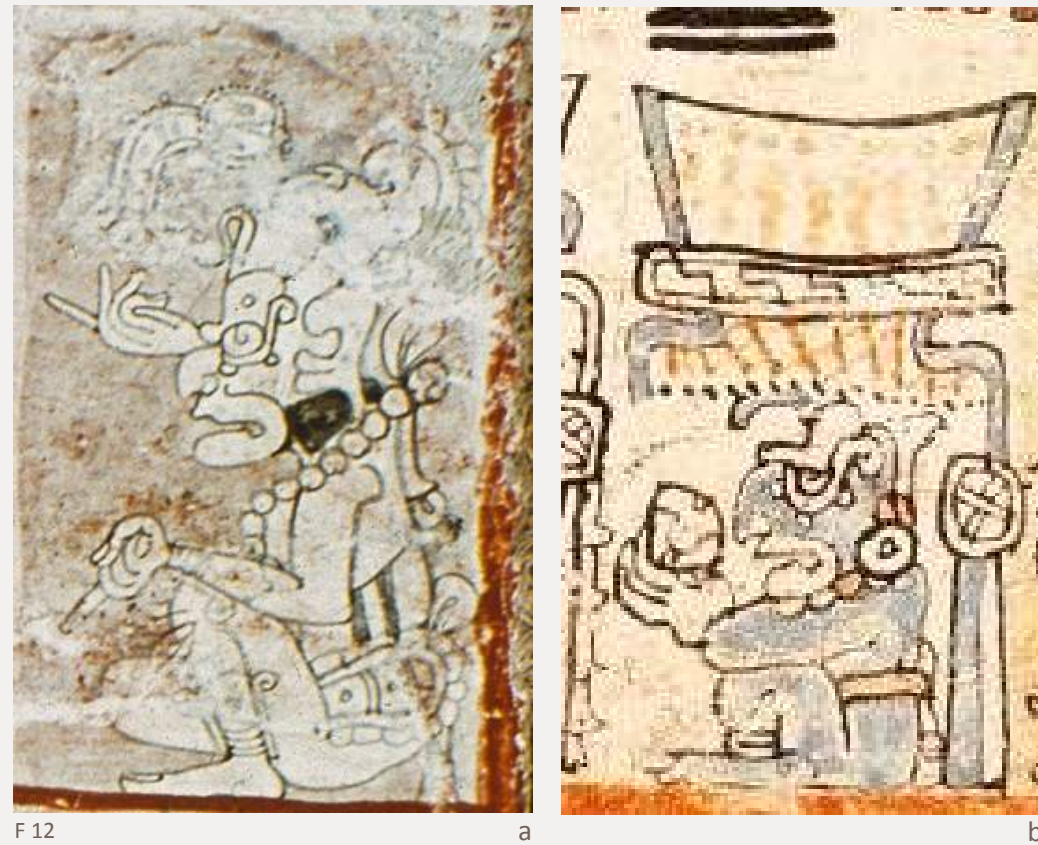
El cielo es un espacio en el que residen algunos dioses, pues son la personificación de la energía fecundante que brinda fertilidad al cosmos. Esta tarea parece estar presidida por Itzam Na, deidad suprema celeste, tarea que comparte con otras deidades, como el dios de la lluvia, Chaac, y otras deidades de la fertilidad.

Figura 11. Bandas celestes, glifos de eclipses y agua.

a) *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 71a.

b) *Códice Dresde*, detalle de la lámina 68b.

c) *Códice París*, detalle de la lámina 23.



F 12

a

b

Figura 12. El dios supremo celeste y creador. a) *Códice de Dresde*, lámina 10a. b) *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 53b.

En los códices el dios creador celeste está representado como un personaje masculino, cuyo rostro, además de tener los rasgos característicos de los dioses celestes de la fertilidad (Sotelo, 1989), se le reconoce por su boca desdentada y sus mejillas arrugadas. Figura 12.

Itzam Na es un dios anciano. La vejez es una forma de figurar su fuerza supratemporal de conservación, su participación de lo eterno, su resistencia al desgaste del tiempo; es una prueba de autenticidad y de participación en los orígenes de la existencia. (Chevalier y Gheerbrant, 1988: 94).



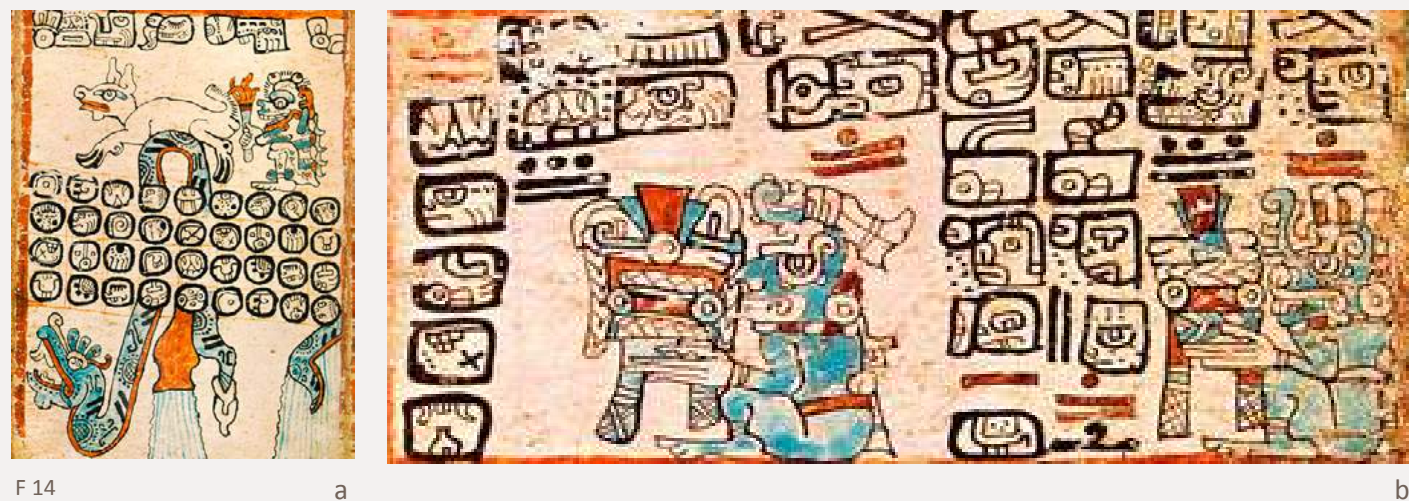
F 13

a

b

Las representaciones fálicas del dios D hacen evidente su carácter de fecundador, pero también se le dibujó como mujer —con senos y falda— por ello, desde el punto de vista plástico, se puede afirmar que se trata de un ser andrógino. En el *Códice de Dresde* (67a y 74) está con indumentaria de mujer, arrojando agua desde una vasija, con lo cual se destaca su función a la vez genésica y regenerativa, pues este recipiente se equipara con el seno materno. En la página 74 del mismo manuscrito, se representa con garras de ave en lugar de manos y pies, lo que indica que se trata de un ser celeste, y lleva dibujados en su falda unos huesos cruzados, símbolo de la muerte humana. Figura 13.

Figura 13. Itzam Na en su aspecto femenino en el *Códice de Dresde*. a) detalle de la lámina 74. b) detalle lámina 67a.



F 14

a

b

Figura 14. Itzam Na, deidad suprema celeste, de color azul. a) *Códice Tro Cortesiano* detalle lámina 14a. b) *Códice Tro Cortesiano* detalle lámina 21 c.

El color azul aparece en muchas de sus imágenes, pues con él se indicó su carácter a la vez celeste y acuático. Con frecuencia se le dibujó simbólicamente en el cielo, en el centro del cielo, y en tronos, junto a templos, o con atavíos que representan su supremacía. Figura 14.

Una de las imágenes que reúne muchas de sus valencias celestes, genésicas y acuáticas, es la de la página 8 del *Códice Madrid*. Itzam Na aparece sentado sobre lo que bien podría ser un “trono”, que a su vez sostiene sobre su espalda y con una mano el dios del mundo subterráneo. El asiento divino está delineado en color azul y contiene varios numerales, al parecer dispuestos arbitrariamente, tan solo para indicar una gran cantidad. Uno de los cronistas franciscanos de Yucatán señala que este dios es “el rocío y sustancia del cielo y nubes” (Lizana, 1995:5), por lo que tal vez se le dibujó sobre una nube y, para indicar su función, el agua sagrada celeste parece manar de él mismo, tal vez como un líquido sagrado, pleno de fertilidad, que de entre sus pies desciende hasta el mundo subterráneo. Por su parte, el dios del mundo subterráneo tiene visible el falo, y las

líneas punteadas que de él salen sugieren una eyaculación. Las líneas azules verticales indican lluvia. La escena está asociada con el agua. Figura 15.

En Yucatán, el dios asociado con el agua por excelencia es Chaac. Fray Diego de Landa es quien consigna la referencia occidental más antigua sobre Chaac, un dios uno y cuádruple que aparece en su *Relación* como deidad “de los maizales” (1966: 73) y “de los panes” (*Ibid*: 78). Sin embargo, más que tratarse de una deidad agrícola, estamos ante un dios acuático, cuyo poder fecundante permea todos los niveles del cosmos y que se manifiesta a través de la lluvia, del rayo y del trueno, que son elementos celestes, y que al caer, fertiliza los campos y se concentra en los cenotes, en las lagunas y en el mar, y de ahí, como vapor de agua y más tarde como nubes, propicia la renovación vegetal. Las funciones de Chaac están resumidas en el *Diccionario de Motul* que señala que “fue un hombre así grande que enseñó la agricultura, al cual tuvieron después por Dios de los panes, del agua, de los trueno y relámpagos” (*Diccionario Maya Cordemex*, 77).



Figura 15. Elementos acuáticos del universo maya, sintetizados en una imagen en la que se reconocen las aguas superiores e inferiores, representadas por las deidades supremas del cielo y del inframundo. *Códice Tro Cortesiano*, detalle lámina 8.

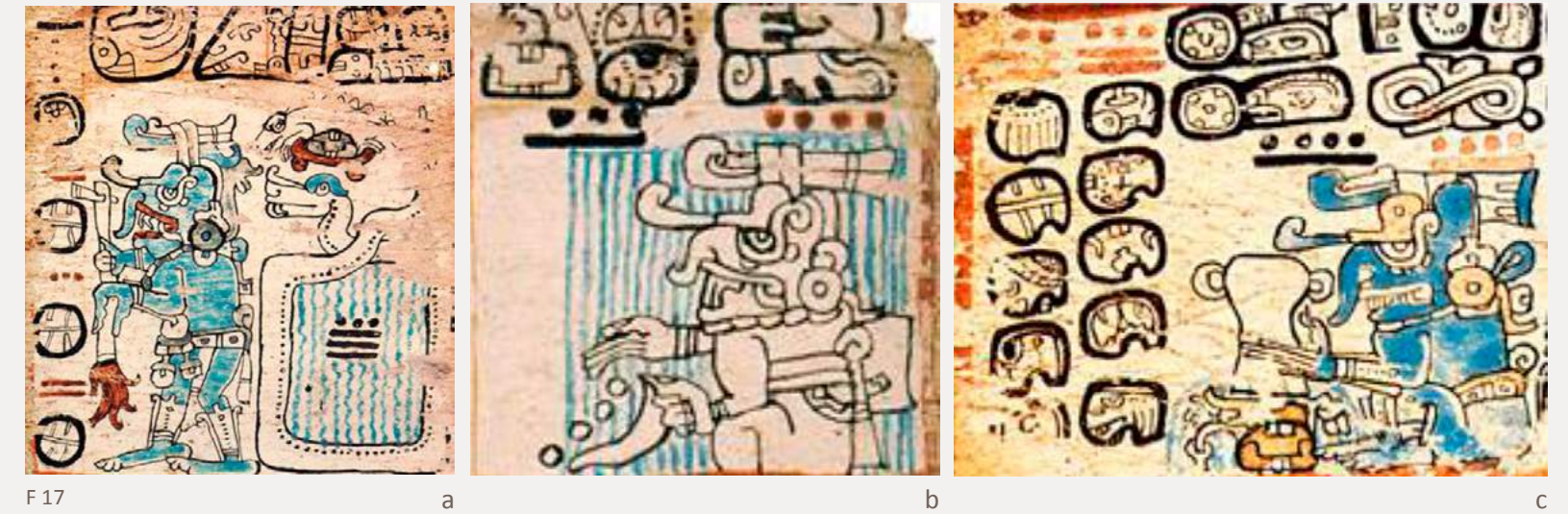


Figura 16. Chaac, deidad de la lluvia. Generalmente se le dibujó en los códices de color azul o en contextos acuáticos. a) En su aspecto dual, sentado en un ambiente celeste, unas nubes están en la parte superior de la escena. De nuestra derecha cae lluvia. *Códice de Dresde*, detalle de la lámina 68b. b) *Códice Tro Cortesiano*, detalle lámina 12b. c) *Códice París*, detalle lámina 17c.

En los códices se le dibujó como un ser en el que se combinan elementos humanos y animales. Su rostro, muy semejante al de Itzam Na, con frente y ojo divino, tiene rasgos de un ser más joven, cuya boca tiene dientes superiores limados y un colmillo de serpiente en la comisura. La nariz es muy larga y en él es, sin duda, el elemento que lo identifica.

Parece ser el resultado de la combinación de elementos de la serpiente y del tapir (Sotelo, 1998: 152). En ocasiones se le dibujó con una vírgula que surge a la altura del ojo, entre la nariz y la frente; éste es un elemento exclusivo del dios y que posiblemente derive de la protuberancia nasal del murciélago. Figura 16

Como señor “de los maizales” tiene a su cargo todas las tareas agrícolas que comprenden desde la tala del terreno, con su hacha, la quema del mismo, con su antorcha, la siembra con su bastón plantador y su morral que contiene las semillas y un cántaro con el que riega los campos. Cada uno de estos elementos tie-



ne un sentido complementario: hacha y antorcha, que se vinculan con los instrumentos para hendir y quemar, con la primera golpean las nubes, con la segunda brotan chispas fertilizantes cuando las hachas de piedra atraviesan el aire, y sus poderosos gritos se perciben en la tierra como los truenos (Thompson, 1975: 321). Figura 17.

Las vasijas que Chaac porta siempre están invertidas y de ellas cae agua. Es un dios que tiene la facultad de generar agua. Figura 18.



Figura 17. Dibujos de Chaac como deidad patrona de la agricultura. *Códice Tro Cortesiano*. a) lleva en las manos antorcha y hacha, detalle de la lámina 6b. b) sembrando mientras llueve, detalle de la lámina 10 a. c) regando una planta de maíz, detalle de la lámina 26c.

FIGURA 18. Dibujos de Chaac como deidad generadora de la lluvia. De su cántaro cae agua. *Códice Tro Cortesiano*, detalle lámina 19 y 9.

LAS AGUAS TERRESTRES: RÍOS, MARES Y CENOTES

El signo de *cabán* (T526) fue usado en los códices para representar la tierra. Este es uno de los glifos del calendario de 260 días y significa precisamente tierra en maya yucateco. Tiene como rasgo característico una especie de signo de interrogación, que al parecer deriva de un elemento similar a un rizo que está presente en el glifo nominal de la diosa 1 (Thompson, 1971:86). Figura 19.



Figura 19. Del glifo *cabán* surge la vegetación. *Códice Tro Cortesiano*, 25b.

La tierra no es una superficie homogénea; diversos accidentes geográficos la modifican y caracterizan. Se propone que en el *Códice Tro Cortesiano* (29c) hay una representación de un río ondulante, junto al que están los dioses del maíz y de la lluvia, un mamífero y algunos vegetales. Figura 20.



Figura 20. Probable representación de un río. *Códice Tro Cortesiano*, 29c.

Las aguas marinas están dibujado en los tres códices, con dos convenciones gráficas: líneas horizontales, paralelas, azules y ondulantes, quizá para denotar el constante movimiento que presenta, como en los códices de Dresde y París y enmarcado en una forma rectangular, que parece representar olas blancas y fauna como caracoles y peces. Figura 21.

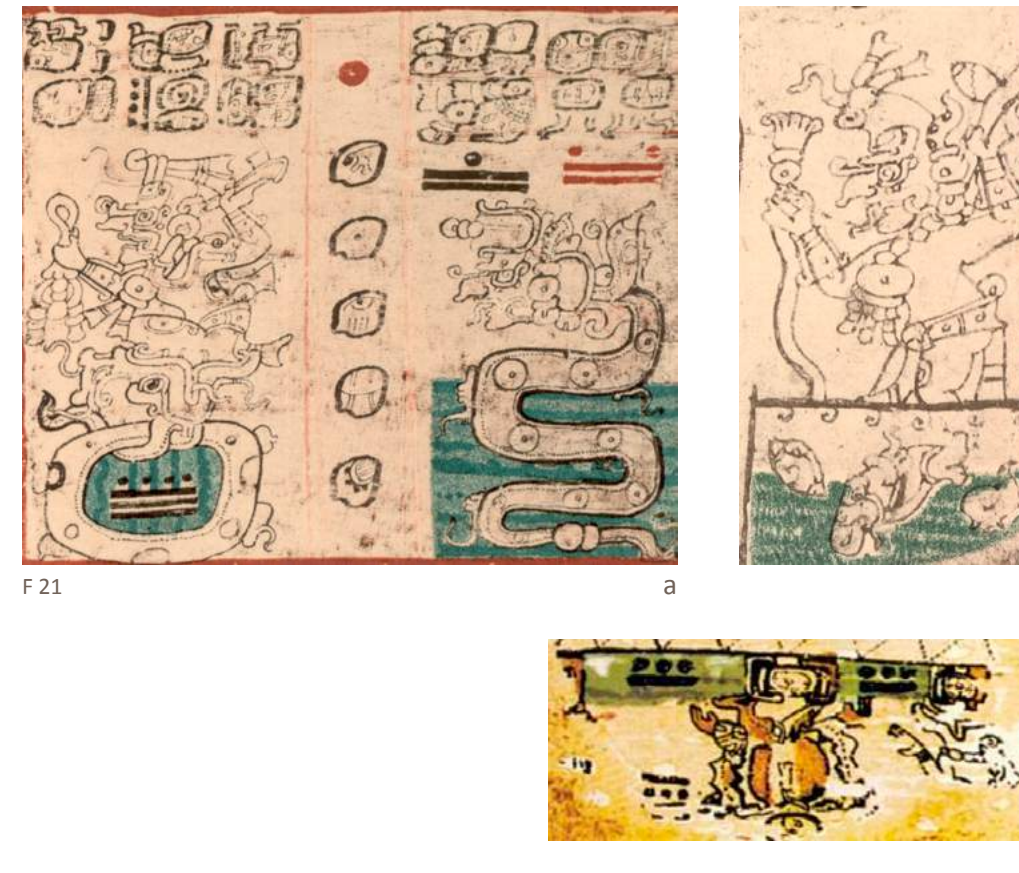
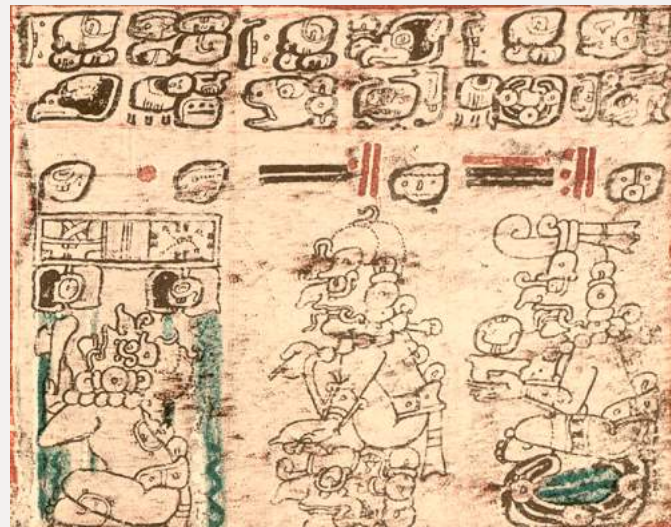


Figura 21 Representaciones del mar con color azul. a) *Códice de Dresde*, detalle de la lámina 35b. b) *Códice París*, detalle de la lámina 24. c) *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 11c. d) *Códice de Dresde*, detalle de la lámina 67b.



F22



a

b



F23

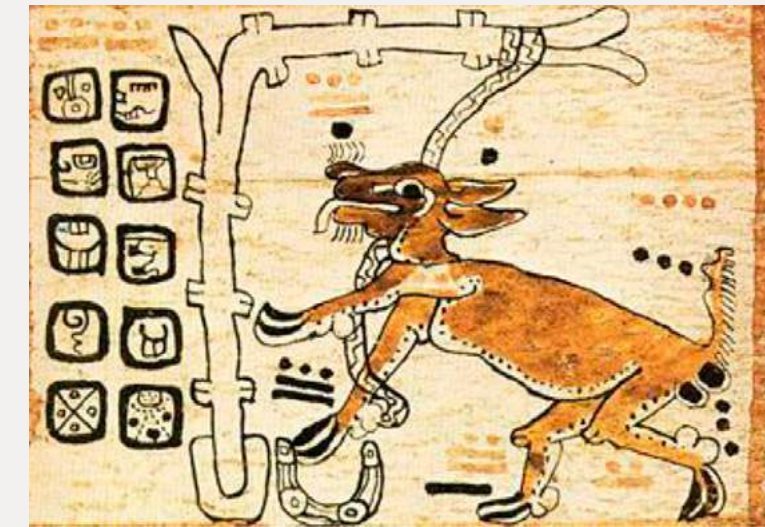
Figura 22. Cenotes.

a) El agua se dibujó con líneas ondulantes azules, horizontales y paralelas dentro del cenote. *Códice de Dresde*, detalle de la lámina 39c. b) Dos personajes junto a un cenote, en el que el agua está implícita. *Códice de Dresde*, detalle de la lámina 33a.

Los cenotes, peculiares oquedades de la superficie en la península de Yucatán, se dibujaron en los códices con el glifo (T591) (Thompson, 1962:219), muchas veces conteniendo agua. Cabe destacar que los dibujos de los cenotes constituyen una sólida evidencia de que los tres códices proceden de la zona septentrional esa zona maya. Figura 22.

En Yucatán, donde el agua superficial no es común, los cenotes son el lugar de aprovisionamiento de este líquido, por lo que podrían significar una fuente de vida y de abundancia. Tal vez por eso, en el *Códice París* aparece el dios C sobre uno, quizás significando con ello que propicia el abastecimiento de agua y con ello la fertilidad sobre la tierra. Figura 23.

Figura 23. Imagen que representa un cenote, un árbol y una deidad de la fertilidad. *Códice París*, detalle de la lámina 16b.



F 24

Así, aunque algunas imágenes pueden ser formas de representar el mundo natural, como tal vez sea el caso de los almanaques en los que aparecen los venados cerca de un cenote, el sentido simbólico de otras parece claro. Desde una perspectiva simbólica, los cenotes son una de las formas de representar el centro del mundo, pues también sintetizan los tres estratos del mundo (cielo, tierra e inframundo), a la vez que los tres elementos: agua, aire y tierra. En los tres códices se encuentran varias imágenes que parecen sintetizar estos estratos o elementos. Figura 24.

Figura 24. Imagen que representa una trampa para atrapar venados junto a un cenote. *Códice Tro Cortesiano*, detalle lámina 49b.

EL MUNDO SUBTERRÁNEO Y LAS AGUAS INTERIORES

Los cenotes son, además, una entrada al inframundo. Penetrar en ellos es estar en contacto con las fuerzas tónicas y de la germinación, así como con los dioses de la muerte. Varias imágenes en los tres códices remiten a esa idea. Muy sugerente resulta las de las páginas de Año Nuevo (27 y 28) del *Códice de Dresde*, donde sendos personajes ataviados como tlacuache y portando un *chicahuaztli* y una sonaja, están en un cenote. En el *Códice Tro Cortesiano*, lámina 91, el dios del mundo subterráneo, aparece también un cenote, con una planta de maíz en una mano y un signo de muerte en la otra. Figura 25.

Quien penetra al interior de la tierra por un cenote, desde el punto de vista simbólico pasa por un rito de iniciación; es decir, regresa al útero materno y vuelve a nacer. Pero este segundo nacimiento implica en un sentido morir, mas no desde el punto de vista fisiológico, sino ontológico. El iniciado sufre una transformación y después de haber muerto, vive nuevamente en estado fetal, en el vientre de la gran madre tierra, rodeado de agua, para posteriormente renacer, habiendo ya superado la condición profana. Figura 26.



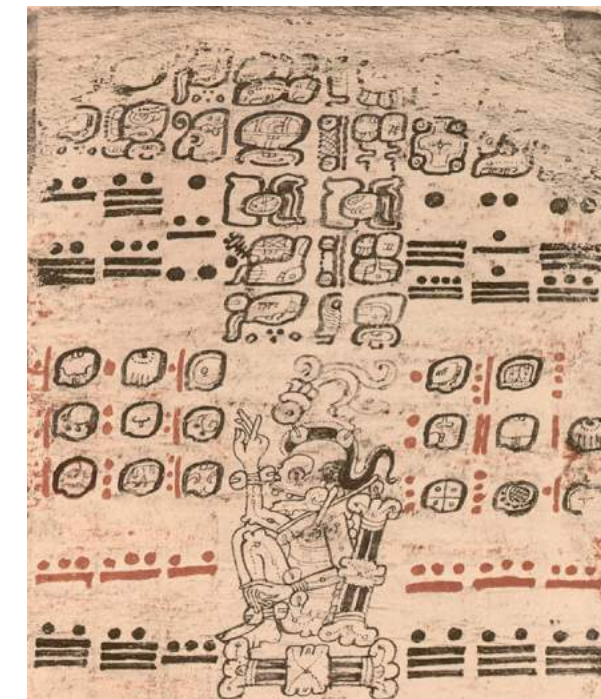
Figura 25. Figuras de cenotes. a) *Códice de Dresde*, detalle de la lámina 27a. b) *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 91b.



Figura 26. Representación de un cenote como entrada al mundo subterráneo. *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 66a.



F26



F27



F28



b

Figura 27. El dios supremo del mundo subterráneo sentado sobre un trono de hueso. *Códice Dresde*, detalle de la lámina 53a.

Figura 28. El dios supremo del mundo subterráneo se asocia con el agua y la fertilidad. a) En esta imagen aparece descendiendo; uno de sus pies está transformado en vegetación. *Códice Dresde*, detalle de la lámina 15a. b) *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 23c.

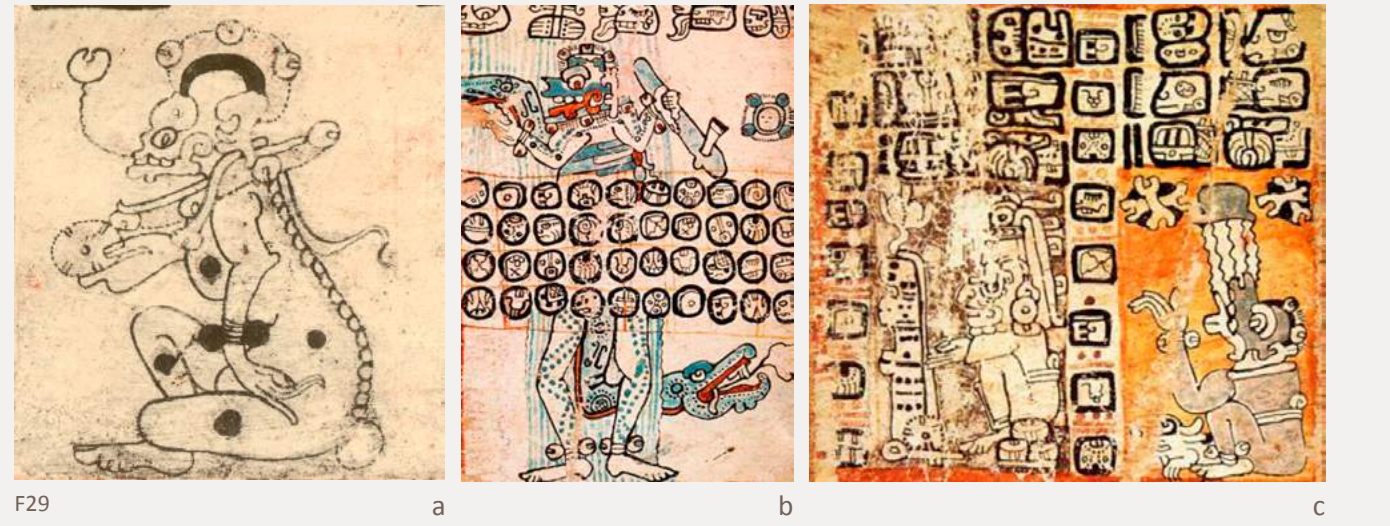


Figura 29. El aspecto acuático del inframundo se reconoce en estas imágenes.

a) Sobre un fondo azul, el dios está sentado. *Códice Dresde*, detalle de la lámina 15a. b) En un aguacero, el dios A está de pie, con un hacha en la mano. *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 16b. c) Una vasija invertida chorrea agua sobre el dios. *Códice Tro Cortesiano*, detalle de la lámina 69a.

A través de una serie de dibujos, la mayoría de ellos azules, los antiguos sacerdotes mayas escribieron pintando una gran variedad de formas asociadas con el agua. Desde las imágenes de las aguas celestes a las del interior de la tierra, como lluvia y como nube, como mar y como río, con el dinamismo del mar y la calma de un cenote. Además, a través de sus dioses, expresaron principios cósmicos fundamentales, como la fuerza genésica, la fertilidad y la transformación. Figura 29.

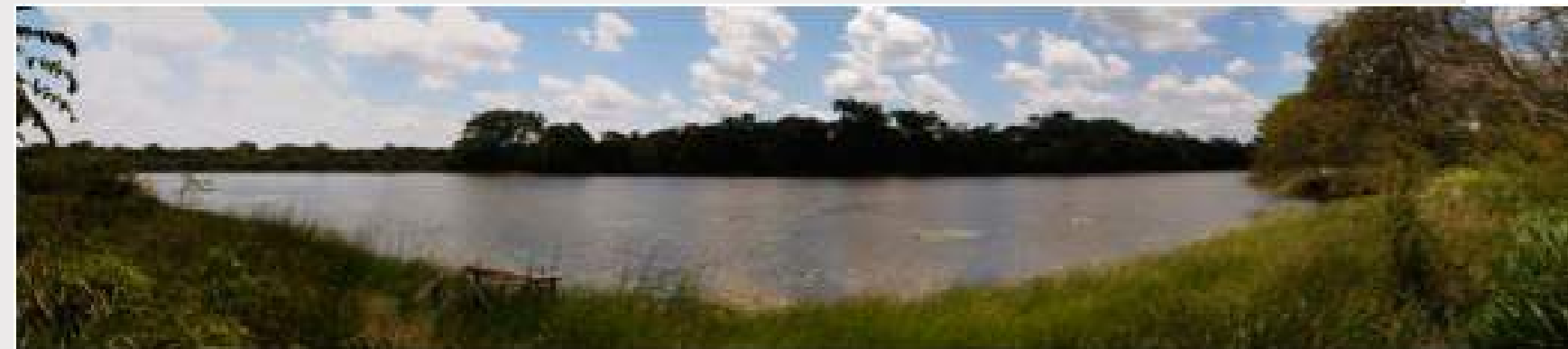
REFERENCIAS

- Chiari G., Giustetto R., Carson D. (enero-abril 2008). "Azul maya: una maravillosa nanotecnología precolombina". *Boletín de monumentos históricos*, México D.F., Coordinación Nacional de Monumentos Históricos, Tercera Época (12): 39-48.
- Chevalier J.G. & Gheerbrant A. 1995. *Diccionario de los símbolos*, Barcelona, Editorial Herder, SA.
- De Landa D. 1985. *Relación de las cosas de Yucatán*. México. Editorial Porrúa.
- De Lizana F.B. 1995. *Devocionario de Nuestra Señora de Izamal y conquista espiritual de Yucatán* (Vol. 12). México, Universidad Nacional Autónoma de México, CEM.
- Lee T.A. 1985. *Los códices mayas*. México, Universidad Autónoma de Chiapas.
- Love B. & Stuart G.E. 1994. *The Paris Codex: Handbook for a Maya Priest*. Austin, Texas: University of Texas Press.
- Miller M.E., Brittenham C. 2013. The spectacle of the late maya court, *Reflections of the murals of Bonampak*. *Reflections of the murals of Bonampak*, Texas, USA, University of Texas Press, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Morris, Earl H., et al. 1931. Temple of the Warriors at Chichen Itza, Yucatan, Washington, Carnegie Institution of Washington (Publication, 406).
- Sotelo S.L.E. 2002. *Los dioses del Códice Madrid: Aproximación a las representaciones antropomorfas de un libro sagrado maya*. México D.F., UNAM.
- Thompson J.E.S. 1971. *Maya hieroglyphic writing: an introduction*. USA, University of Oklahoma Press.
- Thompson J.E.S. & Santana J.F. 1988. *Un comentario al Códice de Dresde: libro de jeroglifos mayas*. México, Fondo de Cultura Económica.
- Thompson J.E.S. & Stuart G.E. 1962. *A catalog of Maya hieroglyphs*. USA, Norman: University of Oklahoma Press.



Zona arqueológica Kabah, Yucatán. Chultún restaurado, construido para recoger y almacenar agua de lluvia, ubicado en la plazuela frente al edificio Codz-Pop. Su pared se encuentra adornada con al menos doscientas máscaras del dios Chaac, de la lluvia.

Fotografía de Fulvio Eccardi.



Zoh Laguna, municipio de Calakmul, Campeche. Al sur del estado existen varias aguadas cuyo tamaño varía desde unos cientos de metros cuadrados hasta varias hectáreas. Algunas contienen agua permanentemente, como Zoh Laguna y el Lago Noh, pero la mayoría desaparecen cuando pasan las lluvias. Los habitantes de Calakmul lograron su desarrollo gracias al aprovechamiento de las aguadas de la región y a la aplicación de técnicas de ingeniería hidráulica para coleccionar lluvia a través de arroyos, canales y el acondicionamiento de fondos de mampostería en los cuerpos de agua, los cuales ayudaron a mantener el líquido.

Fotografía Carlos Alcérreca.

LOS HABITANTES DE CALAKMUL, CAMPECHE, Y EL RETO DEL ACCESO AL AGUA

JOEL D. GUNN, WILLIAM J. FOLAN, MARÍA DEL ROSARIO DOMÍNGUEZ,
JACINTO MAY HAU, BETTY B. FAUST, BENIAMINO VOLTA,
TERANCE WINEMILLER Y MIEMBROS DE I HOPE-MAYA 2012

Calakmul y el agua,¹ Universidad Autónoma de Campeche

Los habitantes del Clásico Maya que vivieron en Calakmul fueron capaces de construir y mantener un grandioso centro urbano de más de 50,000 habitantes en un terreno y clima en gran parte hostil y lejos de depósitos naturales de agua, gracias al desarrollo de buenas técnicas de ingeniería hidráulica que garantizaron la existencia de agua (Cowgill, 2004). Fue imprescindible que adquirieran la capacidad de almacenarla durante la estación lluviosa para beber, preparar alimentos, realizar labores relacionadas con la higiene del hogar y la construcción, entre algunas actividades más, con la finalidad de mantener el apogeo de una civilización compleja. Los relieves

¹ Información publicada en extenso en: “La resiliencia y vulnerabilidad en las Tierras Bajas Mayas Occidentales”. *Los investigadores de la cultura maya*, Vol. 21:309-323. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, ISBN de la obra completa: 968-6585-41-9, ISBN del Libro 21, Tomo II: 978-607-7887-61-4. Los autores agradecen a David Lentz, Nuria Torrescano Valle, Fred Valdez y Donald Forsyth por los datos utilizados en este texto.

topográficos y procedimientos de agua para el aprovechamiento del agua pluvial que los calakmuleños utilizaron para mantener a su ciudad, se encuentran en uso hasta hoy en día en los hogares y asentamientos de las comunidades actuales.

Fue durante el reino de los Kaan, el de mayor esplendor, o sus predecesores, los Zotz, quienes construyeron aguadas grandes en terrenos bajos de la ciudad (Domínguez Carrasco, 1993; y Folan y May Hau, 1984), con el propósito de retener el líquido que descendía en arroyos y riachuelos desde la ciudad y alrededores durante la temporada de lluvias. Los segundos construyeron algunos de los rasgos culturales de la ciudad, incluyendo sus templos desde el periodo Preclásico Tardío, así como los principios de un sistema hidráulico para coleccionar agua a través de arroyos y canales (Domínguez Carrasco, 1993), concentrados en dos altas aguadas públicas grandes (Folan, 1988 y 1990; Folan *et al.*, 2001;

Geovani Acuña, 2008) junto a varias otras aguadas que influyeron el patrón de la arquitectura y su relación con los sistemas de control del agua en Calakmul (Domínguez Carrasco y Folan, 1996; Fletcher y Gann, 1994). Esta época debió haber sido la Edad Dorada de Calakmul (Martin y Grube, 2008).

Los suelos de Calakmul necesitaron un mantenimiento cuidadoso para asegurar que la salinización no ocurriera en las filtraciones, según Folan y Gallegos Osuna (1999). El hecho de que estos suelos fueron una constante preocupación es evidente en la aguada grande Núm. 1 de Calakmul, como lo es en casi todas las demás, pues presenta un fondo de tiestos cerámicos colocados sobre mampostería (Domínguez Carrasco, 1993) para prevenir la filtración (Fletcher y Gann, 1994; May Hau *et al.*, 1999).



Figura 2. Una imagen 3-D de la ciudad de Calakmul mirando de sur a norte, enfatizando sus recursos hidráulicos por Winemiller *et al.* (2013).

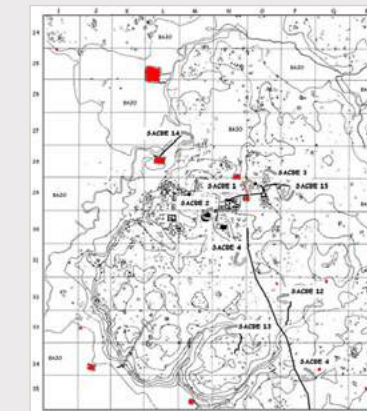


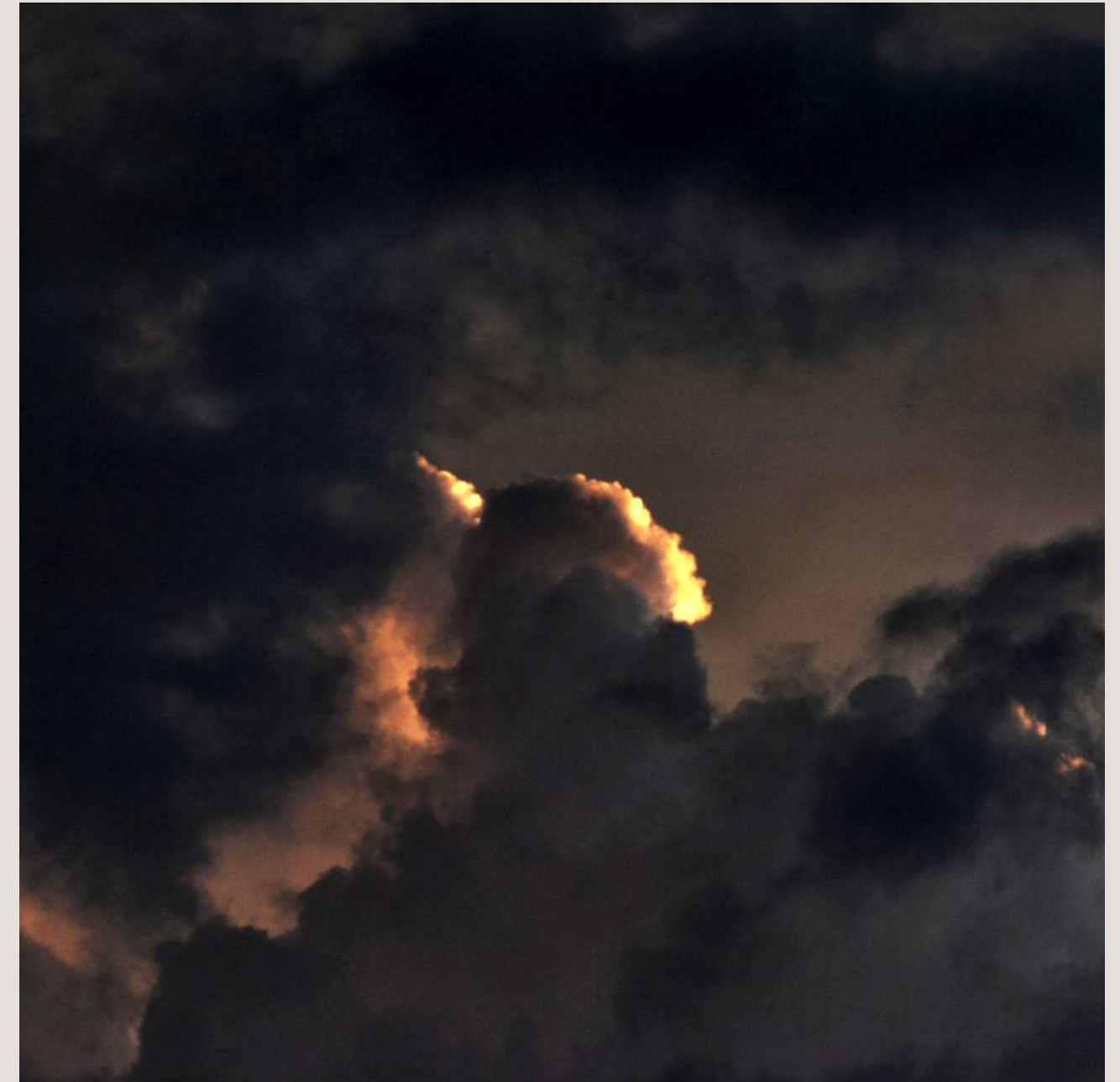
Figura 3. Sitio arqueológico de Calakmul, Campeche. Mapa por Jacinto May Hau *et al.* (1990 y 2000).

REFERENCIAS

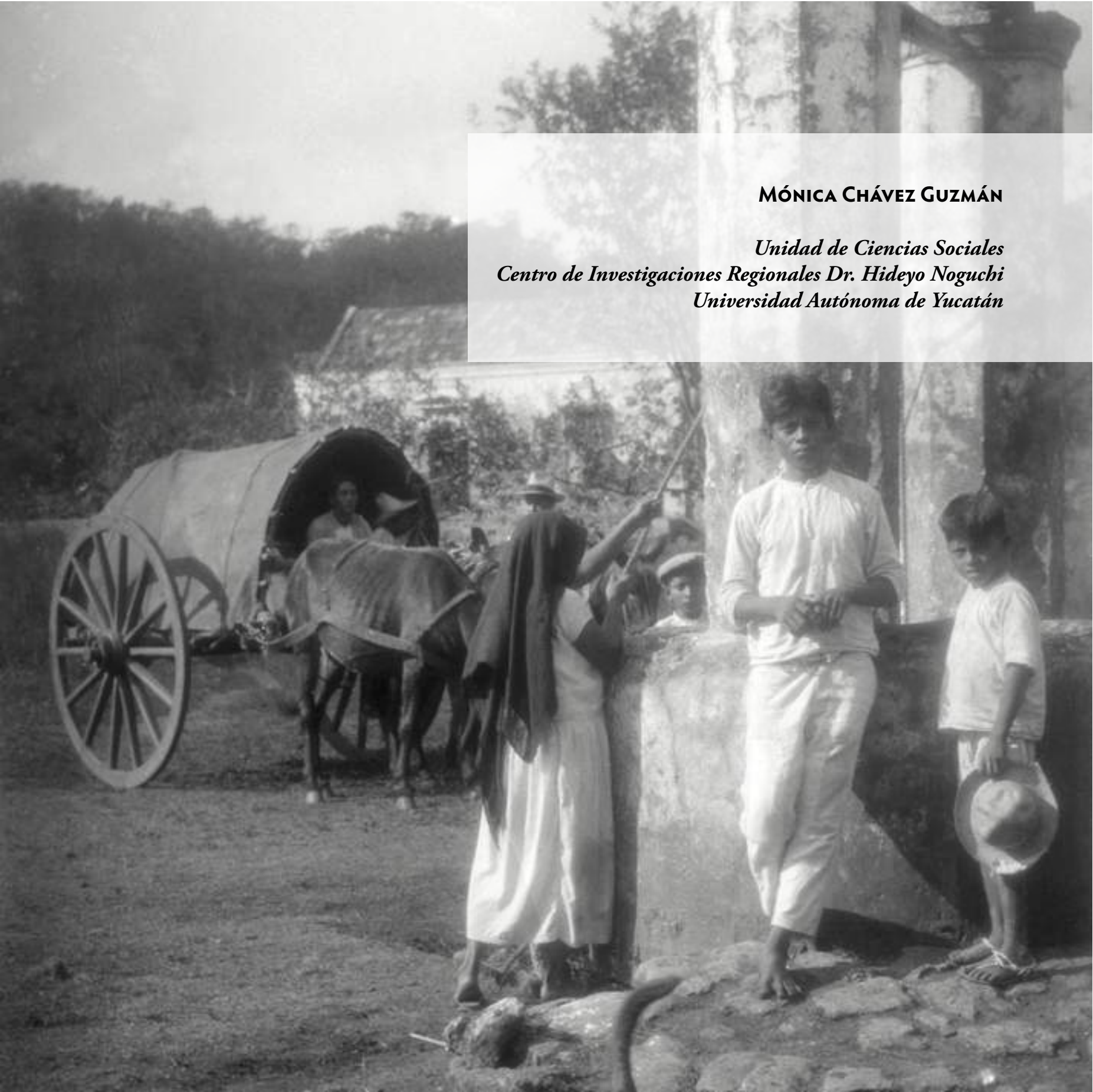
- Cowgill G.L. 2004. "Origins and development of urbanism: archaeological perspectives". USA, *Annual Review of Anthropology* (33):525-549 , Palo Alto, CA, USA, Annual Reviews.
- Domínguez Carrasco M.R. 1993. "Calakmul Campeche y su sistema hidráulico". *Los investigadores de la cultura maya*. Campeche, México, Universidad Autónoma de Campeche. Conacyt (1): 42-46.
- Domínguez Carrasco M.R. y W.J. Folan H. 1996 . "Calakmul, México: Aguadas, bajos, precipitación y asentamiento en el Petén Campechano". *IX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*. Guatemala, Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia: 171-193.
- Fletcher L.A. y J.A. Gann. 1994. "Análisis gráfico de patrones de asentamiento. El caso Calakmul" (pp.85-121): *Campeche Maya Colonial*, Campeche, México, W.J. Folan Higgins (ed.). Colección Arqueología. Universidad Autónoma de Campeche.
- Folan W.J. y J. May Hau. 1984. Proyecto Calakmul 1982-1984. El mapa, Campeche, México. *Información* 8: 1-13.
- Folan W.J. 1988. Calakmul, Campeche: *El nacimiento de la tradición Clásica en la gran Mesoamérica*, Campeche, México, *Información* Núm. 13:122-190.
- Folan W.J., May Hau J., Couoh Muñoz R., González Heredia R. 1990. *Calakmul, Campeche, México: Su Mapa. Una introducción*. Campeche, México, Universidad Autónoma de Campeche.
- Folan, W.J. y S. Gallegos Osuna. 1999. "Unas observaciones sobre el uso del suelo del sitio arqueológico de Calakmul, Campeche": *Camellones y chinampas tropicales*: 55-68, J.J. Jiménez Osorio y V.W. Rosue, comps., Mérida, Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Folan W.J., Fletcher L.A., May Hau J. y L.F. Folan. 2001. *Las ruinas de Calakmul, Campeche, México: Un lugar central y su paisaje cultural*. Campeche, México, Universidad Autónoma de Campeche. Monografía y 32 mapas encajonados.
- Geovannini Acuña, H., 2008. *Rain Harvesting in the Rainforest: The Ancient Maya Agricultural Landscape of Calakmul, Campeche, Mexico*. BAR International Series 1879, Oxford, England, Archaeo Press.
- May Hau J., Couoh Muñoz R., González Heredia R. y W.J. Folan. 1999. *El mapa de las ruinas de Calakmul, Campeche, México*. Campeche, México, Universidad Autónoma de Campeche, CIHS.
- Martin S. y N. Grube. 2008. *Chronicle of the Maya Kings and Queens: Deciphering the Dynasties of the Ancient Maya*, Second Edition, London, Thames & Hudson.
- Winemiller, Terance, Folan W.J., May Hau J., Fletcher L.A., Gonzalez Heredia R., Florey L. 2013. Construir un modelo tridimensional: Sistemas de información geográfica, basado en la nube de Calakmul: 3D Map of Calakmul. Auburn University at Montgomery.

DOCUMENTO EN LÍNEA

–Google Maps, <https://mapsengine.google.com/01342472542092831463-10204004953617443946-4/mapview/>



Nubes al atardecer.
Fotografía de Carlos Alcérreca.



MÓNICA CHÁVEZ GUZMÁN

*Unidad de Ciencias Sociales
Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi
Universidad Autónoma de Yucatán*

CAPÍTULO 3

EL AGUA PARA LOS MAYAS DEL PERIODO COLONIAL

“Y he aquí que en la tierra da salud. Porque es el Señor del Fuego, del agua, del aire, de la tierra, Señor de este mundo, de todas las cosas hechas por él”.

*Oración mensual del sabio en medicina
Los Cantares de Dzitblché . S. XVIII
(2007:162)*

Los mayas de la península de Yucatán plasmaron en varios documentos coloniales escritos en su lengua, con caracteres latinos, los conceptos prehispánicos que tenían sobre el ciclo del agua observado en su entorno, representados como fuerzas sagradas ambivalentes, tanto positivas al nutrir al hombre, los animales y los cultivos, como negativas al manifestarse a través de inundaciones o sequías, entre otros.

Estas ideas fueron trenzadas con las traídas por los europeos, adaptadas a la perspectiva maya, en una nueva mezcla cultural mesoamericana y transatlántica que se fue transformando de acuerdo con las diferentes condiciones y necesidades del largo periodo colonial. La amalgama de pensamientos incluyó diferentes conceptos en torno al agua, y también sobre su manejo, pues los españoles incorporaron la apertura de accesos al agua con la ayuda de la barreta de hierro y la pólvora. Con el paso del tiempo, las norias se convirtieron en importantes medios de extracción de agua en algunos lugares, pero fue común el pozo en la plaza central, o cerca de ella, donde las mujeres y los niños mayas llenaban sus recipientes con agua para llevarlos a sus casas de manera cotidiana. Sin embargo,



Vasijas de barro para almacenar agua de pozo y de lluvia.

*Fototeca Pedro Guerra,
UADY.*

Página anterior

Familia en el pozo. En el pasado era común el pozo en la plaza central, o cerca de ella, donde las mujeres y los niños mayas llenaban sus recipientes con agua para llevarlos a sus casas de manera cotidiana.

*Fototeca Pedro Guerra,
UADY.*

la carencia de ríos superficiales, el inestable régimen de lluvias y el escaso suelo de la región, no hizo posible que en los primeros siglos del periodo colonial se cultivaran y regaran amplias superficies de cultivo, como hubieran querido los europeos (Bracamonte 1994: 23 y 35).

Podemos observar el trenzado cultural colonial alrededor del agua en los vocabularios tempranos de la segunda mitad del siglo XVI y principios del XVII, escritos en maya-español, como el *Callepino de Motul*, el *Bocabulario de maya than*, y en textos copiados en el siglo XVIII, con información más antigua, como los libros *Chilam Balam*, los *Cantares de Dzitbalché*, y el *Ritual de los Bacabes*, libro de conjuros medicinales en maya que cuenta con la menor influencia europea conocida hasta ahora. Además de las descripciones de la región realizadas por los españoles, como la *Relación de las cosas de Yucatán* y el *Devocionario de nuestra Señora de Izamal y conquista espiritual de Yucatán*, escritas en castellano por los frailes De Landa y De Lizana, respectivamente. Figura 3.

Las secciones que abordan a las divinidades mayas, en su asociación con el agua en estos documentos, coinciden en varios aspectos con las mani-

festaciones plásticas prehispánicas sagradas encontradas en códices, pinturas, relieves, edificios, y en ellos destaca la serpiente como uno de los principales símbolos del vital líquido, al igual que lo fue para otras culturas mesoamericanas.¹

En las narraciones del nacimiento del mundo registradas en el *Chilam Balam de Chumayel* se indica que la energía creadora divina fue una nube, como representación del agua y la fertilidad, de manera similar a los relatos del *Popol Vuh* de los mayas quichés de Guatemala, escrito igualmente alrededor del siglo XVIII (De la Garza, 1998: 236-237, 1978: 37, 39-40). En este último, Gucumatx, la divinidad progenitora representada como “Serpiente-Quetzal”, se manifiesta como la energía y principio vital que, a manera de agua, da origen a la vida de manera continua (De la Garza *op. cit.*, 236-237, 1978: 37, 39-40). Mientras que las crónicas del franciscano Margil también cuentan que para los quichés el vital líquido era la misma “diosa de las aguas” (Dupiech-Cavalieri y Ruz, 1988: 227).

En el *Ritual de los Bacabes* las fuerzas masculinas y femeninas del cosmos, generadoras de la vida en la tierra en múltiples expresiones, son representadas con varios nombres, como Itzam Na e Ix Chel, aun cuando en ocasiones podemos encontrar a la más alta deidad descrita con atributos andróginos, como se observa también en los códices prehispánicos, y recibe el nombre de Ix Hun Itzam Na, “La Señora Itzam Na”, Ix Hun Ahau “La uno Ahau” (*Ritual de los Bacabes*, 1987: 359, 378, 383).²

El impulso femenino del cosmos asociado al manto acuífero también se encuentra en su caracterización como “Reina de las Tinajas” (Ix Catil Ahau), ubicada en el inframundo, en el sitio de origen y congregación del agua subterránea (*Ritual de los Bacabes*, *op. cit.*: 267, 314, 316-317, 361); al igual que en su representación como deidad lunar (Cruz, 2005: 53, 60) que, como en muchas culturas del mundo, se encuentra íntimamente relacionada con el agua en general, por su influjo sobre las mareas (Thompson, 1975: 106).

Los Bacabes y los Pauhtunes no podían faltar en el recuento de las entidades sagradas que participaban en el ciclo del agua, y en el libro de conjuros medicinales coloniales son invocados numerosas veces en los cuatro rumbos del cosmos. Dentro de ellos se menciona, por ejemplo, al “Gran Bacab Rojo”, que se encuentra: “[...] totalmente sumergido en su cántaro (*Chacal Bacab can thubic ba tu p’ulil. Can thublic ba tu catil*) (*Ritual de los Bacabes*, 1987: 267, 314, 316). Mientras que en el *Chilam Balam de Chumayel* los Pahahtunes son trenzados con los ángeles de la religión católica al llamarlos “Cangheles iik”, o “Ángeles de los vientos” de los rumbos cardinales (De la Garza, 2009: 37), pues los vientos suelen estar íntimamente relacionados con la llegada de las lluvias.

Chaac también se hace presente en la documentación del siglo XVI con tal relevancia que, de acuerdo con los vocabularios de principios del periodo colonial, su propio nombre era empleado

para referir al agua misma. Esta divinidad fue reconocida por su importante labor rectora de las lluvias, y como maestro de la agricultura, por su papel en el crecimiento de las plantas (Ciudad Real, 2001:185). Se decía que era el dios de los truenos, los relámpagos y de las nubes, capaz de azotar [a la tierra] con su furia (*u hadzcaan u hadzchac kumuyal*) (*Bocabulario de maya than*, 1993: 368, 558, 419). Figura 4.

RITUALES DE SOLICITUD DEL AGUA A LAS DEIDADES MAYAS Y PERSECUCIÓN POR PARTE DE LAS AUTORIDADES ESPAÑOLAS

Numerosos documentos del periodo colonial refieren a la adoración a las deidades mayas para pedirles que los colmaran con los beneficios del agua, lo cual era concebido como un grave delito de idolatría para las autoridades españolas, quienes los obligaban a seguir solamente los preceptos de la religión católica para no recibir severos castigos.

La Corona organizó un sistema de justicia eclesiástico que condujo a una campaña de represión hacia los nativos a través del Provisorato de Indios, mientras que el Santo Oficio debía regular a los españoles, mestizos y castas. Sin embargo, las actividades religiosas mayas dirigidas a sus antiguos dioses continuaron realizándose lejos de la mirada de los frailes católicos y de los oficiales españoles pañoles, en sus casas, milpas, cavernas y cenotes, y muchas veces las



Figura 3. En el periodo colonial se incorporaron a los rituales mayas las entidades divinas de la religión cristiana, como se observa en esta invocación a “Jesús, María y José” del *Chilam Balam de Kaua*. Imagen tomada de Bricker y Miram, 2002: 236. Cortesía de Middle American Research Institute, Tulane University.

¹ Entre otros de los complejos significados de la serpiente (De la Garza, 2009: 36).

² Itzam Na se encuentra representado en una lámina del *Códice Madrid*, en el centro del universo, en el Templo-Ceiba, lugar del origen, la creación, la fertilidad, y también de su opuesto, la destrucción, acompañado por una diosa femenina como pareja primordial (Sotelo, 2002: 111, 151-153,155).



El concepto del universo maya conformado por tres planos: cielo, tierra e inframundo, marcados por los cuatro sectores cardinales; rojo-oriental; amarillo-sur; negro-poniente y blanco-norte continuó en el periodo colonial. Estos niveles podían ser transitados por los dioses [y los elementos acuáticos], entre otros, a través de la sagrada ceiba del centro del cosmos que los conectaba, cuyas raíces llegaban al inframundo con sus nueve capas y sus ramas atravesaban las trece de los cielos (Thompson, 1975: 243).

precauciones tomadas no fueron suficientes, de tal manera que los españoles descubrieron las idolatrías, castigaron a los infractores severamente y destruyeron ídolos, pero no lograron erradicar estas acciones (Chuchiak, 2000:3, 420-423).

Los casos de rituales propiciatorios de las lluvias registrados son comunes; por ejemplo, en Chemax, Yucatán, en 1565, se encontraron los vestigios de una ceremonia prohibida y realizada por varios nativos en un sembradío. Se dice que los mayas

ofrecieron “vino”, seguramente *balché*, la bebida preparada con la corteza del árbol del mismo nombre, miel y agua, además de copal y el corazón de un perro en sacrificio a la máxima divinidad, Itzam Na, a Chaac, el dios de la lluvia, a Ix Ku una deidad femenina, así como a los Ah Bacabes de los puntos cardinales, a quienes se les pedía agua en equilibrio para sus cultivos, y también se les solicitaba el alivio de la enfermedad del propietario del sembradío (Scholes y Adams, 1938: 331-334). Mientras que en documentos de archivo de Peto de 1598, se menciona a Ix Ahau Kaan, “La dama de los cielos”, madre creadora y reguladora de la lluvia y de “nuestros mantenimientos”, y a los Pauhtunes, a quienes se les pedían lluvias y buenas cosechas.³

El vicario del mismo lugar describió en ese año el caso del *ah kin*, Francisco Pech, maya principal del pueblo, quien fue mandado llamar por Juan Tun para que realizara una ceremonia de petición de lluvia en su casa, porque no llovía en su milpa. Pech fue sentenciado por ésta y otras idolatrías a azotes públicos, a oír misa desnudo con una coroa en la cabeza, fue desterrado de su pueblo, y condenado a trabajos forzados en la catedral, entre otras cosas, y hubo casos en los que se encarceló y torturó más severamente a los mayas.⁴

³ Audiencia de México, 292, “Confesión de Pedro Col, reo idólatra en el proceso contra la idolatría de los indios del partido de Peto”, 10 de julio de 1598, 3 ff.

⁴ Audiencia de México, 292, “Confesión de Juan Tun, reo idólatra preso en el pueblo de Peto por Idolatría”, 7 de julio de 1598, 4 ff.



Figuras 5 y 6. Dentro de los rituales para la solicitud de buenas lluvias se le rendía culto a las fuerzas femeninas del cosmos, como diosas madres (*Códice de Dresde 39 b*), y la luna fue considerada una de sus expresiones, pues al igual que en muchas culturas del mundo, fue asociada con el agua por su notable influjo sobre las mareas.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

Fray Diego de Landa nos cuenta que a principios del periodo colonial los indígenas celebraban una fiesta llamada *Tupp kak* o “Apagado del fuego”, al parecer a finales de marzo, dirigida a los Chaaces de los puntos cardinales, junto con Itzam Na. Ésta tenía como objetivo pedirle un próximo periodo de lluvias, fértiles y en equilibrio, que rompiera con la anual temporada de sequías. El ritual incluía el encendido de una fogata en la que se lanzaban corazones de ani-

males en ofrenda, la cual se apagaba posteriormente con cántaros de agua. El fraile explicaba que lo hacían para: “[...] alcanzar con ello y la siguiente fiesta [un] buen año de agua para sus panes [...]” (Landa, 1982: 78-79), en una especie de magia simpática.

A partir de mediados del siglo XVII, cuando se vivieron en la Península severas sequías, además de epidemias, los mayas realizaron numerosas ceremonias en honor a Chaac para convencer a esta deidad de ponerle fin a sus males. Muchos de los participantes en los rituales fueron juzgados por los tribunales españoles y dentro de ellos se encontraron personajes no nativos, como los mulatos, traídos por los españoles a tierras americanas, quienes padecieron de severos castigos por parte del Santo Oficio ⁵ (Tabla 1). Figura 7.

TABLA 1. SEQUÍA, HAMBRES Y HURACANES 1468 - 1727 Adaptada de dos tablas elaboradas por Quezada, 1997: 154, 156 ⁶	
ca. 1468 -1470	Huracán (1)
1535 -¿1540?	Sequía, hambre (1)
1561	Huracán (3)
1564	Sequía (4)
1575-1576	Sequía y hambre (4,5)
1648-1654	Marea roja, sequía y hambre
1661	Sequía (7)
1692	Huracán (6), hambre (5)
1726-1727	Sequía, hambre (5)



⁵ Declaración de Miguel Noh, reo del crimen de idolatría en el caso del santo Oficio contra los mulatos por idólatras, 16 de mayo, 1674, AGN Inquisición, vol. 629, exp. 4 folios 366r-368r (Chuchiak, 2000.: 252, 260-265).
⁶ Fuentes: 1. Landa, 1973: caps. X, XIV; 2. López Cogolludo, 1957, Lib. III, cap. XV, Lib. V, cap. XV; Lib. IV, cap. XIV; Lib. IX, cap. I; Lib. X., caps. VII, XII, XVII; Lib. XII, caps. XII, XIV, XXIII; 3. Scholes y Adams, 1938, I:74; 4. Cook y Borah, 1978, II, :120-121; 5. Molina Solís, I: 14, 130, 145, 166, II: 167-174, 187-188, 199-202, 253, 326, III, 177-181; 6. AGI Audiencia de México, 369; 7. Chilam Balam de Chumayel, 1979: 106.

En el libro de los *Cantares de Dzitbalché*, escrito en el siglo XVIII, aparece un alegre ritual con música y baile, también para abatir la sequía, llamado: “Apagamiento del anciano [del fuego] sobre la montaña” (*Kiliiz Tuup Yok Uitz*), el cual se llevaba a cabo con la presencia de los Chaaces, o “maestros de la lluvia”. Toda la comunidad peregrinaba a la ceiba del centro del poblado, quien representaba el centro del cosmos, la frescura y el agua, donde se encontraba Ahau Kan, “El Serpiente Soberano”.

Este vínculo del agua y la ceiba aparece también en una leyenda más tardía del pueblo de Dzitbalché que cuenta que un día brotó agua de este árbol, y que ésta fue colectada como líquido sagrado (*Los cantares de Dzitbalché*, 2007:172), al parecer, como reconocimiento de la importante labor de los árboles en el ciclo del agua.

Figura 7. Convento de Maní, Yucatán, donde fray Diego de Landa llevó a cabo la famosa quema de códices y una severa represión a los mayas por la adoración a sus antiguas deidades, dentro de ellas, las de la lluvia. Fotografía de Carlos Alcérreca.

EL AGUA COMO MEDIO DE PURIFICACIÓN Y PARTICIPACIÓN DE LA ENERGÍA DIVINA Y COMO ELEMENTO IMPORTANTE PARA LA CURACIÓN DE ENFERMEDADES

No todos los rituales mayas yucatecos relacionados con el agua fueron celebrados para pedir una agricultura exitosa. Había ceremonias en las que el líquido desempeñaba una relevante labor de purificación, como en muchas otras culturas del mundo, y parece posible que también de transmisión de las energías sagradas que se consideraba contenía el agua. Por ejemplo, en la ceremonia *Zihil*, “Nacer de Nuevo”, interpretada por el fraile Diego de Landa como “bautismo”, se colectaba “agua virgen” de los huecos de los árboles y las piedras de la selva, y se mezclaba con flores y cacao para utilizarse en rituales de jóvenes púberes que ya podían dar inicio a la etapa sexual de sus vidas. El sacerdote aplicaba el agua en la cara de los muchachos, en particular en su frente; así como entre los dedos de los pies y de las manos. Tal vez con la finalidad de que asimilaran la fuerza divina y fertilizadora del agua en el inicio de una nueva e importante etapa de sus vidas, y quizá se pensaba que el líquido conservaría más sus poderes si se colectaba en el medio silvestre, donde se mantenían las energías sagradas sin interferencias humanas (Landa, 1986: 46-47, 73).

En otros festejos especiales en los que se veneraba a Itzam Na e Ixchel, los sacerdotes aplicaban agua a los libros e instrumentos utilizados en

diferentes oficios, como los de los médicos, para purificarlos, y es muy posible que también lo hicieran para contagiarle su fuerza divina, con el fin de que sus dueños desempeñaran una labor certera con ellos. En el caso de los libros, al agua virgen le agregaban el sagrado color verde-azul del centro del cosmos (Landa *op. cit.*: 58, 78-79, 92, 99). Figura 8.

El *Ritual de los Bacabes* expresa el lado benéfico y negativo del agua en todos sus estados físicos. Ya fuera como nube o neblina, granizo, o líquido; como causante de enfermedades, pero también como un importante elemento sagrado capaz de curarlas. El fraile de la Serna decía que los nahuas del siglo XVII, quienes compartían y comparten con los mayas la matriz cultural mesoamericana, también invocaban al agua para curar a sus enfermos. La llamaban la diosa Chalchiutlicue, “La de la saya de las piedras preciosas” (De la Serna S., XVII: ff.164v-165r).

El terapeuta y escritor del libro yucateco de conjuros medicinales invoca a las energías sagradas acuáticas y les solicita su intervención para el alivio de un enfermo, y habla de varios padecimientos ocasionados por el desequilibrio de agua en el ambiente o en la persona, como el asma causada por la humedad en el ambiente, cuando es rociado el individuo por el “Gran Itzam Na Rojo”; o bien por la acumulación de líquidos en sus cuerpos, como le ocurre a quien padece de hidropesía. En el lado opuesto numerosas terapias curativas toman en cuenta al fuego como causante de enfermedades



Figura 8. Con el agua colectada de los huecos de los árboles y de las piedras de la selva, lejos del contacto del hombre para guardar su fuerza divina, eran ungidos los jóvenes mayas en rituales de iniciación, posiblemente para que asimilaran la fuerza fertilizadora del sagrado líquido en la nueva y relevante etapa reproductiva de sus vidas. Fotografía de Carlos Alcérreca.

que deberán ser apagadas con el agua, con su sola invocación, también a manera de magia simpática. Por ejemplo, para acabar con un mal que incluye síntomas hirvientes en la garganta, se invoca a los Chaaces y a los Pauhtunes, para que con su poder sobre el agua lo contrarresten. Se habla del cielo turbulento y de fuerte lluvia con granizo, necesario para calmar la dolencia, y también se personifica de manera femenina al “Cenote de Piedra” (Ix Tun Dzonot) (*Ritual de los Bacabes, op. cit.*: 301-313, 315, 320, 346-351).

También dentro de las terapias medicinales que involucran la aplicación de agua se encuentran algunas de gran relevancia para el restablecimiento de graves males que afectan el espíritu del hombre. Se recomienda para estas severas afectaciones, después de haber extraído el mal, la aplicación de agua a los pacientes de manera peculiar, al echársela encima o lanzársela en el centro de la espalda o la frente (*Ritual de los Bacabes, op. cit.*: 290, 374; Bricker & Miram, 2002: 333; *Manuscrito de Chan Cah*, 1982: 106).



Figura 9. Virgen de Chuiná, Campeche. Para los mayas del periodo colonial el agua era un elemento sagrado capaz de curar enfermedades.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

En la actualidad miles de personas visitan Chuiná, principalmente en Semana Santa, para darle gracias a la virgen aparecida en el cerro que se alza junto a la laguna de este poblado, y para pedirle favores, como el de la sanación de sus dolencias con las aguas de este lugar, consideradas milagrosas.

Parece posible que la curación de males del alma con agua, además de su esencial función purificadora, hubiera tenido como objetivo el atraer con ella el espíritu perdido, o parte de éste, para que regresara a la persona, pues para los antiguos nahuas cuando ésta se salía del cuerpo por un susto, o era robada por seres sobre humanos, podía ser atraída al aplicar agua al paciente. Así es que se realizaban rituales en los que se humedecían la coronilla, donde se pensaba que salía la energía anímica, además de la frente y la cabeza en general. Esta creencia parece haberse mantenido hasta épocas más recientes, pues los tzotziles de mediados del siglo pasado pensaban que era posible recuperar una de sus fuerzas vitales con agua mezclada con elementos aromáticos, como las flores (López Austin, 1996: 236); mientras que los mayas cakchiqueles actuales piensan que el “ánima” perdida es recuperada con el baño del individuo en un río (Hill y Fischer, 1999: 320-32). Recordemos que las flores y el agua también eran empleados en la ceremonia Zihil, o de renacimiento maya para ungir a los jóvenes que iban a iniciar una importante etapa reproductiva, mencionada líneas arriba, en lo que parecería significar una manera de participación de la energía sagrada de los dioses, transmitida a través del agua virgen.

.....
⁷ En la actualidad los mayas de edad avanzada recuerdan la importancia que revestía la apertura de un nuevo pozo, porque significaba la posibilidad de colectar la sagrada agua que sería guardada para utilizar cuando fuera necesario curar alguna enfermedad (Hilaria Mass Colli, *com. pers.* mayo de 2014).

En la *Historia general de las Indias Occidentales y particular de la gobernación de Chiapa y Guatemala*, elaborada por fray Antonio de Remesal en el siglo XVII, también se relata la aplicación de agua en la cabeza como eficiente remedio para curar un mal que le “impedía ver la luz” a una persona, y que ningún médico con formación europea logró aliviarle hasta que lo atendió un famoso sanador maya. Se describe que el terapeuta le lavaba la cabeza al paciente con agua fría diariamente, en particular la frente, y le apretaba con fuerza las sienes hasta que lagrimaba, mientras que en la noche le echaba agua, sin alguna medicina (Remesal, 1988:109-110).⁷

EL OCASO DE LA MÁXIMA DEIDAD MAYA PREHISPÁNICA Y EL FORTALECIMIENTO DE CHAAC

Con el transcurso del tiempo y la adaptación a las nuevas condiciones y requerimientos que se presentaron a finales del periodo colonial, los mayas fueron dejando de adorar a Itzam na poco a poco, quizá porque era una representación sagrada demasiado compleja para la gente común (Thompson, 1975: 75, 206); mientras que la deidad lunar pasó por varias reelaboraciones y su culto popular logró sobrevivir al transcurso del tiempo (Báez-Jorge, 2002: 93). Debe haber contribuido a su mantenimiento el trenzado que se hizo de ella con la virgen María, puesto que no compitió con ella, ni con la máxima autoridad cristiana, como sí lo hizo la suprema



Figura 10. Altar de la Escuela Agroecológica U Yits Ka'an. Fotografía de Carlos Alcérreca.

Los religiosos españoles trataron de que San Isidro Labrador, patrono de los agricultores, sustituyera a las deidades mayas de la lluvia en el periodo colonial, pero no tuvieron el éxito que esperaban, en cambio San Miguel Arcángel y la Virgen sí resultaron ser afines a la cosmología de los nativos de la región (Solís, 2005: 135).

divinidad indígena. Además de que Itzam Na parece haber resultado una entidad sagrada demasiado compleja para los campesinos, quienes requirieron deidades de los elementos más sencillas, que se apegaran a su manera de interpretar los fenómenos de la naturaleza, y les hicieran sentir que los rituales y las ofrendas que les otorgaban propiciaban buenas cosechas, salud y les ayudaban a soportar los severos cambios del periodo colonial (Chuchiak, 2000: 313, 343-344, 356).

Los frailes españoles quisieron imponer algunos santos de la religión católica vinculados con las lluvias a los mayas, como San Isidro Labrador, patrón de la agricultura, a quien los europeos desearon que veneraran en sustitución de sus deidades de la lluvia (Thompson, 1975: 208), pero no lograron su cometido en ese entonces. Mientras que la virgen y otros santos, como San Miguel Arcángel sí fueron aceptados por ellos para compartir el altar de petición de las lluvias junto con los Chaaces y los Pauahtunes (Solís, 2005: 135).

CONCLUSIONES

Las representaciones prehispánicas y coloniales alrededor de las fuerzas de la naturaleza que se consideraba que propiciaban o restringían las sagradas lluvias que nutrían la vida en todas sus formas, fueron basadas en profundas observaciones que realizaron los mayas yucatecos alrededor del viaje del agua a través del cielo, la tierra y el subsuelo. A su especial adoración contribuyeron las severas temporadas de sequía o de huracanes, que en algunos periodos marcaron tanto a quienes las padecieron como a los descendientes que escucharon las narraciones acerca de los dolorosos eventos del pasado y, por supuesto, también las dificultades y hasta imposibilidades de llegar al lejano manto acuífero en muchos de los lugares de esta región. Aun cuando la apertura de los pozos fue facilitada con la introducción de la barreta de hierro y la pólvora traída por los españoles. Figura 11.

Dentro de los ciclos naturales representados de manera simbólica por los mayas vale la pena resaltar la vinculación del centro del cosmos y el agua con un árbol sagrado: la ceiba madre, pues no cabe duda que los mayas percibieron la importancia de los árboles como elementos relevantes en la cadena natural que contribuye a la generación de lluvias. Entre otros servicios que brindan para el mantenimiento de la vida en la tierra.

Con la llegada de los españoles, a las sagradas energías del panteón prehispánico los mayas no

dudaron en unir las de la religión católica, pero sólo las que consideraron que podían contribuir con sus intermediaciones a llenar sus aljibes, o a alimentar sus sembradíos, pero lo hicieron bajo su propia cosmovisión y perspectivas, para desazón de las autoridades de la Iglesia.

Con el tiempo los mayas, en el permanente y paulatino movimiento y restructuración característicos de toda cultura, revitalizaron y abandonaron elementos y conceptos que les resultaron poco útiles o complicados en su nueva experiencia cotidiana. Así, a finales del periodo colonial empezó a disminuir la adoración a la máxima deidad Itzam Na, y en cambio permanecieron Chaac, los Pauahtunes y divinidades femeninas, con diferentes nombres, como Ko'olebil Óoxle' Moyal, la "Virgen Hoja Amarilla Tres Nubes", quienes mantienen su presencia hasta nuestros días a través de la ceremonia maya de petición de lluvias, denominada Ch'a'cháak, con las correspondientes adaptaciones requeridas para la época. Sin embargo, lo que no logró abatirse en el periodo colonial y en tantos siglos posteriores, está ocurriendo en el presente siglo XXI de manera acelerada, pues los jóvenes ya no quieren participar en este tipo de ceremonias porque no creen en la intermediación de las divinidades para la caída de las precipitaciones, y un gran porcentaje de las nuevas generaciones ya no dependen del desarrollo de sus cultivos para obtener los alimentos de cada día.



Figura 11. Reflejo de gárgola o conducto de desagüe en un charco del convento de Maní.

Fotografía de Mónica Chávez.

Más allá de la disminución de las ceremonias que cumplen con la importante función de fortalecer la unidad comunitaria y el rescate de nuestras tradiciones, debe preocuparnos la pérdida acelerada de la valoración del agua, antes confirmada como líquido sagrado en cada ritual de petición de lluvias, en cada encuentro con el agua virgen ante la apertura de un nuevo pozo, o la llegada a la cámara aislada de una caverna que permitiera colectarla para el desarrollo de rituales o de terapias medicinales.

La devaluación del agua ocurre, en gran parte, por lo fácil que es obtenerla con tan solo abrir la llave en la mayoría de las comunidades. Al grado que sorprende ver cómo es tirada la basura y las aguas negras en pozos, aguadas y cenotes por los habitantes de la península de Yucatán en general, incluidos los propios mayas.

En estos tiempos de creciente riesgo en el que se encuentra el agua potable en el mundo, debe cobrar importancia su contaminación y la pérdida del valor de los árboles ante el incremento en la deforestación de la vegetación, la cual cumple una invaluable función en la continuidad del ciclo natural del agua, entre otros servicios que nos brinda la verde y necesaria cobertura de la tierra.



En tiempos coloniales la pólvora y el hierro facilitaron la apertura de pozos, y las norias de los conventos surtieron de agua tanto a los religiosos como a la población en general en varios lugares.

Figura 12. Noria de Mama.

Fotografía de Fulvio Eccardi.

REFERENCIAS

- Barrera Vásquez A. & S. Rendón. 1963. *El libro de los libros del Chilam Balam*, México, FCE.
- Báez-Jorge F. 2002. *Los oficios de las diosas*. Xalapa, Veracruz, Biblioteca Universidad Veracruzana.
- Bocabulario de Maya Than*. 1993. Acuña R. (ed.), México, UNAM-IIFL-CEM, México.
- Bricker V. y H. Miram. 2002. *An encounter of two worlds. The book of Chilam Balam of Kaua*. New Orleans: Tulane University.
- Bracamonte P. 1994. *La memoria enclaustrada. Historia indígena de Yucatán*, México, CIESAS, INI.
- Ciudad Real A. de. 2001. *Calepino maya de Motul*. Acuña R. (ed.), México, UNAM-IIFL, Plaza y Valdés Editores.
- Cook S. y B. Woodrow. 1978. *Ensayos sobre historia de la población: México y el Caribe* (II), México, Siglo XXI.
- Cruz N. 2005. *Las señoras de la luna*. México, UNAM-IIFL.
- Chuchiak J. 2000. *The indian inquisition and the extirpation of idolatry, the process of punishment in the Provisorato de Indios of the diocese of Yucatan, 1563-1812*, Dissertation in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Tulane University, New Orleans, Department of Latin American Studies.
- Dupiech-Cavalieri D., Ruz M.H. 1988. “La deidad fingida, Antonio Margil y la religiosidad quiche de 1704” (pp. 213-268) en: *Estudios de cultura maya*, XVIII, México, Centro de Estudios Mayas, UNAM, IIFL.
- Garza M. de la. 1978. *El hombre en el pensamiento religioso náhuatl y maya*, México, UNAM, IIFL, Centro de Estudios Mayas (Cuadernos del Centro de Estudios mayas, 14).
- _____ 1998. “Maya gods”: Schmidt, Peter Mercedes de la Garza & Enrique Nalda (eds.), *Maya*, Milán, Italia, Bompiani, INAH.
- _____ 2009. “Chaac, la sacralidad del agua”, México, *Arqueología Mexicana* XVI (96): 35-39.
- Landa D. de la. 1986. *Relación de las cosas de Yucatán*, México, Ed. Porrúa. Décimo tercera edición.
- Lizana B. de la. 1973. *Devocionario de nuestra Señora de Izamal y conquista espiritual de Yucatán*. Acuña R. (ed.) México, UNAM-IIFL.
- Hill R. y Fischer E. 1999. “States of the heart. An Ethnohistorical approach to Kaqchikel Maya ethnopsychology”. en: *Ancient Mesoamerica* 10 (2):313-325, USA, Cambridge University.
- Libro de Chilam Balam de Chumayel*. 973. Antonio Mediz Bolio (trad.), México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- López Austin A. 1996. *Cuerpo humano e ideología. Las concepciones de los antiguos nahuas*. 2 vols. México, UNAM-IIA.
- López Cogolludo D. 1957. *Historia de Yucatán*, México, Academia Literaria, México. Academia Literaria (Colección de Grandes Obras Mexicanas, 3).
- Los cantares de Dzitbalché en la tradición religiosa mesoamericana*. 2007. Introducción y comentarios de Martha I. Nájera, traducción y transcripción de Alfredo Barrera Vásquez. México, UNAM-IIFL-CEM.
- Manuscrito de Chan Cab*. 1982. Brito Sansores W. & Bastarrachea J.R. (trads.). México, Grupo Dzibil.
- Molina J.F. 1913. *Historia de Yucatán durante la dominación española*, 3 vols. Mérida, Imprenta de la Lotería del Estado.
- Popol Vuh*. 2002. *Las antiguas historias del Quiché*. Recinos A. (ed.). México, FCE.
- Quezada S. 1997. *Los pies de la República. Los indios peninsulares 1550-1750*, México. INI-CIESAS.
- Remesal A. 1988. *Historia general de las Indias Occidentales y particular de la Gobernación de Yucatán y Guatemala*. 2 vols. México, Ed. Porrúa.
- Ritual de los Bacabes*. 1987. Arzápalo R. (ed.). México, UNAM-IIFL-CEM.
- Serna J. de la. *Manual de ministros de indios para el conocimiento de sus idolatrías y extirpación de ellas*. México, Sala de Manuscritos incunables y raros, Biblioteca Nacional, Madrid, España, Siglo XVII.
- Scholes F. & Adams E. (comps.) 1938. *Don Diego Quijada, alcalde mayor de Yucatán, 1561-1565*. 2 vols. México: Antigua Librería Robredo de José Porrúa e Hijos.
- Solís G. 2005. *Entre la tierra y el cielo. Religión y sociedad en los pueblos mayas del Yucatán colonial*. México, CIESAS, Miguel Ángel Porrúa, ICY.
- Sotelo L. 2002. *Los dioses del Códice* Madrid, Aproximación a las representaciones antropomorfas de un libro sagrado maya. México, UNAM-FFYL.
- Taube K. 1992. *The Major Gods of Ancient Yucatan*, Studies in Pre-columbian Art and Archaeology 32. Dumbarton Oaks.
- Thompson E. 1975. *Historia y religión de los mayas*. México, Siglo XXI.
- _____ 1993. *Un comentario al Códice Dresde*, Libro de jeroglíficos mayas, México, FCE. México.

ARCHIVO

AGI Archivo General de Indias, Sevilla, España.

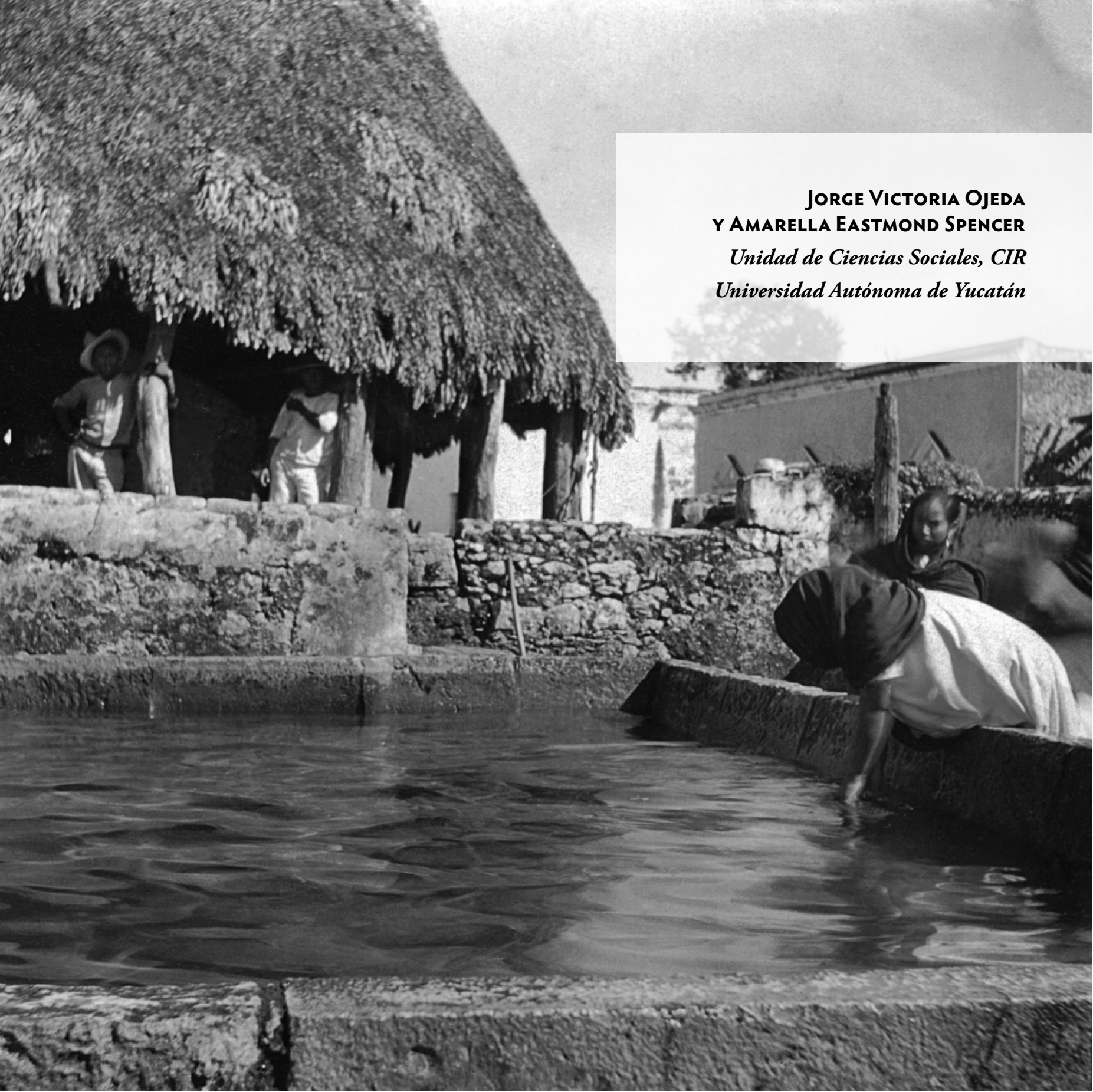
Audiencia de México, 292, “Confesión de Pedro Col, reo idólatra en el proceso contra la idolatría de los indios del partido de Peto”, 10 de julio de 1598, y “Confesión de Juan Tun, reo idólatra preso en el pueblo de Peto por Idolatría”, 7 de julio de 1598.



Xocén, Yucatán. Muchos asentamientos mayas aún reflejan la herencia urbana de las ciudades prehispánicas mesoamericanas, desarrolladas arquitectónicamente en torno al pozo, el cenote o la aguada y el árbol de ceiba. Con la sobreposición de la traza europea a la maya, a partir del periodo colonial, varios espacios abiertos conformados por los pozos generaron encrucijadas que tuvieron o aún tienen como centro rector el abastecimiento de agua (Sánchez, 2001: 168).¹

Fotografías de Carlos Alcérreca.

.....
 1 Sánchez Suárez, Aurelio. 2001. "La arquitectura vernácula del Camino Real, Campeche. Sus características", *Anuario de Estudios Arquitectónicos* 2001, historia conservación y crítica, 2001 (pp.167-178), México, Universidad Autónoma Metropolitana.



**JORGE VICTORIA OJEDA
Y AMARELLA EASTMOND SPENCER**
*Unidad de Ciencias Sociales, CIR
Universidad Autónoma de Yucatán*

CAPÍTULO 4

DE VIDA, DE CONTROL SOCIAL Y DE DIVISIÓN

EL AGUA EN EL SIGLO DECIMONÓNICO YUCATECO

“[...] Pero ya no sólo les hemos dado industria [a los mayas] para hacer buenos pozos, sino muy lindas norias con estanques en donde, como en fuentes, toman agua”.

Fray Diego de Landa S. XVI (1986: 119)

El agua es uno de los grandes recursos que ofrece la naturaleza y al mismo tiempo es una de las riquezas indispensables para la supervivencia humana y para sus actividades productivas. Sin embargo, desde antaño los mantos freáticos han sufrido de contaminación, acrecentada por la urbanización, el desarrollo industrial, las prácticas poco sanitarias, la deforestación, la conversión de ecosistemas para usos agrícolas, ganaderos y polución diversa (Basols 1967:116-120). Es en esa perspectiva del acelerado y masivo consumo de medios naturales y de las opciones de subsistencia donde la *historia ambiental* reclama un lugar propio.

En consecuencia, la aportación a este libro acerca del manejo del agua en la península de Yucatán a través del tiempo, se enfoca en señalar algunas notas retrospectivas que pueden bosquejar la situación de este valioso recurso natural durante el siglo XIX que, en conjunto con los demás trabajos, pueda contribuir a conformar un panorama de la historia socio-ambiental de la península de Yucatán.

¿Cuáles fueron los sistemas de obtención del preciado líquido en esa centuria de cambios políticos en sus inicios –la Independencia–, y cuáles en su



Sistema de riego en una hacienda en el periodo colonial.

Fototeca Pedro Guerra, UADY. Detalle.

Página anterior
Mujer y aljibe.

Fototeca Pedro Guerra, UADY.

ocaso, con la bonanza henequenera en Yucatán? ¿Qué consecuencias sociales y culturales ocasionaron que el agua fuese botín codiciado para los dueños de tierras y henequeneros? ¿Cuáles fueron las aportaciones tecnológicas implementadas en la región durante ese siglo para la obtención de agua? ¿Qué costos ecológicos ha ocasionado el “progreso” en los mantos freáticos de Yucatán y desde cuándo? Estas son algunas interrogantes que surgieron al paso de la reflexión sobre los tiempos que antecedieron a la sistematización del agua potable en

los albores del siglo XX en Mérida. A todo ello se puede adelantar que, tras la lectura de las anotaciones documentadas que se presentan, es posible darse cuenta de situaciones que en esos años eran práctica común, sobre todo en el campo, como el que las clases menos privilegiadas tuvieran un acceso al agua socialmente injusto y que el líquido vital fuese usado a la vez como elemento de control social por parte de los que lo poseían. Figura 1.

La llegada de la centuria de los años 1800 en el campo yucateco y la ciudad, sobre todo la de

Mérida, marcó un distanciamiento entre sus habitantes en cuanto al aprovisionamiento de agua se refiere, debido a la introducción de nuevas tecnologías que facilitarían la captación del líquido proveniente de las tan ansiadas lluvias en la región, así como del subsuelo.

En reciprocidad con la escasez de agua en varias regiones de la península de Yucatán, debido a sus características geológicas, como se ha visto en el primer capítulo de este libro, en el siglo XIX sus habitantes trataban de cuidar y conservar sus receptáculos de agua, de manera especial las cavadas en la tierra, desde antaño, tras arduos y prolongados esfuerzos. Estas acciones debieron ser más recurrentes en la región meridional de la Península, donde la profundidad para hallar los mantos freáticos llega a grandes distancias en comparación con la zona septentrional (Irigoyen, 1970:76).

Durante buena parte de esta centuria las técnicas introducidas en el pasado, concernientes a las norias y los pozos, seguirían como principales sistemas de extracción del agua subterránea por parte del pueblo yucateco rural y ciudadano, acompañadas

.....
¹ Para esta ceremonia, consultar: Gómez Sosa, Carlos y Tec Cobá, Martiniano, coordinadores, *Ceremonias y creencias de origen maya*, Culturas Populares, México, 1992, pp. 5-6.

² Aznar Barbachano, Tomás, citado en García Quintanilla, Alejandra, *Los tiempos en Yucatán. Los hombres, las mujeres y la naturaleza (siglo XIX)*, Universidad Autónoma de Yucatán-Claves Latinoamericanas, México, 1986, p.107.

³ Sobre este sistema de captación de agua de lluvia, ver: Victoria y Grosjean, 2009: 187-198.

por la espera de las lluvias en los periodos correspondientes y enmarcadas en un ritual simbólico del ceremonial ancestral maya de petición de las precipitaciones, denominado en lengua maya *Ch'a Chaak*.¹ La expectativa de las precipitaciones se ejemplifica en un escrito que Tomas Aznar Barbachano escribiese a mediados del siglo XIX en referencia a una sembradío: “en Yucatán nadie riega las plantas que se cultivan en grande... así que... una vez sembrada la caña, queda encomendada a los favores del cielo”.²

A la par de los sistemas señalados que han perdurado, es posible que también los llamados (y muy poco conocidos) *chulub'ob* sigan en uso en la región serrana. De acuerdo con el *Diccionario Maya Cordemex*, la palabra *Chulub* significa: “El depósito a modo de estanques en que se recogía el agua que llovía para el uso por falta de pozo en algunos puntos de Yucatán” (Barrera V. *et al.*, 1980: 114). Aunque provenientes desde inicios del siglo XVII, Carrillo y Ancona (Carrillo y Ancona, 1979, I: 369) hace mención de esas obras para el siglo XIX, y para inicios de la centuria siguiente, Molina Solís (Molina Solís, 1910, II: 291-292) los apunta ya en desuso.³ El gobernador Carlos Luna y Arellano mandó construir esas cisternas, de origen mediterráneo, en algunos pueblos de la sierra a fines de su mandato, 1611-1612, como respuesta a la situación de escasez de agua en la sierra del Puuc (Victoria y Grosjean, 2009: 191). Así lo corrobora el cronista yucateco Pedro Sánchez de Aguilar quien, en 1615, indicaba lo siguiente: “También se



Figura 1.
 Estanques en los que se recogía agua de la lluvia en una hacienda de Yucatán.
 Fototeca Pedro Guerra UADY.

debe estimar en mucho los xaveques de cal y canto que el Gobernador Don Carlos de Luna y Arellano mandó hacer en los pueblos cerca de la sierra, donde los pozos se secan a tiempos, con que hay sobra de agua para los ganados y bestias” (Sánchez de Aguilar, 1937:186). La denominación de Xaveque puede derivar de la palabra Xavey, y ésta a la vez del nombre Jagüey,⁴ pronunciando la letra X como J; en lengua maya la palabra agua es Ha (la pronunciación es Já), y que en unión con la palabra castellana buey, como sinónimo de ganado, dan un sonido similar al de Jagüey. Ello daría la palabra Ha-buey=Xagüey=Xavey. Proponemos esta procedencia de la palabra Xaveque, ya que no se cuenta por ahora con una derivación u origen de la misma.

Los sitios donde se ha localizado hasta ahora ese tipo de arquitectura para el agua son los poblados yucatecos de Dzán, Tekax y Maní. El cercano a esta última población es el de mayores dimensiones, pues tiene 56 metros de largo por 40 de ancho y una profundidad de aproximadamente tres metros, notándose aún los restos de escaleras por cada costado, los arcos en los extremos y canales que conducían el agua a su interior (Victoria y Grosjean, *op. cit.*: 191-193). De tal manera que la llegada de nuevas for-

.....

⁴ Jagüey es el nombre del *Ficus radula* y *Ficus indica* (Jagüey macho y hembra, respectivamente), el entretrejido de sus raíces forma una superficie cóncava donde se estanca el agua de lluvia de manera natural. En el Centro de México ese vocablo define a una extensión de agua dulce estancada de unos 100 a 200 metros cuadrados, la cual puede ser natural o artificial (Victoria y Grosjean, *op. cit.*: 190).

mas de captación, almacenamiento y distribución del agua en la región peninsular después de la conquista española trajo consigo una polarización de la sociedad –mayor de la que ya existía en tiempos precolombinos–, ya que originó cambios culturales en algunos sectores de la población mientras que en otros, sobre todo por razones económicas, no hubo acceso a las nuevas tecnologías.

DE POZOS, NORIAS Y SIMBOLISMO SOCIAL DEL AGUA EN EL SIGLO XIX

El siglo XIX verá marcado su derrotero por el caso del periodo colonial y el nacimiento de la vida independiente de la nación mexicana. Bracamonte señala que después de la Independencia fue más fácil para los particulares no indígenas adquirir, por compra o cambio de servicio, tierras pertenecientes a las comunidades mayas, pues mientras no existiera cierta presión sobre el uso productivo del suelo, los poblados permitían el establecimiento de estancias de gente ajena a ellos (Bracamonte, 1993: 32).

En los albores del siglo XIX, en unión con el desarrollo de la ganadería, las haciendas maiceras yucatecas fueron introduciendo el cultivo de hortalizas y frutas aprovechando para ello el sistema de riego que incluía una noria en alto situada sobre un andén y un gran tanque abierto adjunto de almacenamiento, del cual se surtían los bebederos y los canales para el riego por medio de gravedad. Los años de la se-

gunda década de la centuria, hasta 1847, fueron un periodo de multiplicación de las huertas, ya que se dieron casos en que algunas haciendas contaban con dos norias, con sistemas de riego independientes. Los productos obtenidos en los huertos servían para abastecer a los pueblos, villas y ciudades (Bracamonte, *op. cit.*: 69, 88).

En el aspecto sanitario en esa centuria, cabe señalar que el maridaje de la ganadería con las actividades pecuarias y porcinas, vinculado con alguna fuente de abastecimiento de agua, ocasionaba que los desechos o aguas negras fuesen vertidos al manto freático, problema que sigue hoy día. A esta situación hay que sumar también que las filtraciones por el fecalismo al aire libre, comunes en los patios, colaborasen a la contaminación del agua de pozos y cenotes.⁵

El sistema de riego que incluía una noria en alto y un gran tanque surtidor de bebederos y canales para el riego por gravedad, junto con la noria, contribuyó al desarrollo de la ganadería y las hortalizas en la región. Por otra parte, aunque se desconozca si fue la primera en aplicarse, del primer cuarto del siglo –1825– proviene una orden que

.....

⁵ Las estancias se establecieron durante los siglos XVI y XVII, cerca de los mercados locales, es decir, alrededor de las poblaciones de Mérida, Valladolid y Tizimín, y a lo largo de las principales vías de comunicación (García, 2006) (Ver por igual, Patch, 1976: 9, 13).

⁶ Colección de Leyes, Decretos y Órdenes de Tenencia General, dictadas por el Augusto Congreso del Estado de Yucatán en sus sesiones ordinarias y extraordinarias, desde 20 de agosto de 1825 hasta 31 de octubre de 1827, tomo I, Mérida, 1828, p.63.

reglamentaba el funcionamiento de las norias para la villa de Tekax, población localizada en la serranía de Yucatán. El punto de más interés en ese mandato fue la sustitución de la tarea obligatoria del cuidado de la noria de manera rotativa entre los vecinos del poblado, por el pago de cuatro reales anuales, quedando exentos de esa labor. Se precisaba que si algún habitante no quisiera hacer su turno, el Ayuntamiento se reservaba la facultad de designar un administrador que cobraría con lista en mano a todos los vecinos desde la edad de 16 años, la cantidad asignada. Esta disposición exceptuaba a las personas que tuvieran pozo en su casa, los de más de 60 años de edad y los impedidos.⁶ Figura 2.

El dato de la noria resulta de interés ya que si por un lado se cuenta con las nuevas disposiciones, por el otro se sabe, por la sustitución indicada, el modo en que se realizaba la custodia y celo del líquido con anterioridad, asunto que resalta la importancia de las fuentes de abastecimiento. Éstas, reconocidas como necesarias y básicas, también jugaban un importante papel simbólico de reconocimiento de actos entre la población. Así lo ejemplifica el caso de José de la Cámara, quien fuese alcalde del pueblo de Tunkás, Yucatán, y que en marzo de 1825 recibiese en recompensa por su tarea personal y cívica el pozo denominado “Sahcabchén” (Bracamonte, *op. cit.*: 32).

Conforme las necesidades fueron apremiando en la sociedad de la región debido al crecimiento demográfico y al establecimiento de mejoras sanita-



Figura 2. El sistema de riego que incluía una noria en lo alto y un gran tanque surtidor de bebederos y canales para el riego por gravedad, junto con la noria, contribuyó al desarrollo de la ganadería y las hortalizas en la región.

Fototeca Pedro Guerra.



Figura 3. La bomba de agua movida con vapor desplazó a la noria para el desarrollo de la industria henequenera en el siglo XIX.

Fototeca Pedro Guerra, UADY.

rias, se buscaron a la vez las formas posibles de almacenar el agua de lluvia y facilitar el abastecimiento. En ese sentido, un dato relativamente temprano se tiene para octubre 11 de 1827, cuando el Congreso estatal decretó la construcción de una “caja de agua” en el pueblo de Bolonchenticul, en Campeche, así como la búsqueda de una posible fuente del líquido por parte de los vecinos para la apertura de un pozo y que, en caso de éxito, el gobierno aportaría una máquina para la extracción del agua, añadiendo que “se hace extensiva esta medida a los demás pueblos del Estado que” lo requiriesen.⁷

La “maquinaria” a la que se refería el decreto debió de tratarse de una noria puesto que fue hasta el 16 de diciembre de 1856 cuando el gobierno del estado concedió al señor Manuel Encarnación Ávila, vecino de la capital yucateca, patente para el perfeccionamiento de una máquina hidráulica para extraer agua de los pozos comunes.⁸ En relación con ello se sabe que se tuvo que esperar la llegada del año 1865 para que se instalase en la hacienda “Acú”, Yucatán, la primera bomba de agua, tecnología que empezó a desplazar aquella técnica de extracción de agua. En efecto, señala Cámara Zavala, la instalación de bombas de agua movidas a vapor desplazó en gran medida, aunque de manera lenta, el uso de las norias (Cámara, 1936: 14).

⁷ Colección de Leyes y Decretos, *op. cit.*, tomo II, pp.80-81.

⁸ Colección de Leyes, Decretos y Órdenes del Augusto Congreso del Estado libre de Yucatán, Mérida, tomo II, 1832, p. 80.

⁹ Por ejemplo, ver *El Reproductor Campechano*, Campeche a enero 26 de 1890.

Para 1876 en el Primer Calendario de la Liga Meridana de Cantón, editado por José Tiburcio Cervera, se notificaba un registro del año anterior de 229 máquinas de vapor para mover raspadoras de henequén en las fincas rústicas de Yucatán, de las cuales 35 contaban adicionalmente con bombas extractoras de agua (Irigoyen, *op. cit.*: 87). A partir de entonces los periódicos de la época incluirían numerosos anuncios acerca de las ventajas de la adquisición y uso de aquella novedad tecnológica.⁹ Figura 3.

No obstante, el mecanismo de las norias no desapareció tan pronto, y también, en algunos casos, se actualizó en lo posible. De tal manera que para 1865, el mismo año de la puesta en marcha de la primera bomba de agua en una hacienda, la prensa local informaba a sus lectores el arribo de una noria especial traída de Europa para extraer agua del pozo público de Tekax (Irigoyen, *op. cit.*: 82).

En el caso de las norias, a pesar de que provenían de años atrás, su importancia como fuente de agua era latente. Por ende, para la custodia y conservación de las mismas en los poblados del interior del estado se elegía una autoridad denominada “alcalde de noria”, tal vez el mismo encontrado en otros casos como *Canan Chén*, “cuidador del pozo” (*Ibidem*: 84). El viajero estadounidense John Lloyd Stephens, en su descripción del poblado de Nohcacab a mediados del siglo XIX, apuntó que el puesto era codiciado ya que el funcionario en el cargo, responsable del mantenimiento, limpieza y buen estado de los pozos de las norias, gozaba



de la excepción de ciertas obviaciones y obligaciones impuestas al resto de la comunidad. Quienes quisieran tener acceso al agua debían entregar un puñado de maíz o una rama de árbol de ramón por cada cántaro que llenasen, para la alimentación de los animales de tracción de la noria. Por su parte, los foráneos que transitaban por el lugar pagaban por el agua a razón de dos centavos por cada caballo que bebía en los depósitos donde se acumulaba el líquido (Stephens, 1984, I: 184-185). Figura 4.

AGUA, CONTROL SOCIAL, CONSECUENCIAS Y PRECAUCIONES

El agua era motivo de disputa en las haciendas, tanto para el sustento de los habitantes como para el fomento de la ganadería. Ejemplos de esa apropiación y control del agua se dio en las haciendas Kanchén y San Antonio Chablé, en Yucatán, las cuales contaban para 1833 con 15 pozos para abastecer a una población de cerca de 400 personas, la

Figura 4. Aguada en un rancho de Yucatán. Entre 1821 y 1847, la pérdida de recursos de las comunidades originó una crisis entre diversas poblaciones. Se dejaron de ceder a los particulares algunas aguadas, aduciendo que eran necesarias para los lugareños, lo que derivó en el afianzamiento de la propiedad territorial en detrimento de la antigua costumbre de aguas comunes que imperó durante los tiempos de la colonia.

Fototeca Pedro Guerra, UADY.



Figura 5. La apropiación de las fuentes naturales y la apertura de nuevos pozos por parte de los hacendados también fue un medio de control de la población en el siglo XIX, y aun desde el periodo colonial.

Fototeca Pedro Guerra, UADY.

primera, y la segunda, que comprendía entre sus terrenos 15 cenotes, más algunas aguadas, manantiales y otros pozos (Bracamonte, *op. cit.*: 34).

La necesidad de este recurso y a la vez la falta de él ocasionaron una fuerte disputa entre los habitantes de los poblados y los hacendados por su control. De hecho, con el fin de evitar ese problema, las haciendas, al igual que lo hacían desde antaño los poblados, comenzaron a proliferar en derredor

de un cenote o una aguada para así asegurarse del líquido necesario. En consecuencia, esas fuentes de agua pasaron a ser disputadas entre los pueblos y los terratenientes, pero a la vez entre el sector de estos últimos. Esto trajo como resultado la pérdida progresiva de los recursos de las comunidades mayas y, por ende, también las disputas entre ellas. Bracamonte reporta que entre 1821 y 1847 el detrimento de recursos por parte de las comunidades originó una crisis entre diversas poblaciones presionadas, pues se dejó de ceder a los particulares algunas aguadas, aduciendo que eran necesarias para los lugareños, lo que derivó al afianzamiento de la propiedad territorial en detrimento de la antigua costumbre de aguas comunes que imperó durante los tiempos de la colonia (*Ibidem*: 35-36).

En referencia a la pérdida mencionada por parte de los mayas, cabe destacar que los análisis históricos realizados en torno de la llamada Guerra de Castas (1847-1901) subrayan el despojo de tierras de las comunidades indígenas para satisfacer las necesidades de los terratenientes, entre las principales causas del conflicto, pero no se hace el pertinente señalamiento acerca de las fuentes de agua en ellas existentes y su importancia capital (Güemez, 1987: 54; Rugeley, 1996:127-128). Patch, en un estudio, demuestra de manera clara la existencia de un proceso de enajenación de tierras y la escasez de ellas, aunque, como se ha apuntado, también obvia el asunto de las fuentes de agua (Patch, 1983: 22). Figura 5.

El control de los trabajadores mediante el abastecimiento de agua fue un asunto que no comenzó a darse en tiempos independientes de la centuria del XIX sino que provenía desde épocas coloniales, así se denota, por ejemplo, en lo expuesto por el sacerdote de Yaxcabá, Bartolomé del Granado Baeza, quien le informaba al obispo en 1813, que los trabajadores de las haciendas llamados luneros vivían en esas unidades económicas “por el terreno que habitan, por la tierra que cultivan para sí y por las aguas que les franquea el dueño de la hacienda”. Recibían su nombre ya que le daban de servicio al patrón el día lunes, pudiendo cambiarse por un real de plata, aunque al parecer lo más usual era hacerle cada año “veinte mecates de milpa roza y veinte de caña”.¹⁰

A mediados del siglo XIX, Stephens señalaba que las copiosas lluvias caían en la región peninsular en el lapso de abril a octubre, y que la temporada de secas abarcaba los restantes meses del año; esto ocasionaba que se tomaran medidas precautorias, apuntando que los propietarios de haciendas y de ranchos tenían en sus posesiones grandes recipientes para almacenar el agua, la cual distribuían entre los individuos que laboraban con ellos. Ese control del

¹⁰ “Informe dado por el cura de Yaxcabá en contestación al interrogatorio por el Ministerio de Ultramar”, *Registro Yucateco*, t. I, Mérida, 1947, pp.165-178, consulta digital Biblioteca Yucatanense, clasificación XIX-1978-054.

¹¹ Sobre el tema, ver: Piqueras, José (Prólogo), Funes Monzote, Reinaldo, *De bosque a sabana. Azúcar, deforestación y medio ambiente en Cuba: 1492-1926*, UQROO, Siglo XXI, México, 2005:17.

líquido, añade el viajero, ocasionaba una relación de dependencia de los trabajadores mayas, llegando a comparar al propietario yucateco con un señor feudal del medioevo europeo (Stephens, *op. cit.*:184).

Esa situación trasluce que las fuentes del agua, como expresión del ecosistema, fueron puestas al servicio de una determinada concepción económica: de valor de uso, pasaron a tener un valor de cambio mediante la mercantilización del suelo y de los recursos naturales, a través de un proceso de individualización de la propiedad que dejaba atrás a los sistemas agropecuarios de subsistencia comunitaria.¹¹

Por su parte, las notas del cura Granados Baeza y de Stephens dibujan una situación donde el controlador y acaparador del agua manejaba la relación establecida con el hombre maya acorde con las necesidades de quien no tenía o ya había perdido el control sobre alguna o algunas fuentes de abastecimiento permanentes de agua, en especial en las regiones en las que el agua subterránea se encontraba a varios metros de profundidad.

El viajero estadounidense apuntó en su texto referente al norte peninsular la existencia de cenotes, aguadas, pozos y grutas, a donde los mayas acudían a aprovisionarse de agua para su sustento, así como también la existencia de norias de tracción animal. Para algunos puntos de la costa, Stephens indica la existencia de ojos de agua dulce como medio de abastecerse del líquido. Aquellos eran aprovechados como puntos de importancia para el abastecimiento de las vigías instaladas desde tiem-

pos de la administración española en la región y que perduraron hasta el siglo XIX inclusive (*Ibidem*).¹²

De manera similar, en la segunda mitad del siglo XIX, el investigador francés Desiré Charnay apuntó en referencia a los trabajadores mayas que cuando éstos se casaban y tenían familia la necesidad de agua era mayor; por ende, para conseguirla, estaban obligados a redoblar esfuerzos en el trabajo y “sembrar y cosechar veinte mecates de maíz para el amo teniendo cada mecate veinte y cuatro varas en cuadro” (Charnay, 1933:8).

Como consecuencia de la apropiación de las fuentes naturales y de la apertura de nuevos pozos, los hacendados se dieron a la tarea de controlar a la población y los productos cosechados mediante la venta del agua en las poblaciones circunvecinas que carecían de ella. De tal forma, Bracamonte indica que el agua se cambiaba por lo general por maíz, fuera ya para el abastecimiento de los sirvientes o con intenciones de introducirlo en el mercado (Bracamonte, *op. cit.*: 36).

La situación se recrudecía en tiempos de sequía, pero si ésta era prolongada, también se perdían las cosechas, el ganado moría y los mayas diezmados también abandonaban las tierras para

¹² Sobre las vigías, ver, Victoria 1999: 24 y ss.

¹³ Regil, José María y Alonso Manuel Peón, *Estadística de Yucatán publicada por acuerdo de la Secretaría de Geografía y Estadística*, México, 1853, s.n; Güémez, *op. cit.*: 70.

¹⁴ *Yucatán, Secretaría General de Gobierno, Memoria leída ante el agosto congreso extraordinario de Yucatán, por el secretario general de gobierno, el día 18 de septiembre de 1846*, Imprenta de Castillo y Compañía, Mérida, 1846, s.n.1977, II: 219-222).

trasladarse a montes en mejores condiciones, tal como sucedió entre 1800 y 1804. Otras sequías severas se dieron en 1836, 1842, 1844 y 1854 (*Ibidem*: 25, 216, 223).

A pesar de las limitaciones por faltantes de cifras que se presenta en la Estadística de Yucatán de 1853, es posible hacerse una idea de la geografía que abarcaba este sistema económico social que debió compartir características como las indicadas líneas arriba. Así, es notorio que en los partidos de Mérida, Camino Real Bajo y Sierra Baja, así como en los partidos de Izamal y Beneficios Bajos se concentraba el 69.82% del total de las haciendas de la Península. Respecto de los ranchos, huertas y otras propiedades rústicas, destacaron los partidos de Valladolid y Espita, así como los de Sierra Alta y Beneficios Altos que juntos agrupaban 351 establecimientos que representaban poco más de 80% de la totalidad.¹³ En la Memoria del gobierno en 1846, se decía que “las haciendas de campo en lo general están pobladas de ganado vacuno, caballar y mular y los habitantes del partido, capaces de trabajo, son naturalmente inclinados a la agricultura y comercio”.¹⁴ Los datos indican que el abastecimiento de agua para las bestias y el campo debía estar en mayor o menor medida resuelto, sin duda más allá de la esperanza puesta en la estación de lluvias.

Regil y Peón en su *Estadística* señalan que uno de los obstáculos mayores para poder desarrollar mejor la cría de ganado vacuno en la región era la falta de agua suficiente para cultivar pasto. Agregaba-

ban que en la parte más poblada de la Península, donde la mayoría de las haciendas estaban situadas, no se encontraba agua a flor de tierra y era necesario sacarla por medio de norias que surtían a los abrevaderos (Regil y Peón, *op. cit.*: 281).¹⁵

La ausencia, y también su abundancia a grado extremo, traía consecuencias desmedidas de diversa índole. Así, para esa centuria Güémez encuentra que las sequías, los excesos de lluvia y las epidemias que afectaron la producción de la milpa constituyeron circunstancias que alentaban el robo de ganado por parte de la población indígena (Güémez, *op. cit.*:139). Ante el panorama bosquejado, con seguridad también el control de las aguas por parte de los hacendados contribuyó a la práctica del abigeato.

Por su parte, al hablar del agua en las haciendas decimonónicas, el historiador Suárez Molina indicaba lo siguiente:

No faltaba, como era natural, la noria o norias, generalmente en alto, de donde salían ramales de cañerías que como arterias del cuerpo humano repartían las aguas y con ellas la vida y la fertilidad por todas partes, proporcionando agua al estanque y de éste, o directamente, a las huertas, a los bebederos de los corrales, pilas exteriores, etc. (Suárez, *op. cit.*, p. 150).

.....

¹⁵ Suárez indica que por lo regular el ganado pastaba suelto por los campos de las fincas y por caminos y tierras del dominio público bajo la custodia de los vaqueros. Sólo se concentraba en las haciendas para acudir a los abrevaderos en la época de seca, cuando escaseaba el líquido por donde pastaba (Suárez Molina, 1977, II: 219-222).

Charnay bosqueja algo semejante cuando escribe acerca de la hacienda Lepán, Yucatán, y de sus numerosos y pequeños canales para distribuir el agua en los terrenos sembrados (Charnay, *op. cit.*: 4). El viaje realizado por el francés en 1866 es indicador de que para esa fecha el sistema de riego por canales o caños estaba ya cimentado en el mundo rural yucateco.

Suárez añadía que no faltaba tampoco la presencia de aljibes para captar el agua de lluvia, la cual servía como agua potable en la casa principal de las haciendas (Suárez, *op. cit.*: 151).

A manera de síntesis del panorama imperante en el campo de Yucatán en cuanto a las aguas, las palabras de Charnay pudiesen resumir de manera ilustrativa la situación. Al respecto del ciclo pluvial anual, apuntó que “la abundancia reina apenas en la estación de lluvias”, dando a entender que de la buena ventura de los meses que abarcaba, residía en mucho la sobrevivencia de la región. Pero, por otra parte, el viajero tampoco dejó de percibir los esfuerzos de los yucatecos por encontrar otra vía de abastecimiento del líquido vital. Así, escribió: “Yucatán progresa y adelanta; el silbido de la máquina de vapor ha reemplazado al bramido de la rana” (Charnay, *op. cit.*: 5-6). Una alusión que pudiese traslucir el reemplazo de las ceremonias ancestrales, al menos por algún sector, por la llegada de modernas máquinas que ayudaban a sacar el agua del subsuelo.

Las dos últimas décadas del siglo XIX yucateco se vieron favorecidas por el inicio del auge



Figura 6. El agua de lluvia almacenada era transportada en barriles para ser vendida en las casas, de manera similar a estas carretas, preparadas para abatir los incendios en la capital de Yucatán. Fototeca Pedro Guerra, UADY.

del henequén, planta que no requiere de mucha agua para su desarrollo. Aunque ya se producía en pequeña escala, la demanda internacional del producto impulsó la mecanización del proceso de desfibración, a las que contribuyeron algunos inventos como la “rueda Solís” y la “rueda vencedora”, con

.....
¹⁶ Canto Sáenz, Rodolfo, *Del henequén a las maquiladoras*, libro digital: biblio.juridicas.unam.mx/libros/libro.htm=1732. pp. 55-56.

esta última se logró desfibrar 20,000 pencas de henequén por hora.¹⁶ En consecuencia, la aparición de las tecnologías asociadas a la productividad, constituyeron importantes elementos para la ampliación de la capacidad de agave de las haciendas y para el acceso a los recursos, en este caso la tierra, en zonas más distantes.

La zona donde se cultivó en gran escala el henequén fue la parte norte y noroeste de la Península

la, zona que comprende la mayoría de los cenotes de la región peninsular. El requerimiento de más tierra por parte de las haciendas obligó a ejercer presión en las comunidades indígenas para el uso o apropiación de suelos que en muchas ocasiones tenían fuentes de agua.

EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LAS CIUDADES: MÉRIDA Y CAMPECHE

Los dos principales centros urbanos de la península yucateca, a la par de pozos, ya contaban desde antaño con aljibes como forma de aprovisionamiento del agua proveniente de las nubes; Campeche en urgencia por la salinidad del agua del subsuelo.

A pesar de no tener la información en cuanto al uso particular de los aljibes, Irigoyen señala que en la segunda mitad del siglo XIX el señor Gregorio Torre mandó construir el primero de ellos con finalidades comerciales establecido en Mérida, en el predio de su propiedad marcado con número 535 de la calle 59. El segundo aljibe se dice que fue construido por el mentado Torre en el entonces Instituto Literario para varones y que el tercero estuvo en la finca San Antonio Chucuxin, donde se instalaría con el tiempo el Seminario Conciliar. Irigoyen apunta que el señor Torre puso como condición para construir esos aljibes que se le permitiese la venta del líquido, cosa que se hacía en “anclotes” a medio real cada uno, que eran conducidos en carretas (Irigoyen, *op. cit.*: 83).

La construcción de aljibes de mampostería en la ciudad de Mérida puede servir de indicador de que la sociedad económicamente pudiente de ese entonces, tal vez tenía ya conciencia empírica de que los pozos comunes estaban permanentemente expuestos a ser contaminados, sobre todo por la experiencia de las epidemias de cólera morbus de 1833 y 1853; o bien, por preferencia al sabor del agua de lluvia, o la moda entrante. Para ello se aprovechaban los techos de mampostería de las casas adaptándoles un sistema de tubería de hojalata que conducía el agua captada a los depósitos calados en el piso de las viviendas, muchas veces al interior de ellas. En ocasiones tenían capacidad para almacenar cantidades de agua suficiente para su uso fuera de la temporada de lluvias, e incluso vender el excedente (*Ibidem*: 84). Esa costumbre siguió por muchos años ya que para la década de 1940 aún se ofertaba agua de lluvia en Mérida, la cual se repartía en carros denominados popularmente como “Pipotes”, según se dice “poco eficientemente controlados por las autoridades sanitarias” (*Ibidem*: 88). Figura 6.

La modalidad de los aljibes caló en la costumbre de los yucatecos de principios del siglo XX y cuando las posibilidades económicas a raíz de la industria henequenera lo permitieron, numerosas personas invirtieron capitales en la construcción de esos recipientes en metal, facilitando con ello la venta del líquido por los distribuidores a domicilio. Esa oferta conllevó a su vez a extender el bene-



Figura 7. Mérida, la Ciudad de las Veletas. A mediados del siglo XIX la industria henequenera impulsó el uso de la bomba de vapor para la extracción de agua del subsuelo y poco tiempo después se empezó a usar la veleta.

Fototeca Pedro Guerra, UADY.

ficio sanitario del agua a sectores más amplios de la sociedad, siempre y cuando se mantuviese limpio el contenedor y el barril en el que se transportaba (*Ibidem*: 84). Figura 7.

Coexistiendo y complementándose con los aljibes, el siguiente paso de la modernidad para la extracción de agua del subsuelo fue la utilización de la fuerza del viento, la cual revolucionó de manera radical dicha operación. En Mérida, la familia de inmigrantes alemanes Crassemann empezó a operar en el patio de su casa el 30 de marzo de 1880 la primera veleta o molino de viento que existió en el estado. Ello fue un nuevo rumbo en la faena de la obtención del líquido (*Ibidem*: 83). Ante ese hecho, Irigoyen apuntó: “ya no sería la fuerza de sangre animal o humana la que aportaría energía esa función sino la natural del viento” (*Ibidem*).

Pero según parece, para 1889 la veleta de los alemanes ya había dejado de trabajar puesto que para ese año se decía que el único molino de ese tipo existente en la ciudad estaba instalado en la residencia del rico hacendado don Eusebio Escalante, ubicada en la calle 60 (*Ibidem*: 84). Figura 8.

A pesar del nuevo impulso, su generalización no fue de manera inmediata debido al alto precio que implicaba la estructura metálica, por lo que el 9 de junio de 1886, el gobierno del estado le otorgó al señor Nicanor Espinosa Trava la concesión exclusiva de la venta de agua extraída de norias por seis años (*Ibidem*: 83).

Con el paso del tiempo y la adecuación de la vida a los avances tecnológicos, las casas ferreteras de Mérida y Campeche comenzaron a recibir demandas de veletas y poco a poco comenzó a poblarse el horizonte de esas ciudades y algunos lugares del interior peninsular con altas estructuras metálicas que facilitaban sobremanera la obtención del preciado líquido.

La existencia de pozos facilitó la instalación de veletas puesto que ya existía la fuente de agua, aunque no en todos los casos se hizo. El explorador Federico de Waldeck, durante su viaje a la península en 1834 y 1836, apuntó que en Campeche, al menos las principales casas, “todas tiene pozos” (Waldeck, 1992:71), se trataba de los hogares de los comerciantes, la gente adinerada o con recursos, tal vez las mismas que con los años contaron con las máquinas de viento.

En el ocaso de la centuria decimonónica e inicios de la siguiente, se puede imaginar a Campeche y Mérida con sus horizontes irrumpidos por las veletas. La primera ciudad contó con menos número de ellas, ya que se debían hacer pozos más profundos. En contraparte, proliferaron los vendedores de agua de lluvia, la cual se repartía en pipas de tracción animal. La población que no contaba con un aljibe o una veleta, se veían entonces en la necesidad, si era su gusto, de adquirir a los ofertantes el líquido vital. En la segunda ciudad, con el manto freático a escasos metros de profundidad y con parte de la sociedad con posibilidades económicas gracias al auge henequenero, la cantidad de



Figura 8. Ex-Ciudadela de San Benito con torre-tanque de agua. Instalaciones de la “Merida Yucatan Water Company”, que en 1907 inició la extracción de agua de niveles freáticos más profundos para su venta. Fototeca Pedro Guerra, UADY.

las torres de acero que llegó a tener (6,547) ocasionó que recibiese el sobrenombre de “Ciudad de las Veletas”, puesto que se divisaban por cualquiera de los cuatro puntos cardinales y entradas a la ciudad (Irigoyen, *op. cit.*, 84-85). No obstante aquello, con ese auge debió convivir un sector poblacional que no tuvo acceso a los beneficios de la tecnología, y continuó obteniendo agua para su sustento a través de pozos, cenotes y que ante las vicisitudes sólo podían elevar sus oraciones para la petición de lluvias en sus ceremonias y ritos de antaño.

Por su parte, la población de Payo Obispo, hoy Chetumal, capital del estado de Quintana

Roo, fundada en 1898, con un contacto distante de las dos ciudades señaladas e interacción con la colonia británica de Belice recolectaba el agua de lluvia en depósitos de madera llamadas “curbatos” (Uribe, 1993: 78).

Las veletas comenzaron a desaparecer cuando se construyeron los abastecimientos de agua entubada y las autoridades sanitarias prohibieron el uso de aljibes, lo que ocasionó que muchos de ellos se utilizaran como fosas sépticas recolectoras de aguas negras (*Ibid.*). Figura 8.

El desarrollo del mecanismo para la captación y el almacenamiento del agua debió contribuir

para otra actividad que empezaba a ser notoria en Yucatán: el turismo. Así, en las dos últimas décadas del siglo XIX comenzaron a surgir en Mérida los primeros hoteles con instalaciones rudimentarias, localizados en viejos inmuebles, pero con la pretensión de ofrecer al visitante lo mejor posible en su servicio. Un anuncio de la época indicaba que se ofrecía como atractivo “baños en regadera de alta presión, de ducha y de placer” (Suárez, *op. cit.*, 82).

De manera semejante, se piensa que algunos cenotes dejaron de ser, de manera parcial al menos, fuentes de abastecimiento, para otorgarles un uso de recreación. Tal es el caso del cenote de la esquina del Tívoli, calle 62 por 49, en Mérida, que en 1898 se anunciaba en la gaceta municipal en espera que sus transparentes aguas recibiesen a los bañistas.¹⁷ En otros casos fueron utilizados como fosas sépticas y destino de todo tipo de desechos.

A MANERA DE COLOFÓN: EL AGUA POTABLE

En los últimos años de la centuria decimonónica entre los meridianos más progresistas y pudientes comenzó a gestarse la idea de formar una empresa que estableciera el servicio de agua potable en la capital del estado, a la par de los cambios y transfor-

¹⁷ Gaceta *El Municipio*, H. Ayuntamiento de Mérida, 8 de mayo de 1898: 4.

¹⁸ Para mayores datos acerca de este punto, consultar Irigoyen, *op. cit.* 90.

maciones que el auge del agave traía a la región. De manera paradójica, no fue la satisfacción sanitaria lo que originó la creación de un gran depósito de agua desde el cual partiese el servicio para parte de la ciudad, sino la serie de veinte incendios de casas comerciales, almacenes, industrias, etc., imposibles de apagar con la forma de recolección y almacenamiento del agua que funcionaba entonces, impotente ante el avance rápido del fuego.¹⁸

Con esa idea, la casa comercial Guerra y Compañía se puso en contacto con agentes en Nueva York en agosto de 1903 solicitando información para establecer en Mérida el servicio de agua potable que, partiendo de un recipiente, circulara con la presión necesaria por cañería subterránea a través de las calles, con la potencia necesaria para ascender a las azoteas de los más altos edificios de la ciudad (*Ibidem*: 90).

El Ayuntamiento de Mérida otorgó el día 8 de enero de 1904 la concesión para instalar en la ciudad el servicio de agua potable. Dos años más tarde, aprovechando el declive de la zona en la distribución de líquido, comenzaron los trabajos en la explanada de la ex-Ciudadela, teniendo que llegar hasta la laja atravesando el basamento artificial precolombino. Ahí se estructuró la base de concreto del depósito, con 300 metros cúbicos para soportar un peso de 885 toneladas (*Ibidem*: 90-91).

El cilindro de acero de almacenamiento tuvo 7.60 metros de diámetro, una altura de 33.50 me-

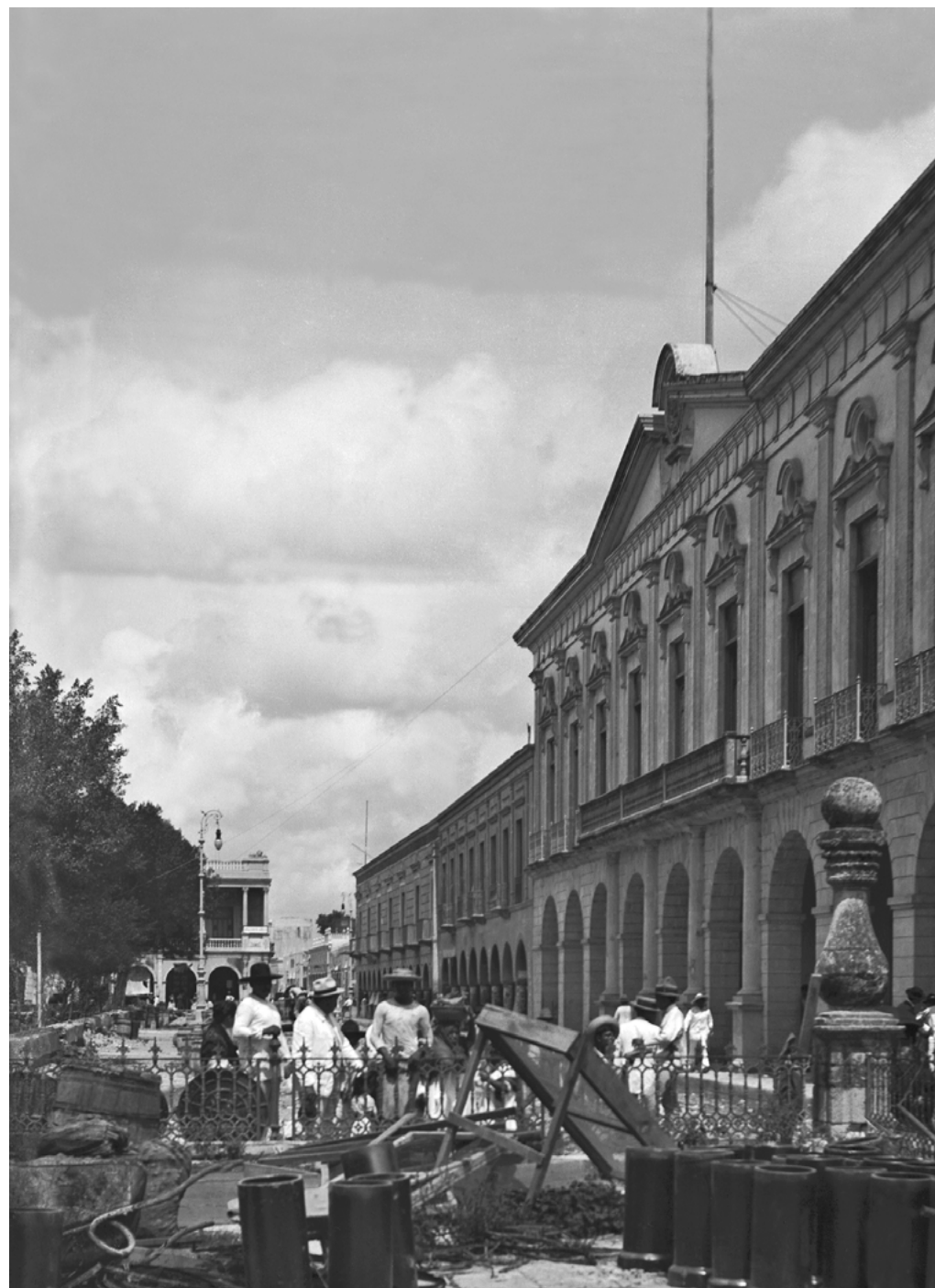


Figura 9. Fachada del Palacio de Gobierno desde el atrio de la Catedral.

Introducción del servicio público de agua a la ciudad de Mérida a principios del siglo XX. La ampliación de la red marchó con lentitud y fue hasta la década de los 60 que se introdujo el agua potable en varias poblaciones.

Fototeca Pedro Guerra, UADY.

tros y capacidad para 1, 520,000 litros de agua. La parte inferior del recipiente era de material grueso, disminuyendo a medida que ganaba altura. En la parte superior del mismo y en toda su circunferencia contaba con una tela metálica protectora de 40 centímetros de grosor que impedía la entrada de toda clase de insectos pero si la ventilación del contenido. Cerca del fondo del depósito se colocó la llave maestra de 18 pulgadas inglesas (*Ibidem*: 91). Figura 9.

Así, después de un largo recorrido por diversas formas de aprovisionamiento de agua en el derrotero del siglo XIX, y de la creación de la infraestructura para hacer posible la realización de la idea, el 2 de agosto de 1907 se inauguró el sistema de agua potable de Mérida, abarcando 12 manzanas concluidas y pasando frente a otras 14 por un solo costado, abarcando por entonces al sector más importante de la rica ciudad peninsular: entre la calle 59 al norte y la 54 al oriente, de la calle 65 al sur y de la 62 al poniente (*Ibidem*).

Para la satisfacción del objetivo primario por el que se gestó la idea, se instaló en cada cruceamiento de calle una toma de agua cuya llave quedó en manos de personas o establecimientos previamente designados por el Ayuntamiento o por el servicio municipal de incendios (*Ibidem*).

CONSIDERACIONES

Debido al difícil acceso del líquido necesario para la vida, su poseedor, en cualquiera de las épocas de la historia, concentra en su persona una estrategia de poder para controlar, manipular y mandar a los que no tienen acceso a ese preciado recurso. El caso de la península yucateca se ejemplifica a través de la historia maya precolombina y la administración española en la región, y tampoco fue la excepción parte de la etapa independiente. Las características geológicas de la región le asignaron la particularidad de una ausencia de agua en su superficie, interrumpida únicamente por fuentes de agua que el tiempo y el desgaste del terreno calizo han ayudado a descubrir en forma de grandes pozos llamados cenotes, así como las aguadas.

Como se ha observado, la irrupción de la vida colonial en los inicios del siglo XIX y la entrada a un proceso de independencia, no acarrió al pueblo maya una situación alejada de los siglos de coloniaje español. En el caso del agua, su abastecimiento y control en las regiones en las que el manto freático se encontraba a grandes profundidades, se mantuvo a través del aprovechamiento de aguadas y el almacenamiento de aljibes, con ceremonias petitorias a las antiguas deidades del agua, aunque en ciertos casos con un tamiz ajeno a patrones mayas, o bien una conjugación de dioses de los mismos y los santos del panteón católico, a los cuales se les imploraba para que enviasen a las milpas el beneficio de las lluvias.

Coexistiendo con lo anterior, los añejos recursos de los pozos artificiales y el mecanismo de la noria para la obtención del líquido siguieron de la mano a través de los años decimonónicos hasta que los vientos de modernidad, nunca mejor dicho en razón de las veletas, rebasaran su uso.

Pero ese devenir de mecanismos o tecnologías se trasluce siempre en un control de una parte de la sociedad, la no propietaria de los mecanismos de obtención del preciado líquido, tal como se ha visto en el texto. La otra cara de esa situación es que, como señala Barnet, los individuos que padecen pobreza, en este caso los mayas u otros grupos, como mestizos o afrodescendientes, se convierten al mismo tiempo en agentes y víctimas de lo que se pudiese llamar la degradación ambiental de ese tiempo (Wolfensberger, 2005: 94). Las personas sin posibilidades económicas conducían o vertían (y en el campo se sigue haciendo) sus aguas negras y desechos fecales a los cenotes y pozos, de los cuales sacaban el líquido que tenían de alimento. Esto no quiere decir que los dueños de tierras, ranchos y haciendas no lo hicieran, pero éstos podían gozar de los avances sanitarios de la modernidad, como el agua en aljibes y áreas especiales para el excusado.¹⁹

.....
¹⁹ Como ejemplo de la contaminación de los mantos freáticos en Mérida hoy día, el agua que se obtiene para el consumo humano proviene de una profundidad de 40 metros, los mantos localizados a la mitad ya no son adecuados para beber (Capurro, Luis, www.jornada.com.mx/investigación/ciencias-quimicas-y-de-la-vida/investigacion).

Así mismo, por lo general, los mayas esperaban la benefactora lluvia que les permitiera levantar sus cosechas y a su familia, y cuando esto no ocurría, como apuntó un viajero, no tenían otra posibilidad que quedar retenidos en las haciendas a manos del controlador de las aguas existentes en las cercanías. O bien, vender a precios seguramente irrisorios sus productos a cambio de aquella.

En otros casos, cuando los pozos y norias eran administrados por la comunidad, si bien el líquido era repartido entre sus miembros, es de subrayar el papel simbólico que tenía el ser el encargado del mismo y de las excepciones que conseguía, e incluso en el reconocimiento a sus actos, seguramente en beneficio del común, en la concesión de un pozo. El agua se convertía así, de un preciado líquido a un elemento de reconocimiento social que trasluce su importancia capital para ese grupo.

En el campo yucateco los avances tecnológicos implementados a través de la centuria polarizaron aún más a la sociedad ya que por la escasez de agua su obtención por medios mecánicos era realizado por gente con recursos y en sus propiedades. Pero también se convirtió en un elemento de disputa no sólo entre los hacendados y los mayas sino también entre el gremio de los primeros y las diversas comunidades de los segundos.

Otra segmentación posible de señalar es la que existió entre el campo y las ciudades. En estas vivían los dueños de las haciendas y se procuraban beneficios difíciles de encontrar en el área rural. En

las ciudades apuntadas, Mérida y Campeche, también es posible dibujar una segmentación social a raíz de la modernidad en la obtención del agua, ya que quien no contaba con los recursos económicos para tener, por ejemplo, un aljibe, no tenía otra manera de hacerse del agua que comprándola o conseguirla por otra vía. Esa división se reflejaba con seguridad en las condiciones de salud de la población, pues los avances también iban de la mano de mayores y mejores requerimientos mientras que los cenotes y los pozos con aguas no profundas, con certeza denotaban rasgos de contaminación de diverso origen.

La instalación del sistema de agua potable en Mérida en los albores del siglo XX vino a suplantarlo paulatinamente al sistema de molinos de viento que durante décadas modificaron la fisonomía de la ciudad, pero de nueva cuenta una lectura a los beneficios de ambos sistemas se traduce en que la población maya no tuvo acceso a aquellos. Cuando mucho, se pudieron beneficiar en la compra del agua de pozo. En el caso del sistema entubado seguramente debieron de pasar muchas décadas antes de tener acceso al líquido por esa vía y por ende a mejores condiciones sanitarias.

En lo referente a la contaminación, en fechas últimas las investigaciones han revelado que la contaminación en los cenotes y pozos peninsulares ha aumentado de manera alarmante, y gran parte de las enfermedades de la población rural son producto del consumo del agua con sustancias

perjudiciales para la salud, como las enfermedades intestinales (Méndez, 2012: 82), y hasta cáncer, por una mayor proliferación de residuos de pesticidas (Polanco, 2011: 136). Sin duda que una mirada retrospectiva a la salud pública sobre todo en el campo yucateco arrojará una gran incidencia de enfermedades relacionadas con la contaminación del líquido.

Por otra parte, si algo enseña la historia es el dar ejemplos del pasado para no cometer de nuevo los mismos errores. La escritura del texto trajo a la mente que, de manera inversa a su superficie, la Península guarda en sus entrañas uno de los mayores depósitos de agua potable del mundo, la cual ya ha sido visualizada por potencias económicas para un futuro no lejano. Es urgente entonces hacer de ese recurso un bien sustentable y, a la vez, evitar que las próximas generaciones de yucatecos sean controladas o sometidas a raíz de la propia riqueza de los mantos freáticos.



Figura 10. Durante buena parte de esta centuria las técnicas introducidas en el pasado, concernientes a las norias y los pozos, seguirían como principales sistemas de extracción del agua subterránea por parte del pueblo yucateco rural y ciudadano, acompañadas por la espera de las lluvias en los periodos correspondientes. Imagen Fototeca Pedro Guerra, UADY.

REFERENCIAS

- Barrera Vázquez A. et al. 1980. *Diccionario Maya-Español Cordemex*, México.
- Bassol Batalla Á. 1967. *Recursos naturales (clima, agua, suelos)*, México. Editorial Nuestro Tiempo.
- Bracamonte y Sosa P. 1993. *Amos y sirvientes. Las haciendas de Yucatán, 1789-1860*, Mérida, Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Cámara Zavala G. 1936. Mérida, *Reseña histórica de la industria henequenera de Yucatán*, Imprenta Oriente.
- Carrillo y Ancona C. 1979. *El Obispado de Yucatán. Historia de su fundación y de sus obispos*, 3 tomos, Mérida, Edición facsimilar de 1895, Fondo Editorial del Estado de Yucatán.
- Colección de Leyes, Decretos y Órdenes de Tenencia General, dictadas por el Augusto Congreso del Estado de Yucatán en sus sesiones ordinarias y extraordinarias, desde 20 de agosto de 1825 hasta 31 de octubre de 1827, 1828. 3 tomos, Mérida, Gobierno del Estado.
- Colección de Leyes, Decretos y Órdenes del Augusto Congreso del Estado libre de Yucatán, 1832. 3 tomos, Mérida, Gobierno del Estado.
- Charnay Désiré C. 1933. *Viaje a Yucatán a fines de 1866*, traducción de Cantón Rosado, Francisco, Mérida, Yucatán, Talleres Guerra.
- Funes Monzote R. 2005. *De bosque a sabana. Azúcar, deforestación y medio ambiente en Cuba: 1492-1926*, UQROO, México, Siglo XXI.
- García Quintanilla A. 1986. *Los tiempos en Yucatán. Los hombres, las mujeres y la naturaleza (siglo XIX)*, México, Universidad Autónoma de Yucatán-Claves Latinoamericanas.
- Gómez Sosa C. y Tec Cobá M. (coord.) 1992. *Ceremonias y creencias de origen maya*, México, Culturas Populares.
- Güémez Pineda A. 1987. *Resistencia indígena en Yucatán: El caso del abigeato en el distrito de Mérida, 1821-1847*. Tesis de licenciado en Ciencias Antropológicas, en la especialidad de Antropología Social, Mérida, Facultad de Ciencias Antropológicas de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Irigoyen R. 1970. *Bajo el signo de Chaac (monografía del agua potable en Yucatán)*, Mérida, Yucatán, Editorial Zamná.
- Méndez R.M. 2010. “La salud en Yucatán” en: Duran R. y Méndez M. (eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*, CICY, Conabio, Semarnat, PNUD.
- Molina Solís J.F. 1900-1910. *Historia de Yucatán bajo la dominación española*, 3 tomos, Mérida, Imprenta de la Lotería del Estado.
- Patch R. 1976. “La formación de estancias y haciendas en Yucatán durante la Colonia” (pp.9-20). *Cuatro ensayos antropológicos*, Mérida, Universidad de Yucatán.
- _____ 1983. “El fin del régimen colonial en Yucatán y los orígenes de la Guerra de Castas: los problemas de la tierra, 1812-1846” (pp. 17-26). *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas*, 10 (60).
- Polanco R.A. 2011. *Atlas de riesgo por contaminantes orgánicos persistentes –COPs– (pesticidas) y su relación a cánceres en Yucatán*, México, UADY-Conacyt. Yucatán, México.
- Regil J.M. y Peón A.M. 1853. *Estadística de Yucatán publicada por acuerdo de la Secretaría de Geografía y Estadística*, México.
- Rugeley T. 1996. *Yucatán's Maya Peasantry and the Origins of the Caste War*, USA, University of Texas Press, Austin.
- Sánchez de Aguilar P. 1937. *Informe Contra Idolorum Cultores del Obispado de Yucatán*, Mérida.
- Stephens J.L. 1982. *Incidentes del viaje a Yucatán*, 2 tomos, Mérida, Editorial Dante.
- Suárez Molina V. 1977. *La evolución económica de Yucatán a través del siglo XIX*, 2 tomos, México, Ediciones de la Universidad de Yucatán.
- Uribe González A. 1993. *Campeche-Ciudad del Carmen*, s.d.
- Victoria Ojeda J. 1999. *De la defensa a la clandestinidad. El sistema de vigías en Yucatán, 1750-1847*, Tesis de Doctorado, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Victoria Ojeda J. y Grosjean Abimerhi S. 2009. “Obras hidráulicas en la región serrana de Yucatán” (pp. 187-198), García Targa, Juan y Fournier García, Patricia, coordinadores, *Arqueología Colonial Latinoamericana. Modelos de estudio*, Oxford, BAR International Series 1988, Gordon House.
- Waldeck F. de. 1992. *Viaje pintoresco y arqueológico a la Provincia de Yucatán, 1834 y 1836*, México, Conaculta.
- Wolfensberger Scherz L. 2005. *Sustentabilidad y desarrollo*, México. Miguel Ángel Porrúa.
- Yucatán, Secretaría General de Gobierno. *Memoria leída ante el agosto congreso extraordinario de Yucatán, por el secretario general de gobierno, el día 18 de septiembre de 1846*, Imprenta de Castillo y Compañía, Mérida, 1846.

HEMEROGRAFÍA

- El Municipio*, gaceta del H. Ayuntamiento de Mérida, 8 de mayo de 1898.
- El Reproductor Campechano*, Campeche a enero 26 de 1890.
- Registro Yucateco*, “Informe dado por el cura de Yaxcabá en contestación al interrogatorio por el Ministerio de Ultramar”, Mérida, 1947.

ARCHIVOS ELECTRÓNICOS

- Canto Sáenz R. *Del henequén a las maquiladoras*, libro digital: biblio.juridicas.unam.mx/libros/libro.htm=1732.
- Capurro L. www.jornada.com.mx/investigación/ciencias-quimicas-y-de-la-vida/investigacion.
- Grosjean S. www.revistayucatan.com/v1/2012/07/17-secretos-de-los-cenotes-y-cuevas-del-mayab.
- www.mexicodesconocido.com/estancia-de-la-emperatriz-carlota-en-hacienda-mucuyceh.html.

SUHUY HA' / AGUA VIRGEN

HILARIA MAAS COLLÍ

*Unidad de Ciencias Sociales, CIR
Universidad Autónoma de Yucatán*

Uch ka'ach tu kaahali, le' nukuch máako'obo hach u yàamaho'ob le suhuy ha'o'p ku tukultilo'obe ma'bin k'askunta'an tumen mixba'alí, ma'alob utia'al uk'ibil tumen huntúul k'oha'an, tumenn yàan mùuk'ti'utia'al u ts'áah tóhóolal ti' le k'oha'ano'.

Le bèetik le kéen ho'olok ka'ach hup'èel che'ene' tu yotoch hup'èel bal na'e, chéenp'el u hóok'ol u yáax ha'ile', ku mo'olol siibil ti' le éechinailo'obo'.

Le tio'obe' ku líik'siko'ob utia'al meyahtio'ob le k'iin ku tukultilo'ob k'abéet tu kuxtalob wa k'abéet ti' u toh óolal huntúul k'oha'ane'.

Le suhuy ha'o' ku meyah xan ka'ach utia'al u tsolante'il ch'a'a cháak, ba'ale' ma' u ha'il túunben che'eni' u ha'il ts'ono'ot, yéetel leti' ku ts'a'amal u sóol le bálche'o', bey xan yéetel kàab. Le k'een t'úubuke' ku meyah utia'al le cha'a cháako', ku k'u'ubul uk'ul túun tun yùum k'uh yéetel ti' yùumtsilo'ob.

Ku tukulta'al ka'ache' suhuy u ha'il le ts'ono'oto'obo', tumen ma'atech u yichíinta'al u ha'il, mix xan tu yokol ko'olelo'obi', behela'e' ma' tu páahtal k'alik wa suhuy u ha'il le Ts'ono'oto'obo', tumen ku yichíinta'al y ha'il tumen tu la'akal máako'ob xiibo'ob, ko'olelo'ob yéetel pàalalo'ob.

Le ts'ono'oto'obo' ku k'askunta'al y ha'il xan ikil u pu'ulul ba'alo'ob ichil, ma' bey ka'ach úuchi'. Kexi' ka k kanaánt le ha'o', ma'k u lòobitik, wa k lòobitike', bíin u lòobito'on xan.

AGUA VIRGEN

Antiguamente, en el pueblo de Huhi, Yucatán, los adultos amaban mucho el agua virgen. Pensaban que no estaba contaminada y que podía servir para que el enfermo la bebiera y obtuviera mejoría en su salud por las propiedades curativas que posee.

Por eso, cuando se perforaba un pozo en la casa de alguna familia, apenas salía el primer brote del agua se recogía para regalar a todos los vecinos. Ellos la llevaban para usarla el día que creían necesario para aliviar sus padecimientos, o los de alguna otra persona.

El agua virgen se utilizaba también en la ceremonia del Cha'a cháak, para la petición de lluvias, pero el agua no era la de un pozo nuevo, sino la de un cenote.

Con ella se remojaba la corteza del árbol balché, junto con miel, para preparar la bebida que se ofrecía a Dios y a las deidades. Pensaban que el agua del cenote era virgen porque nadie se bañaba y tampoco entraban las mujeres allí.

Ahora no se puede decir que el agua sea virgen, porque las personas van a bañarse a muchos cenotes: hombres, mujeres y niños. El agua de los cenotes se ha contaminado por la basura que dejan en ella. Esto no sucedía así antiguamente.

Reflexionemos y cuidemos el agua de los cenotes, pues los pozos casi no existen ahora.

No la contaminemos, porque al hacerlo se daña nuestra salud. Así, si dañamos el agua, algún día ella nos dañará a nosotros también.



Caverna en el Ejido de Playa del Carmen. El agua de las cavernas y los cenotes, aislados del contacto humano, continúa siendo considerada como agua sagrada o *suhuy* para los adultos mayores. Muy importante en rituales mayas. Ver video.

Fotografía de Carlos Alcérreca.



VIDEO "AGUA SAGRADA"



Cruces en Xocén, Yucatán. Se dice que Xocén es el centro del mundo donde se levantó la Cruz de Piedra que emergió de la tierra, donde está la mayor fuente de agua que reunirá a todos los mayas cuando se acabe el agua en el mundo, excepto ahí.¹ La cruz evoca tanto al hijo de Dios crucificado en la Iglesia Católica, como a la sagrada ceiba, la conexión del centro del universo con todo el cosmos cardinal maya. Por eso se le pinta de verde y se le viste con hipil, como el árbol madre del que descendemos todos los hombres, de acuerdo con la mitología maya.²

Fotografía de Carlos Alcérreca.

.....
¹ Terán, S. & Ch. Rasmussen. 2008. *Jinetes del cielo maya, dioses y diosas de la lluvia*. Mérida, Mérida, Yucatán Universidad Autónoma de Yucatán, p. 82.

² Thompson, Eric. 1975. *Historia y religión de los mayas*, México, Siglo XXI, p. 86.



Cruz maya del concurso de altares de Día de Muertos o Hanal Pixan. Mérida, Yucatán.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

RESCATE DE SABERES Y DIVERSIDAD CULTURAL

DANIEL MURILLO LICEA

*Centro de Investigaciones y Estudios Superiores
en Antropología Social*

En *El diccionario del diablo*, Ambrose Bierce (2002: 133-134) incluye la siguiente entrada: Ignorante. Persona no familiarizada con cierta clase de conocimiento familiar para nosotros, y que posee otra clase de conocimientos, de los que nada sabemos.

Aunque la ciencia actual (específicamente la que tiene un enfoque positivista y defiende la objetividad) trate de negar con encono el conocimiento tradicional, éste existe, basado en un proceso que la propia ciencia ha tratado de incorporar en sus disciplinas, las famosas multi, trans o interdisciplinas. El conocimiento científico actual se halla fragmentado, con la bandera de la especialización todavía ondeante. La búsqueda ha derivado en la integración, aunque en el camino todavía haya científicos que no quieran ver los fenómenos y procesos que interactúan en otro tipo de conocimiento, como el tradicional.

Un geógrafo chileno metido a antropólogo, Rafael Baraona (†), hablaba de que en el mundo rural la existencia era *supradisciplinaria* (Baraona, 1986). Ello conlleva a pensar en el conocimiento y los saberes tradicionales como resultado de una relación con el entorno, una relación fundada en prácticas y en simbolismos. Estos saberes, que tradicionalmente se han definido en términos de “usos y costumbres” y cuyo esquema se identifica con la falta de cambio en el tiempo, en realidad son conocimientos en constante cambio, en constante adecuación. Se puede observar, por ejemplo, en las prácticas y sistemas hidráulicos prehispánicos mayas que se adecuaban, y lo siguen haciendo para enfrentar, por ejemplo, las épocas secas. Que el brillo de las civilizaciones maya de la región haya o no desaparecido por las sequías continuas, es parte de otra discusión. Lo que me interesa resaltar en esta ocasión es el proceso de continua adaptación de esas sociedades.

Las tecnologías usadas por los pueblos prehispánicos no eran homogéneas, pese al intercambio cultural realizado por los pueblos mesoamericanos. Un ejemplo se encuentra en las tecnologías hidráulicas mayas: los canales de piedra de los mayas peninsulares; los canales de barro cocido en la ciudad de Comalcalco o Joy Chan, de los antiguos mayas chontales; la conjunción de aguadas, chultunes y pozos que permitían tener un reservorio importante de agua para las épocas de secas (Rojas *et al.*, 2009). La diversidad de usos

del agua se apareja con la complejidad cultural y ambiental, ya que cada etnia tenía —y tiene en la actualidad—, formas de acercamiento al agua que conforman una cosmovisión, una forma de vida no clasificable por “taxonomías”.

El uso que pervive al introducir instrumentos tecnológicos en las comunidades indígenas actuales parte de una adopción tecnológica y una sustentabilidad social, en el marco de un sistema cultural específico, es decir, en un contexto de diversidad cultural. De ahí se deriva, por ejemplo, el tipo de organización social de cada pueblo, con reglas específicas en torno al uso de manantiales, pozos, fuentes y cuerpos de agua.

El rescate de saberes, en este marco de diversidad cultural, es tan importante como reconocer que hay conocimientos distintos, forjados a través de los años por los contextos ambientales de cada cultura, así como con la creación de territorios, en procesos que se han identificado desde la teoría antropológica (Ingold, 2000; Descola, 2012). El rescate de estos saberes y conocimientos tradicionales es de vital importancia para encontrar soluciones

ambientales culturalmente adecuadas a cada comunidad. El “descubrimiento” actual de las tecnologías apropiadas orientadas a captación de agua de lluvia, por ejemplo, para enfrentar la escasez de agua, es parte de un conocimiento cuya tradición encontramos desde los albores de la civilización mesoamericana: el pueblo llamado olmeca fue el que, hace cerca de tres mil años, forjó los inicios de una tradición de convivencia y aprovechamiento de la lluvia y del agua. Luego, este conocimiento fue puesto en el almacén de repertorios de las diferentes culturas y ha sido y puede ser aprovechado como tecnología habitual del uso del agua en Mesoamérica (Rojas *et al.*, 2009).

El conocimiento tradicional, entonces, no debería ser despojado de su sapiencia. Más bien habría que tomarle en cuenta y lograr una conjunción, un diálogo, entre el conocimiento tradicional de manejo del agua y los conocimientos científicos actuales. Mediante este diálogo se podrá prever un mejor y fructífero uso del agua en la compleja situación por la que atraviesan las sociedades actuales.

REFERENCIAS

- Baraona R. Enero de 1986. “Conocimiento campesino y sujeto social campesino”, transcripción modificada de la ponencia presentada en el *Seminario Problemas metodológico-educativos de los programas de apoyo campesino*, organizado por el Programa Interdisciplinario de Investigaciones en Educación, Santiago de Chile.
- Bierce A. 2002. *El diccionario del diablo*, Madrid, Valdemar.
- Descola P. 2012. *Más allá de naturaleza y cultura*, Buenos Aires. Amorrortu.

- Ingold T. 2000. *The perceptions of the environment. Essays on livelihood, dwelling and skill*, New York New York, Routledge.
- Rojas Rabiela T., Martínez Ruiz J.L., Murillo Licea D. 2009. *Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico*, México, CIESAS-IMTA.



Chultún o aljibe en vestigio arqueológico de Salvador Alvarado. Se encuentra compuesto de una cámara subterránea en forma de botella para captar agua de lluvia. El rescate de saberes, en el marco de la diversidad cultural, es tan importante como reconocer conocimientos distintos forjados a través de los años por los contextos ambientales de cada cultura, de vital importancia para encontrar soluciones ambientales culturalmente adecuadas a cada comunidad.

Fotografía de Fulvio Eccardi.



Mujer lavando su pelo
Dibujo de Fernando Castro
Pacheco
Cortesía Fundación Museo
Fernando Castro Pacheco A.C.



ANA ROSA DUARTE DUARTE
Unidad de Ciencias Sociales, CIR,
Universidad Autónoma de Yucatán

CAPÍTULO 5

LA “SANTA AGUA” EN LA CULTURA MAYA EN YUCATÁN¹

*“Yaan u k’uchul u k’inil a maanikèex le Jáó’
ta uilik bejlae’ ta’an k manik le jáó”*

*“Llegará el día en que tengan que comprar el agua,
ya lo ves, ahora estamos comprando el agua”.*

Profecía de don Donato, 2003

Mientras visitaba a don Donato, el *J’men*² en su pueblo natal en el oriente del Estado de Yucatán en el año de 2003, éste dijo en maya, “*le Santo Ja’o’* [la Santa Agua] es una bendición para todos los seres humanos que viven sobre la tierra”. Se trata de un fragmento de una de las profecías que contó sentado en una silla con la cabeza apoyada en la puerta de madera de su casa y mirando el fogón donde su esposa preparaba las tortillas, mientras sus nietos corrían a su alrededor.

.....
¹ Este capítulo forma parte del proyecto colectivo “Saberes mayas y su representación en la sociedad yucateca, peninsular y del sureste mexicano” con registro SISTPROY - CIRS-2012-0007.

² Para los milperos en Yucatán, un *J’men* es el encargado de llevar a cabo las ceremonias para agradecer las bendiciones de los *Yum Tsiilo’ob* [deidades] del monte, de la lluvia y de los aires y para prevenir los desastres naturales. Para Guzmán (2003), los *J’meno’ob* son especialistas para la realización de los rituales vinculados con el cultivo de la milpa, ya que conocen el lenguaje para comunicarse con los dioses o dueños del monte y son los curanderos, pues saben también de las plantas medicinales y de los presagios y de todo aquello que tiene que ver con el mundo simbólico. Véase, María Guadalupe Violeta Guzmán Medina. “Resistencia e identidad: el sistema de guardias en Kanxoc, Yucatán”. *Anales de Antropología*, Volumen 37, Universidad Autónoma de Yucatán, 2003.



El respeto, dedicación y culto a la “Santa Agua” se ha ido modificando ante la instalación de sistemas de agua potable. Ahora no se tiene que pedir permiso a los dueños de la “Santa Agua”, ni dar gracias por esta bendición. Simplemente se tiene que abrir el grifo y dejar que salga el agua.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

Página anterior
Ceremonia de Ch’aa Chaac realizada por el aj men don Antonio Jiménez Mukul para pedir a Yum Chaac las benditas lluvias.
Fotografía de Fulvio Eccardi.

Un año más tarde, en 2004, don Julio, el vecino de don Donato, dijo en maya mientras admiraba las cañas de maíz que espigaban en su milpa, “*le Santo Ja'* que está en el *Eejoch'e'en Dzo'no'ot* [cenote oscuro] es donde *Yum Chaac* [dioses de la lluvia] saca el agua para dejarlo caer en forma de lluvia y regar el santo maíz, nuestro alimento como milperos desde hace más de 400 años”. En ese mismo año de 2004, un joven artesano del vecino pueblo de don Donato y don Julio comentó que “el agua de los cenotes son del pueblo... y gracias a los cenotes la gente³ vive... en estos lugares”. Estas son algunas de las voces que nos recuerdan una y otra vez la importancia de la *Santa Agua* de los cenotes en la vida de aquellos que histórica y cotidianamente la experimentan como parte de la naturaleza y de su entorno.

En este capítulo se analiza cómo las diferentes maneras de conceptualizar el agua de los cenotes en la sociedad yucateca actual afectan su manejo. Se trata de entender cómo coexisten, en un mismo espacio, los saberes milenarios acerca de la *Santa Agua* de los *tso'no'oto'ob* [cenotes] con los saberes actualmente promovidos por las fuerzas globalizadoras: por un lado, los saberes basados en un modo

³ Fragmento de una conversación del video *Agua Sagrada* que forma parte de la serie “Pueblos de México” de la Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe de la SEP y se puede consultar en http://www.nacionmulticultural.unam.mx/Portal/Derecho/MULTIMEDIA/ppm/32agua_sagrada.html

⁴ Los *Nojoch* son las personas mayores reconocidas y respetadas por sus conocimientos en la comunidad.

⁵ El video *Santa Agua* se encuentra disponible en la página de la SEP, en la Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe.

de vida cíclico, prácticas de agricultura nómada (uso de las tierras para cultivos extensivos, no intensivos), prácticas religiosas politeístas y actividades colectivas y, por otro lado, los saberes basados en modelos de propiedad privada, monoteísmo e individualismo, y en donde el agua es concebida como un “recurso” y una “mercancía”.

Para abordar las consecuencias de estas diferentes maneras de conceptualizar el agua de los cenotes en la península de Yucatán, se analizan las conversaciones de la autora con los *Nojoch'ob*⁴ grabadas en audio durante una investigación de campo en 2002-2004, así como las conversaciones grabadas en video con las familias milperas del oriente del estado, durante la filmación del video *Agua Sagrada*, que ahora forma parte de la serie “Pueblos de México. Pueblo maya de Yucatán”, de la Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe de la Secretaría de Educación Pública.⁵ Este capítulo también se sustenta en el material audiovisual que Jaime A. Magaña facilitó, quien participó en el grupo que grabó la ceremonia de la limpieza del agua del cenote de Maní en Yucatán, en 2009.

Este capítulo se desarrolla en cuatro apartados: el primero se centra en la importancia de la *Santa Agua* en la vida del pueblo maya; en el segundo se aborda el culto a los dueños de la *Santa Agua* de los cenotes; en el tercero se considera la relación entre *Yum Chaac* y los milperos; y en el cuarto se analiza la recepción de los cambios en la gestión del agua de los cenotes en la época actual, por parte del pueblo maya.

LA SANTA AGUA EN LA VIDA DEL PUEBLO MAYA

La *Santa Agua* en la vida del pueblo maya⁶ y los retos que han enfrentado para acceder a ella es la principal fuente de los mitos que se narran en el libro colonial *Popol Vuh*, en el que se aborda la creación de la vida a partir del agua (Recinos, 1979: 23-24). En la actualidad, la *Santa Agua* de los cenotes es sumamente respetada, porque ha regado las semillas de maíz que han sostenido a todos los pueblos mayas del Peten de Xlakaaj en Yucatán por más de cuatro siglos, tal como lo explicó don Julio.⁷ Pero los milperos también saben que la *Santa Agua* puede traer la muerte, y no sólo por su falta o escasez, sino por su abundancia. Por ejemplo, en su estudio, Toledo (2008: 345) registró que las lluvias transformadas en tormentas y huracanes son una amenaza constante para la vida del hombre, pues tan solo de 1850 a 2000 la península de Yucatán ha sido afectada por 118 huracanes, a los que hay que sumarle Emily y Wilma en 2005, y Dean en 2007.

Y es precisamente de las bendiciones de *Yum Chaac* con las lluvias y también de los desastres naturales donde provienen los conocimientos y saberes de los pueblos mayas, así como sus múltiples

⁶ Cuando se habla del pueblo maya no significa que se ignore su heterogeneidad.

⁷ Este relato surgió de mi conversación con don Julio durante mi investigación de campo en 2004.

⁸ Esta es parte de una conversación grabada para el video *Arroz con leche* de Ana Rosa Duarte Duarte, *Arroz con leche. K'ool u'ial k' kuxtal* (2009), DVD de 50 minutos de duración, Mérida Yucatán, México.

prácticas y rituales dedicados a los dioses de la *Santa Agua*. Pero al pueblo maya no sólo le preocupan las tormentas y huracanes que los ha afectado a lo largo de la historia, sino que también les preocupa la ausencia de las lluvias por la sequía (Escobar, 1997). Por ejemplo, destaca García (2011: 216) en su estudio que durante la sequía el monte no sólo es más susceptible de incendios, sino que también es un ambiente propicio para que la langosta (*Schistocerca piceifrons piceifrons*) se convierta en plaga, con alta capacidad destructiva de los cultivos de maíz, entre otros. El poder devastador de estos insectos fue descrito por doña Lucía⁸ así: “en 1940 me casé y como había mucha sequía, al amanecer fui con mi suegra a espantar a las langostas que habían atacado la milpa de mi marido, pero fue imposible, no dejaron nada, así sufrimos castigo”.

Para Terán y Rasmussen (1994: 63), el castigo para los pueblos mayas está basado en su compleja relación con la naturaleza, ya que estos castigos vienen de los dioses. El castigo de los dioses lo describió don Antonio así: “La *Santa Agua* es para tomar, bañarse, lavar la ropa, limpiar los trastes y cocinar, no se debe desperdiciar, ponerle químicos, cloro y basura, pues cuando ella siente que tiene cosas extrañas no le gusta y manda castigos”. Para Campos (2006: 167), los conocimientos y saberes de los pueblos mayas sobre el agua están sustentados en su experiencia cotidiana, mismos que los ha llevado a pensarla como “una entidad dotada de voluntad” y habitada por seres poderosos, por lo

cual “debe ser tratada con esmero, cuidado y respeto”. Lo que no se puede negar es que la experiencia de los pueblos mayas con la *Santa Agua* está basada en el respeto y, por ello hay que pedirle permiso antes de acceder a ella. Y es en esta relación de respeto por la *Santa Agua* en la cual se sustenta la organización de los pueblos mayas para acceder a los depósitos subterráneos y hacerla disponible en la superficie de la tierra para el uso cotidiano.

Desde la perspectiva de la caída de la *Santa Agua* en forma de lluvia, así como del desarrollo de las diversas tecnologías para el acceso a las profundidades y hacerla disponible para el uso en la vida cotidiana, las familias de los milperos, campesinos, jornaleros y ahora migrantes han enriquecido sus saberes sobre ella. Por lo tanto, y a pesar de las políticas de desarrollo y modernización, los pueblos mayas que aún viven de la agricultura continúan con sus prácticas de observación de la naturaleza para la predicción de la temporada de lluvias. Por ejemplo, el *Xok k'iin* [cabañuelas] es una de esas prácticas de los milperos para la predicción de la precipitación pluvial a lo largo del ciclo de la milpa. Al respecto, un comunicador indígena maya⁹ escribió que el *Xok k'iin* consiste en observar los cambios climáticos a lo largo de los días del mes de enero. La primera vuelta consiste en observar los primeros doce días, pues a cada día le corresponde un mes del año, contados de enero a diciembre. En la segunda vuelta, el conteo va en sentido contrario, de diciembre a enero, pues al día 13 de enero

le corresponde nuevamente el mes de diciembre, y al día 24 es para el mes de enero.

A partir del día 25 de enero, a cada día le corresponden dos meses, esto significa que las primeras 12 horas son para el mes de enero y las últimas doce horas son para el mes de febrero, hasta cerrar la cuenta con noviembre y diciembre, el día 30 de enero. El día 31 de enero es el último día del *Xok k'iin*. El conteo se hace por horas y a cada hora le corresponde un mes del año. Esto significa que enero empieza a la medianoche y termina con diciembre al mediodía. La segunda vuelta es a partir del mediodía que empieza con diciembre y concluye a la medianoche con enero, cerrando de esta manera el ciclo de la observación. Según los resultados de la observación del *Xok k'iin* en 2013, se predijo que sería *Ja'ja'al yaax k'iin*, o sea, lluvias con periodos de sequías o temporal errático. La evaluación final de los milperos, en voz de don Juan fue: “Este año no fue bueno para el maíz, pues el exceso de lluvia provocó mucho gusano que comió el maíz y la sequía provocó los ataques de los animales depredadores”.

El registro del *Xok k'iin* es importante porque permite al milpero saber cómo serán las lluvias y periodos de sequías, y de esta manera decidir qué tipo de maíz debe cultivar, ya sea *xnuk naal* [elotes grandes] –ciclo largo–, o *xmejen naal* [maíz pequeño] –ciclo corto–. Asimismo, estas observaciones del temporal de lluvias son reforzadas con el comportamiento de los pájaros, la floración de los árboles, el



halo de la luna, el *nac chak* [nube de color café] que se puede ver en el cielo al amanecer, e incluso con las sensaciones del cuerpo, como el reumatismo y el dolor en donde hubo una fractura de huesos, que también presagian la llegada de las lluvias.

Una vez concluida la observación meteorológica del ciclo anual de lluvias a través del *Xok k'iin*,

.....

⁹ Bernardo Caamal, comunicador de Radio XEPET “La voz de los mayas”, quien a través de su mensaje del 3 de enero de 2012 lanzó una invitación al público en general a realizar los registros de las cabañuelas desde las diferentes regiones del estado.

se procede a la preparación de las tierras para la siembra, en espera de la caída de la lluvia para regar las semillas. Desde luego que la preparación de la milpa empieza con la elección del monte, seguido de la ceremonia de petición del permiso a los dioses *K'aax* [monte], *Lu'um* [tierra], *Ik'* [viento] y *Santo Chaac* [santa lluvia], como parte de la preparación de la milpa. Figura 1.

Figura 1. Don Bernardo Xiu, subdirector de la Escuela Agroecológica U yits ka'an de Maní.

EL CULTO A LOS DUEÑOS DE LA SANTA AGUA
DE LOS CENOTES

El culto a la *Santa Agua* de los cenotes no sólo viene de la experimentación del agua a través de las lluvias, huracanes y sequías, sino de los mitos acerca de la creación del mundo y del hombre. Por ejemplo, Sobrino (2011) comenta que existen varias versiones acerca de la creación del hombre y del mundo maya yucateco, pero considera que el más aceptado es el del *Popol Vuh* de las antiguas historias de los mayas quichés recopiladas en el siglo XVIII. Para Recinos (*op. cit.* 23-24), el origen de la vida está en el agua, según lo estipulado en el *Popol Vuh*, pues ante la calma total y la obscuridad, sólo el Creador y Formador Tepeu y Gucumatz estaban en el agua rodeados de claridad, entonces meditaron y se pusieron de acuerdo y conjuntaron sus palabras y pensamiento para que en cuanto amaneciera apareciera el hombre. De esta manera dispusieron la creación y crecimiento de los árboles y los bejucos y el nacimiento de la vida y la creación del hombre. Siglos más tarde, en los relatos coloniales del *Chilam Balam de Chumayel*,¹⁰ se escribió que la tierra fue creada a partir de un monstruo acuático *Itzam Cab Ain* [Brujo del agua-tierra cocodrilo], quien hizo nacer la vida perdurable en el mundo (Campos, 2006). De hecho, en la mayoría de los mitos relacionados con la creación del hom-

¹⁰ De acuerdo con el estudio acerca del agua y enfermedad entre algunos grupos mayas durante la colonia.

bre en el mundo maya, la *Santa Agua* es uno de los elementos principales, sobre todo la *Santa Agua* de los cenotes.

Antochiw (1999) afirma que los pueblos mayas reconocen la calidad del agua de los cenotes, ya que “es más delgada” y buena para tomar, a diferencia del agua de los pozos y de los Áak'al [aguadas] y los *Jaltunes* [sartenejas] donde se almacena el agua de lluvia. Dada la importancia de la *Santa Agua* de los cenotes, todavía hoy en día, en cada lugar donde hay un cenote, es muy común escuchar los mitos de origen contado por los pobladores de cada lugar. Un buen ejemplo es *Ch'è'en Já* [pozo de Agua o cenote] ubicado en el ejido de Kopomá, Yucatán, donde vivía una familia de milperos. Los abuelos cuentan que un día como cualquier otro, cuando la mujer del milpero estaba llevando sus cántaros de agua a su casa, su bebé acostado en su hamaca empezó a llorar desesperadamente y en su desesperación por terminar con su tarea doméstica, miró al perro que estaba acostado a un lado de la hamaca y le dijo: “deberías de cuidar al bebé que está llorando”. A su regreso encontró al perro cargando al bebé entre sus brazos y del susto soltó el cántaro lleno de agua, y de esta manera se formó el cenote conocido ahora como *Ch'è'en Já*.

Los cenotes no sólo son fuentes de la *Santa Agua*, sino que también son productivos de microecologías en donde se producen con más abundancia los frutos y los árboles que crecen en todas partes, así como los peces, de los cuales se alimentan los nativos

de la península de Yucatán, pero aún las especies de plantas y árboles que no crecen en cualquier lugar.

Los misterios y enigmas de la *Santa Agua* de los cenotes en la península de Yucatán han sorprendido y provocado el asombro de los colonizadores como Landa y de los exploradores como John Lloyd Stephens y Friedrich Catherwood. Al respecto, en *Las relaciones de las cosas de Yucatán*, Landa (2005: 115) escribió, que:

[...] una de las cosas a la vida del hombre más necesarias es el agua, y es un tanto que sin ella ni la tierra produce frutos ni los hombres se pueden sustentar, y con haber faltado en Yucatán la abundancia de ríos que sus tierras vecinas tienen (...), la proveyó Dios de muchas y muy lindas aguas, (...) proveídas por naturaleza.

Esas “muchas y muy lindas aguas” que menciona Landa, son los cenotes “proveídas por naturaleza”, los cuales han sido sitios sagrados para los mayas desde hace siglos y hasta hoy en día. Por su parte, Stephens (1854: 592) escribió con asombro la belleza del cenote de la hacienda Mucuyché, “como una gran caverna con un techo de roca saliente, lo suficientemente alto como para dar aire de grandeza e impenetrable por los rayos del sol al

.....
¹¹ Se considera que existen aproximadamente entre 7000 y 8000 cenotes en el estado de Yucatán. Para mayor información consúltese a Patricia Beddows, Paul Blanchon, Elva Escobar y Olmo Torres-Talamante. “Los cenotes de la península de Yucatán”. *Arqueología Mexicana*. Vol. 14, Núm. 83, 2007, pp. 32-35.

medio día. Y el agua pura de cristal que descansa inmóvil sobre un lecho de roca caliza, es irresistible para nadar” [traducción de la autora].

Para el pueblo maya, los cenotes¹¹ son los sitios sagrados donde los *Yum Tzilo'ob* [dioses] guardan la *Santa Agua* y de donde *Yum Chaac* la saca para dejarla caer como lluvia. De acuerdo con Beddows *et al.* (2007: 35), el término cenote viene del idioma maya *tz'ono'ot* o *dz'ono'ot* que significa caverna subterránea con depósito y corriente de agua y se ha generalizado para designar cualquier espacio subterráneo con agua, que esté abierto al exterior en algún grado en la península de Yucatán.

Para el pueblo maya de Yucatán, los *chaaces* [deidades de la lluvia] habitan en el fondo de los cenotes, y por ello son objeto de culto. Asimismo, los traviesos *Aluxo'ob* o *Aluxes* [espíritus o duendecillos] de la selva, también habitan en las cavernas y en los cenotes y, por lo tanto, son atendidos con ofrendas. Entre los seres míticos que habitan en los cenotes está la *Tsukán* [serpiente gigante], que para Evia (2007) es la encargada de guardar el acuífero. Esta idea, en apariencia fundada en la existencia de una singular serpiente que habita en aguas cavernosas, parece ser una reminiscencia de la antigua serpiente celeste sagrada *Abau Can* símbolo relacionado con la lluvia y la fertilidad terrestre (Garza, 1984: 163).

La *Santa Agua* también se encuentra en las aguadas y sartenejas, las cuales la almacenan durante

las temporadas de lluvias y desde donde los milperos pueden saciar su sed después de sus largas caminatas ante las inclemencias del sol. Las aguadas son depresiones naturales, algunas de las cuales los antiguos mayas acondicionaron con piedras o arcilla impermeable para almacenar y suministrar la *Santa Agua*, al igual que los *chultunes*, pues no se debe olvidar que los pueblos mayas fueron grandes constructores de complejas redes hidráulicas.¹²

Resulta evidente pues, que el pueblo maya aprendió a pensar y concebir la *Santa Agua* de los cenotes, entre otras bondades de la naturaleza, como una bendición de los dioses y no como algo de su pertenencia. Por consiguiente, la *Santa Agua* que riega el maíz es motivo de diversas prácticas de respeto desarrolladas a lo largo de su convivencia cotidiana con este vital líquido, entre ellas, los elaborados rituales para dar gracias por sus bendiciones y también para pedir permiso para usarla.

YUM CHA'AC Y EL EEJOCH'E'EN DZO'NO'OT [CENOTE OSCURO]

No cabe duda que una buena parte de la vida enigmática del pueblo maya en la península de Yucatán está basada en su relación con la *Santa Agua* que

¹² Aljibe o silo abierto en peña para guardar maíz o recoger agua movediza, en Alfredo Barrera Vásquez y Silvia Rendón (traductores). *El libro de los libros de Chilam Balam*. México: Fondo de Cultura Económica, 1972, p.114.

circula en las cavernas del subsuelo o cenotes. Para sacar la *Santa Agua* a la superficie y luego hacerla accesible a sus viviendas, los pueblos mayas a menudo realizaron grandes construcciones, como escalones de piedra o largas escaleras de madera, tal como aparece en el grabado del cenote de Bolonchén Campeche de Catherwood. La construcción de escalones y escaleras fueron para llegar hasta los grandes niveles de profundidad donde llenaban sus cántaros y otros recipientes fabricados por ellos mismos. Cabe destacar que las escaleras también sirvieron para minar barro, en el pueblo de Sacalum, por ejemplo.

El difícil acceso al vital líquido lo convirtió en la *Santa Agua* para los pueblos mayas, y para hacerla disponible en la superficie de la tierra requerían de una organización en la que participaba todo el pueblo, tanto en las prácticas rituales como en las obras de ingeniería, adecuada para sacarla de las profundidades de la tierra. Las ceremonias religiosas a los dioses y las representaciones artísticas de ellos han sido muy importantes en la cultura maya, como se puede ver en las pinturas y esculturas prehispánicas de *Yum Chac*, así como en las ofrendas, objetos y sacrificios orientadas al culto de la *Santa Agua*. Un papel de primera importancia es el de los *J'men(es)* mayas en Yucatán, quienes han sido y siguen siendo los que realizan los rituales y sacrificios a *Yum Chac*, para pedirle su bendición con la lluvia, pero también para prevenir la gravedad de las sequías y otros desastres

naturales a los cuales se ha hecho mención en párrafos anteriores.

Al respecto, don Julio comentó: “*Yum Chaac* trae muchos regalos para los milperos y sus familias, pues cuando deja caer la lluvia no sólo crecen los elotes sino que también crecen los frijoles, los camotes y la yuca”. Y aunque el maíz es el principal alimento de los milperos, cuando ya no hay maíz, el camote y la yuca pueden sustituir al maíz en la dieta. Para los milperos, *Yum Chaac* es un padre muy generoso, pues a nadie deja sin comer y por ello siempre riega las milpas para hacer crecer los frutos de su trabajo diario. Cuando *Yum Chaac* hace ruidos en el cielo es motivo de alegría para los milperos, pues significa que está sacando la *Santa Agua* del *Eejoch'e'en dz'ono'ot* [cenote oscuro]. El ruido de *Yum Chaac* en el cielo provoca que los milperos digan: “*Yum Chaace' taan u tumbuluk'ic u ch'oy*”, lo que en español es: el dios *Chaac* está llenando su cubeta en el “cenote oscuro”, donde está guardada la *Santa Agua*.

Entre los mayas de Yucatán, los cenotes son sitios sagrados que no deben ser violentados, ni siquiera por alguna justificación que involucre su importancia para el turismo mundial. Por ejemplo, para don Pedro: “el cenote de *Chi' Ch'e'en Itzá* que para nosotros es sagrado, otros lo han saqueado... pero llegará el día en que se cumpla lo prometido por los dioses a los pueblos mayas, pues todo cambia...”. Para los milperos el *Eejoch'e'en Dzo'no'ot* es donde *Yum Chaac* llena su cántaro con la *Santa Agua* para regar las milpas.

Así, la *Santa Agua* del cenote oscuro es convertido en lluvia como un acto de bendición de *Yum Chaac* hacia sus hijos, quienes constantemente agradecen sus regalos de maíz, frijol, calabaza, chiles, camotes, ñame y yuca, entre otros frutos. Por ello, antes de depositar las semillas en la tierra le piden permiso a *Yum K'aax* [dios del monte] para tumbar, quemar y luego sembrar. Al respecto don Julio comentó:

La *Santa Agua* que está guardada y encerrada en el *Eejoch'e'en Dzo'no'ot*, *Yum Chaac* lo saca y lo deja caer como lluvia. Pero, hay veces que esa *Santa Agua* guardada y encerrada todo el tiempo tiene hielo y cuando no alcanza deshacerse cae en forma de granizo y daña los cultivos.

Para Sotelo, *Yum Chaac* es un Dios vago de acuerdo con los códigos prehispánicos, ya que camina en el cielo con su cántaro de cuello angosto para proveer las lluvias, y al mismo tiempo camina en el inframundo (2012).¹³ Sin embargo, en la actualidad, los mayas consideran que la *Santa Agua* está en todas partes y los dioses o *Chaaces* también están por todos lados. Para los milperos, la *Santa Agua* de los cenotes está habitada por seres poderosos, y por lo tanto, debe tratarse con esmero, cuidado y respeto. Ellos mismos saben que *Yum K'aax* [dios del monte] los colma de bendiciones y de regalos, pero también saben que *Yum Cimil* [Dios de la muerte] puede generar agua para destruir. Por lo tanto, las ceremonias

son importantes no sólo para pedir la lluvia, sino para agradecer por los frutos de la cosecha y para prevenir los desastres naturales, tal como se ha mencionado anteriormente.

Por ende, existen diversos rituales para pedir permiso a los dioses o para darle las gracias por sus bendiciones. La ofrenda del *Zacab* es una bebida fresca de maíz que se prepara para pedir permiso a *Yum K'aax* en la preparación de la tierra para la siembra. El *Ch'aa Chaac* es otra ceremonia que se lleva a cabo una vez concluida la siembra y es para pedir a *Yum Chaac* su bendición a través de la lluvia y para suplicar su protección contra los desastres naturales. Una vez que los milperos han recibido la bendición de la cosecha, organizan la ceremonia del *U uajil kol* para dar gracias a los dioses que hicieron posible los beneficios recibidos.

LA SANTA AGUA DE LOS CENOTES EN LA ÉPOCA DE LA GLOBALIZACIÓN

Una explicación muy común de los cambios económicos, políticos y culturales que están afectando el acceso de los pueblos mayas de Yucatán a la *Santa Agua*, lo hacen a través de sus profecías. Por ejemplo, un *Nojoch* contó en 2004 que por el pue-
.....

¹³ Información de la Dra. Laura Elena Sotelo del Centro de Estudios Mayas, UNAM. Conferencia magistral del Coloquio "Manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán", con base en sus análisis de los Códices *Dresde, Paris y Madrid*. UADY, octubre de 2012, Mérida, Yucatán.

blo pasó un profeta¹⁴ quien predijo que "*Yaan u k'uchul u kinil a maanike'ex le Jáo'* [llegará el día en que tengan que pagar por la *Santa Agua*. ¿Ya lo ves? ahora ya estamos pagando por el agua para tomar]". A lo anterior, agregó:

No está muy lejos el día en que tengamos que pagar por la *Santa Agua* que nos sirve para bañarnos, lavar la ropa, los trastes y limpiar la casa, pues lo moderno es pagar por todo. Lo moderno ha fomentado la flojera en la gente que ahora están abandonando los pozos y los cenotes en donde la *Santa Agua* no costaba nada, pues son bendiciones de los dioses. Figura 2.

Por su parte Jorge destacó en 2009 que:

...las predicciones de nuestros abuelos se están cumpliendo en la vida moderna, pues siempre nos dijeron que llegará el día en que tengamos que pagar por el "agua", ahora el agua que teníamos a nuestro alcance ya lo cambiamos por el agua potable que hay que pagar. El agua que tradicionalmente ha sido nuestro alimento, ya que cae del cielo y se queda en las sartenejas y en las aguadas, ya están prohibidas por la medicina moderna. El agua que sale de los pozos ahora hay que hervirla o ponerle cloro, y esto le da un mal aspecto y un mal sabor. Pero las agroindustrias siguen contaminando la *Santa Agua*, y al parecer eso no importa, pues lo que importa es el dinero para pagar todo. Todo es comprado.



Figura 2. "No está muy lejos el día en que tengamos que pagar por la *Santa Agua* que nos sirve para bañarnos, lavar la ropa, los trastes y limpiar la casa, pues lo moderno es pagar por todo. Lo moderno ha fomentado la flojera en la gente que ahora está abandonando los pozos y los cenotes en donde la *Santa Agua* no costaba nada, pues son bendiciones de los dioses". Palabras de un antiguo profeta en la voz de un Nohoch o sabio anciano maya.

Desde la visión cíclica, nómada, politeísta y de trabajo colectivo de los pueblos mayas, hay que proteger la *Santa Agua* para mantenerla limpia, y no debe costar nada, pues es parte de la naturaleza, una bendición de los dioses, quienes nos brindan
.....

¹⁴ El sabio al que hace referencia el *Nojoch* del pueblo en esta historia es un señor barbado y de pelo largo, vestido con túnica blanca, quien llegó al pueblo para predicar los cambios en el futuro. Para otros pueblos se trata de Enoc, que al concluir su predicación en algunos pueblos, se deslizó en las vías del ferrocarril hasta perderse a lo lejos y en otros iba caminando con la muchedumbre, pero en las curvas de las veredas se deslizaba en el aire hacia otros pueblos. Esta popular historia ha ido de boca en boca y nos permite reflexionar acerca de las diversas maneras de pensar los modos de vida en el pueblo maya y su relación con otras culturas.

el vital líquido. El acceso a la *Santa Agua* para los pueblos mayas de Yucatán siempre ha sido un reto que ha exigido la creatividad, tal como se aprecia en el grabado del cenote de Bolonchén Campeche por Catherwood en el siglo XIX.

Hoy en día, además de tener que pagar por el agua que se consume cotidianamente, la organización de los pueblos mayas que estuvo basada en el respeto, dedicación y culto a la *Santa Agua* se ha ido modificando ante la instalación de sistemas de agua potable en los que el agua se distribuye a través de tubería y grifos instalados en los hogares (Guardiola *et al.*, 2011). Uno de los

Figura 2. Planta de agua potable en Tekit, Yucatán. Fotografía de Carlos Alcérreca.



Figura 3. “Llegará el día en que todo cambie, ya que la naturaleza no puede aguantar tanta intervención y destrucción, por aquellos que no aprendieron a respetarla y cuidarla, sino a explotarla como recurso”. Palabras de don Isaac. Fotografía de Carlos Alcérreca.

resultados de este cambio es que ahora no tienen que pedir permiso a los dueños de la *Santa Agua* ni dar las gracias por esta bendición. Simplemente tienen que abrir los grifos y dejar que salga el agua, sea como sea. Sin embargo, además de significar un gasto más para los pueblos mayas, los cambios basados son experimentados cotidianamente para los pobladores, tal como destacaron doña Feliz y doña Antonia en 2008: “Aquí en mi casa sólo llega la *Santa Agua* en la noche, porque estamos en un terreno alto”; “Aquí en mi casa la *Santa Agua* llega

sólo en las mañanas y al mediodía no hay, por eso tengo que llenar los tambos”. Dora y Lupe comentaron en 2010 que, “cuando no hay corriente, no hay la *Santa Agua*”. Por su parte Gualberto dijo en 2011 que “la bomba para sacar la *Santa Agua* sólo trabaja dos horas en la mañana, pues se calienta mucho y a veces no hay dinero para pagar la corriente”¹⁵. A todo lo anterior, se puede agregar que la construcción de calles pavimentadas en el pueblo ha convertido los cenotes en desagües, y lo que antes era una bendición de los dioses y la principal fuente de la *Santa Agua*, ha sido abandonado.

En un estudio acerca de la felicidad que produce el acceso del agua en Yucatán, los especialistas suponen que la falta de acceso al agua es principalmente un problema para las personas pobres (Guardiola, *op. cit.*: 208-218). Sin embargo, y a pesar de que este y otros estudios proponen contribuir a explorar acciones, derroteros y políticas que aproximen al mundo hacia un desarrollo más benigno, hacia un futuro sustentable fundado en una mayor armonía con la naturaleza, justicia social y una efectiva democracia política, no lo hacen; al contrario, son aún muy pocos los estudios que presentan contribuciones significativas en este sentido. Para los antiguos, la sola construcción de más obras públicas no es una solución sostenible para la escasez del agua, tal como destaca don Isaac: “Llegará el día en que todo cambie, ya que la naturaleza no puede aguantar tanta intervención y destrucción, por aquellos que no aprendieron a respetarla y cuidarla, sino a explotarla como recurso”. Figura 3.

REFLEXIONES GENERALES

Este capítulo es un primer acercamiento al análisis de las actuales condiciones del agua de los cenotes en Yucatán frente a las diferentes maneras de responsabilizarse de ella, ya sea como parte de la naturaleza o como un recurso para su explotación. La *Santa Agua* forma parte de los conocimientos y los saberes de los pueblos mayas que por siglos han mantenido una estrecha relación de respeto con el vital líquido. Sin embargo, en la época actual, las advertencias de los abuelos acerca de la importancia de la *Santa Agua*, así como su cuidado, han sido clasificados como supersticiones y creencias, mientras que la construcción de obras públicas de diversa índole ha dejado en estado de abandono los cenotes que, como parte del acuífero, se han quedado susceptibles a la contaminación. Esto también ha contribuido a la ruptura del tejido social en la que se sustentaban las prácticas relacionadas a la *Santa Agua*. Por lo tanto, la pregunta hoy en día sigue siendo: ¿Quiénes serán los encargados de cuidar el agua del manto freático en la Península ante su estado actual?

Hoy en día, los discursos dominantes giran alrededor de la promoción de siempre nuevas so-

.....
¹⁵ La corriente a la cual se refieren los pobladores es para referirse al consumo de energía eléctrica, cuyos costos forman parte del presupuesto de la administración municipal y de cada comisaría.



Jovencita en la Laguna de Chuiná, Campeche. Fotografía de Carlos Alcérreca.

luciones para los problemas que han generado los mismos procesos de desarrollo, urbanización e industrialización, entre ellos, los que están asociados con el cuidado del agua y del medio ambiente. Esta investigación pone en evidencia que estos discursos, en los cuales se sustentan las políticas públicas, ignoran los importantes conocimientos y saberes de los pueblos mayas acerca de la *Santa Agua* que bien deberían formar parte de la solución. Sin embargo, y peor aún, los saberes de los pueblos mayas son desechados como elementos de un pasado místico que no tiene cabida en el mundo actual, mientras que los portadores de estos saberes están sumados a los pobres de todo el mundo.

Las reflexiones en este capítulo están basadas en conversaciones con los pueblos mayas, en los cuales se destacan la necesidad de reorientar nuestras actitudes hacia la *Santa Agua* y nuevamente asumirla como parte de la naturaleza del hombre cuya ética

guía su conducta y sus prácticas humanas en relación con su entorno. Tal como lo destacó un Nojoch del sur del estado en 2012, “debemos asumir que el agua constituye un elemento básico de la vida, y por lo tanto es tan sagrado como la vida misma, pues todos somos iguales en relación con ella; la vida es de todos, el agua es de todos y todos somos agua”. Hace falta una política de educación y acompañamiento acerca de los problemas que ha traído el abandono de los saberes y la ética maya: la basura de todo tipo, los materiales contaminantes, entre ellos los plaguicidas, herbicidas, desechos de fosas sépticas y plásticos, tanto domésticos como industriales.

De gran relevancia será, además, el respeto por los territorios y recursos naturales que le corresponden a las comunidades mayas, como los cenotes, pues ya empezamos a ver algunos casos de disputa provocados por los planes de desarrollo y modernización basados en las industrias turísticas.¹⁶

.....
¹⁶ El tema del turismo y sus efectos en la cultura maya ya lo hemos desarrollado en otro trabajo que pueden consultar en “Género y globalización. Un panorama intercultural” de Byrrt Wammack Weber y Ana Rosa Duarte Duarte, en *Género en la época de la globalización. Miradas desde el mundo maya*, de Ana Rosa Duarte Duarte y Byrrt Wammack Weber (editores), Plaza y Valdés, México, 2010.

REFERENCIAS

- Antochiw M. 1999. “Mitos y leyendas de los cenotes en Yucatán”, *Cenotes y grutas de Yucatán*, Mérida Yucatán, Gobierno del Estado de Yucatán.
- Back W. 1995. “Water management by early people in the Yucatan, Mexico”, *Environmental Geology*, Berlin, Germany, Springer, 25, pp. 239-242.
- Barrera Vásquez A. y S. Rendón (Ed.). 1972. *El libro de los libros de Chilam Balam*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Beddows P., Blanchon P., Escobar E. y Olmo Torres-Talamante. 2007. “Los cenotes de la península de Yucatán”. *Arqueología Mexicana*, 14 (83): 32-35, publicado en Internet: <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/cenotes-peninsula.pdf> (consultado el 23/07/13).
- Campos T., Hélene T. 2006. “Agua y enfermedad entre algunos grupos mayas durante la colonia. Antípoda”, *Revista de Antropología y Arqueología*, 3, Bogotá, Colombia, Universidad de los Andes, pp. 155-174.
- De la Garza M. 1984. *El universo sagrado de la serpiente entre los mayas*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Filológicas, Centro de Estudios Mayas.
- Duarte Duarte A.R. y B. Wammack Weber B. 2009. *Arroz con leche: k ool utial k kuxtal*, video documental en maya y textos en español, DVD, 55 minutos, Mérida Yucatán, México.
- Escobar Ohmestede A. 1997. “Las ‘sequías’ y sus impactos en las sociedades del México decimonónico, 1856-1900”, Virginia García (coord.), *Historia de los desastres en América Latina*, II, México, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, CIESAS.
- Evia C. 2007. *El mito de la serpiente Tsukan*, México, UADY.
- García A. 2012. “La langosta, los mayas y el colonialismo en Yucatán, México, 1883”, *Relaciones*, 129, Estudios de Historia y Sociedad, México, pp. 215-249.
- Guardiola J. et al. 2011. “The Influence of Water Access in Subjective Well-Being: Some Evidence in Yucatan, Mexico”, Netherlands, *Springer Science+Business Media B.V.*, pp. 208-218.
- Guzmán Medina M.G.V. 2003. “Resistencia e identidad: el sistema de guardias en Kanxoc, Yucatán”, *Anales de Antropología*, 37, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 141-171.
- Ku Á., Madhavi Tello y J. Magaña. 2009. Video *Limpieza del cenote de Maní Yucatán*, 19 minutos, Ticul, Yucatán.
- Landa De D. 2007. *Relación de las cosas de Yucatán*, México, Editorial San Fernando.
- Olivares R. 2004. *Agua Sagrada*, en Velázquez J.L. (productor) de la Serie: “Pueblos de México”, Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe, México, SEP. Media Llum, Comunicación S.A. de C.V., http://www.nacionmulticultural.unam.mx/Portal/Derecho/MULTIMEDIA/ppm/32agua_sagrada.html (consultado el 20/07/13).
- Recinos A. 1979. *Popol Vuh: las antiguas historias del Quiché*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Sobrino M. 2012. “Mito maya yucateco de la Creación”, *Epigrafiac and lingüistic* <http://yidzatilhan.wordpress.com/2012/01/22/mito-maya-yucateco-de-la-creacion/> (consultado el 12/06/13).
- Sotelo L.E. 2012. “Deidades del agua en Códices mayas”, conferencia magistral presentada en el Coloquio *Manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán*, Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi de la Universidad Autónoma de Yucatán, del 22 al 24 de octubre de 2012, Mérida Yucatán.
- Stephens Lloyd J. and F. Catherwood. 1854. *Incidents of Travel in Central America, Chiapas, and Yucatan*, London, Artur Hall, Vitue and Co.
- Terán S. y Ch. Rasmussen. 1994. *La milpa de los mayas*, Mérida Yucatán, México, Gobierno del Estado de Yucatán.
- Toledo V.M. et al. 2008. “Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México)”, México, *Interciencia*, 33 (5), pp. 345-352.
- Wammack W., B. y A.R. Duarte Duarte. 2010. “Introducción. Género y globalización. Un panorama intercultural”, Duarte Ana Rosa y Byrrt Wammack (eds.), *Género en la época de la globalización. Miradas desde el mundo maya*, México, Plaza y Valdés.



Solar maya. En el Foro regional de oídos abiertos a la problemática del solar maya: “Ko’one’ex tzikbal yóo’lal u t’aankabil k-otoch” organizado por el Instituto para el Desarrollo de la Cultura Maya del Estado de Yucatán (Indemaya) y el Centro Regional Universitario Península de Yucatán (CRUPY) de la Universidad Autónoma de Chapingo, la mayoría de las personas asistentes provenientes de comunidades de Yucatán coincidieron en las dificultades para regar los cultivos con agua potable, por la baja presión con la que llega y el corto tiempo de disposición al día. Consideran que el pago de este servicio es caro, con diferencias de costos de un municipio a otro, y el exceso de cloro del agua que en algunos lugares, perjudica a las plantas.

Pedro J. Correa y Landy M. Silveira, profesores del Centro Regional Universitario Península de Yucatán, Universidad Autónoma de Chapingo.

Fotografía de Carlos Alcérreca.



Minelia Xiw, activa promotora del aprovechamiento de los saberes mayas en el manejo de los recursos naturales en el cenote en Tekit, Yucatán. Desde los años setenta, y aún más a partir de 2010, la Organización de las Naciones Unidas —incluido el voto de México— ha reconocido el derecho humano al agua potable, suficiente y saludable, permanentemente disponible, físicamente y económicamente accesible, así como al saneamiento que involucra el aseo y los sistemas de evacuación o reciclamiento de aguas residuales igualmente de manera permanente, suficiente, asequible y culturalmente adecuado¹.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

.....
¹ Resolución A/RES/64/292. Asamblea General de las Naciones Unidas. Julio de 2010. Observación General No. 15. El derecho al agua. Comité de Naciones Unidas de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Noviembre de 2002.

EL DISFRUTE DEL AGUA COMO DERECHO HUMANO

ESTEBAN KROTZ HEBERLE

*Unidad de Ciencias Sociales, CIR
Universidad Autónoma de Yucatán*

Hasta el inicio del siglo XXI había poca conciencia en la humanidad acerca de que el agua es un bien limitado y que esto vale más todavía para el agua dulce: el 2.5% del agua existente en el “planeta azul” lo es; pero dos tercios de esta reducida cantidad se encuentran congelados en los polos (Comisión Nacional del Agua 2014a:136). La afanosa búsqueda de agua en Marte, así como los conflictos crecientes en número entre países que comparten ríos, lagos y yacimientos subterráneos de agua dulce, la “guerra del agua” en Cochabamba de inicios del 2000 a partir de un proyecto de privatización del abastecimiento municipal del agua potable o los meses de bloqueos carreteros a mediados de 2013 en Sonora en torno al uso del agua del río Yaqui, han recordado que el agua no solamente es indispensable para todas las formas de vida en nuestro mundo, sino que también sirve a la especie humana para muchas otras cosas: es medio de transporte y fuente de energía, es ingrediente de numerosos procesos industriales y fundamental para buena parte de la agricultura y la ganadería. También constituye una importante dimensión de la experiencia estética (en lo que se apoya fuertemente la actividad turística) y es componente significativo de los universos simbólicos de todas las religiones (Barros, 2012).

A diferencia del petróleo, causa central de muchos conflictos bélicos del siglo XX, el agua dulce, causa pronosticada de relevancia semejante para el siglo XXI, no es sustituible (o, en el caso de la desalinización de agua marina, solamente a un costo muy alto y con muchos problemas técnicos, energéticos y ambientales). Y, sin embargo, muchos humanos no tienen acceso adecuado a cantidades suficientes de agua de calidad realmente potable (o sea, no solamente “entubada”) para beber y preparar sus alimentos, y, mucho menos, al agua necesaria para el aseo y a sistemas de evacuación o reciclamiento de aguas residuales. Así,

mientras que los europeos consumen en promedio más de 200 litros de agua por día, los norteamericanos consumen más de 400 litros, más de mil millones de seres humanos apenas consumen 5 litros diarios (Bruzzone 2012:20). Para el caso de México, donde todavía 9 millones de ciudadanos carecen de servicio de “agua potable” (sin tomar considerar su calidad y continuidad) y casi 11 millones aún no tienen acceso a servicios de drenaje (Comisión Nacional del Agua 2014b: 38), ha sido señalado que es precisamente el estrato más pobre de la sociedad que tiene que erogar, en términos porcentuales de su ingreso individual o doméstico, las cantidades más altas por el servicio de agua entubada y la compra de agua potable embotellada (Jiménez y Galizia 2012: 335 y sigs.).

Desde los años setenta se ha generado en el seno de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) un esfuerzo cada vez más firme y compar-

tido por declarar el derecho al agua potable (suficiente y saludable, permanentemente disponible, física y económicamente accesible) y al saneamiento (permanente, suficiente, asequible y culturalmente adecuado) como derecho humano, que incluso es considerado básico para el disfrute de los demás derechos humanos (ONU s/f b; Soares 2011). En 2005 se estableció el “Decenio Internacional para la Acción ‘El agua, fuente de vida’” (ONU s/f a); finalmente, el 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó (con el voto de México) la resolución 64/292 sobre “el derecho humano al agua y el saneamiento” (ONU 2010).

En dicha resolución, la Asamblea General se muestra “profundamente preocupada porque aproximadamente 884 millones de personas carecen de acceso a agua potable y más de 2,600 millones de personas no tienen acceso a saneamiento básico,

y alarmada porque cada año fallecen alrededor de 1.5 millones de niños menores de 5 años y se pierden 443 millones de días lectivos a consecuencia de enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento”; igualmente, enfatiza “la importancia de disponer de agua potable y saneamiento en condiciones equitativas como componente esencial del disfrute de todos los derechos humanos”. En consecuencia, la Asamblea General reconoció formalmente “que el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos”.

Cabe agregar que el tema aparece también en los conocidos “Objetivos del Milenio” (un listado de metas, establecidos por la ONU, para la/os ciudadana/os más pobres del mundo), donde se perseguía reducir a la mitad el porcentaje de la población mundial sin acceso seguro al agua potable, a lo que se agregó posteriormente el aspecto de sa-

neamiento. En función de la escandalosa previsión de que dicha meta no se iba a cumplir, la cuestión ha sido incluida nuevamente en varios documentos preparatorios de una nueva agenda global que se pretende formular para el decenio que iniciará en 2015 (Grupo de Alto Nivel de Personas Eminentes sobre la Agenda de Desarrollo Post-2015, 2013). Para completar el panorama de la situación y ponderar la enormidad del reto existente, hay que señalar que cada vez más, el debate sobre el “cambio climático” causado por la forma que actualmente predomina de apropiación de la naturaleza por las sociedades humanas, engloba también la situación del agua dulce y del derecho de todos los seres humanos al agua potable y al saneamiento, pues el fenómeno planetario mencionado hace prever severas alteraciones en cuanto a sobreabundancia y escasez temporal y permanente de agua en las diferentes regiones del mundo.

REFERENCIAS

- Barros M. 2012. “La vida, el agua y la liberación”, España, *Concilium* XLVII (5): 105-115.
- Bruzzone E. 2009. *Las guerras del agua: América del Sur, en la mira de las grandes potencias*, Buenos Aires, Editorial Capital Intelectual.
- Comisión Nacional del Agua. 2014^a. *Estadísticas del Agua en México*, Edición 2013. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- _____. 2014b. *Programa Nacional Hídrico 2014-2018*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Grupo de Alto Nivel de Personas Eminentes sobre la Agenda de Desarrollo Post-2015, 2013. *Una nueva alianza mundial: erradicar la pobreza y transformar las economías a través del desarrollo sostenible*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas (URL: <http://www.post2015hlp.org/wp-content/uploads/2013/07/HL-PRReport_Spanish.pdf>).
- Jiménez Cisneros B. y Galizia Tundisi J. coords. 2012, *Diagnóstico del agua en las Américas*, México, Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2010. *El derecho humano al agua y el saneamiento: resolución (64/292) aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010 (64/292)*. URL: <<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N09/479/38/PDF/N0947938.pdf?OpenElement>>.
- _____. *s/f a Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida» 2005-2015*. URL: <<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/index.shtml>>.
- _____. *s/f b El derecho humano al agua y al saneamiento: hitos*. URL: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_milestones_spa.pdf>.
- Soares D. 2011. “El derecho humano al agua desde la perspectiva de eventos internacionales”, México, *Sur de México* 1 (2): 31-39.



Pozo en San Simón, Yucatán. Este poblado se encuentra conectado al sistema de agua potable por medio de bombas, que no siempre funcionan de manera adecuada.

La meta de agua potable y saneamiento en condiciones equitativas en el mundo aún deja mucho que desear, y por ello estos temas han sido incluidos nuevamente en documentos preparatorios de una nueva agenda global para el decenio que iniciará en 2015, de frente al debate sobre el “calentamiento climático” causado por la forma actual predominante de apropiación de la naturaleza por las sociedades humanas, ya que no se descartan alteraciones futuras en la disponibilidad del agua.

Fotografía de Fulvio Eccardi.



Don Antonio Jiménez Mukul, Aj men de Maní. Más allá del alcance que reviste el ritual de petición de lluvias o Ch’aa chaac para la conservación de las tradiciones mayas que estimulan la cooperación y la unidad comunitaria, esta ceremonia cumple un relevante papel al brindar un espacio de reflexión sobre la importancia del vital líquido para la subsistencia del hombre, que ya se está perdiendo entre los jóvenes mayas. Ver video.



VIDEO “LA CEREMONIA DEL CH’A CHAAC”



Cenote en las cercanías de Tekit.

Fotografía de Carlos Alcérreca.



**ROGER ORELLANA LANZA
CELENE ESPADAS MANRIQUE**

*Unidad de Recursos Naturales,
Centro de Investigación Científica de Yucatán*

CAPÍTULO 6

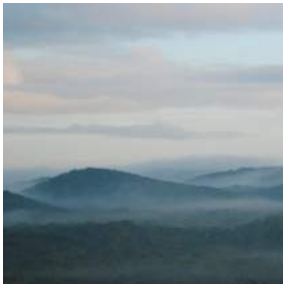
EL PAPEL DE LA CUBIERTA VEGETAL EN LA CONSERVACIÓN DEL AGUA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

“(…) no todas las nubes vienen del agua. Parte por parte. Si estamos en el campo enseguida lo ves; así sobre los árboles comienzan, van cargando las nubes con agua.”

Don Fermín, Xocén, Yucatán (Terán & Rasmussen 2008: 44).

Una parte fundamental del ciclo hidrológico lo constituye la vegetación, ya que las características de la cobertura vegetal pueden ayudar a conservar el agua y a mantenerla en el sistema. Si se remueve la capa vegetal, se corta una parte importante de la secuencia hidrológica, puesto que éste depende de las entradas y salidas de diferentes elementos a través de los ciclos biogeoquímicos, es decir, de la circulación de los componentes químicos que se encuentran en los organismos vivos, y en los componentes inertes de los ecosistemas, como las rocas, los suelos, y también influyen los tipos de climas de la región.

El modelo clásico del ciclo del agua y la vegetación se aplica en la península de Yucatán, al igual que en otras partes del mundo, de acuerdo con las características particulares que le brinda el encontrarse rodeada por el mar en tres flancos, así como el poseer un suelo rocoso calizo, compuesto de carbonato de calcio y magnesio (dolomítico), por lo cual, como se ha visto, el sistema de aguas subterráneas es muy importante. Figura 1.



Puuc o Sierrita de Campeche y Yucatán. La vegetación, como parte fundamental del ciclo hidrológico, contribuye a conservar el agua e influye en los tipos de climas de la región. Las zonas deforestadas reducen la evapotranspiración que participa en la formación de nubes precursoras, pues ésta es la principal fuente de vapor de agua para la precipitación.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

Página anterior

Dosel de la Reserva Biocultural Kaxil Kiuik en la Zona Puuc (Sierrita) de Yucatán.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

DENOMINACIÓN	ESCALA	VEGETACIÓN	PARÁMETROS DE REFERENCIA QUE SE MIDEN
Megaclima	Planetaria	Cubierta vegetal y fitoplancton	Albedo ¹ de la vegetación
Macroclima	Franjas latitudinales	Biomasa ²	Reflectancia de la vegetación o radiación solar reflejada por la misma.
Mesoclima	Regional	Tipos de vegetación	Diversidad b Superficies cubiertas
Microclima	Local	Comunidades Vegetales	Cobertura, densidad, Diversidad a
Mesomicroclima	Enclave	Asociaciones Vegetales	Estructura horizontal y vertical, Biomasa, grupos funcionales de plantas
Nanoclima	Microscópica	Hojas, tallos	Conductancia estomática Déficit de presión de vapor

CUADRO 1. LAS ESCALAS DEL CLIMA Y LA VEGETACIÓN

El Cuadro 1 da cuenta de las distintas escalas del clima, en las que se incluyen la vegetación y los parámetros con los que se puede evaluar el estado de conservación o deterioro de la misma.

La Figura 2, por su parte, muestra una conceptualización del sistema climático. En ella los factores climáticos se encuentran representados en

¹ Energía solar reflejada de manera difusa.

² Regiones del mundo con flora y fauna definidas por condiciones climáticas y geográficas.

el círculo externo, y la combinación que ejercen las fuerzas que determinan la magnitud de los elementos climáticos se encuentra en el círculo interno.

El macroclima expresa la distribución de los gradientes de lluvia a gran escala en los continentes y la distribución de los grandes biomas del planeta. Es decir, la diversidad de ecosistemas del mundo, con sus variaciones de vegetación, dependientes también, por ejemplo, de los tipos de suelo, entre otras cosas. En el mesoclima, el agua depende de

Figura 1. LAS ESCALAS DEL CLIMA Y LA VEGETACIÓN

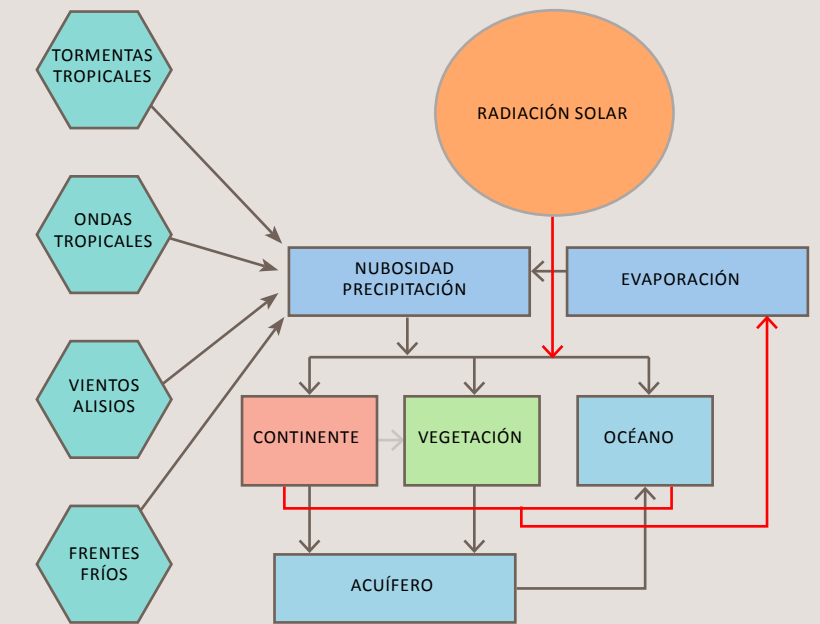
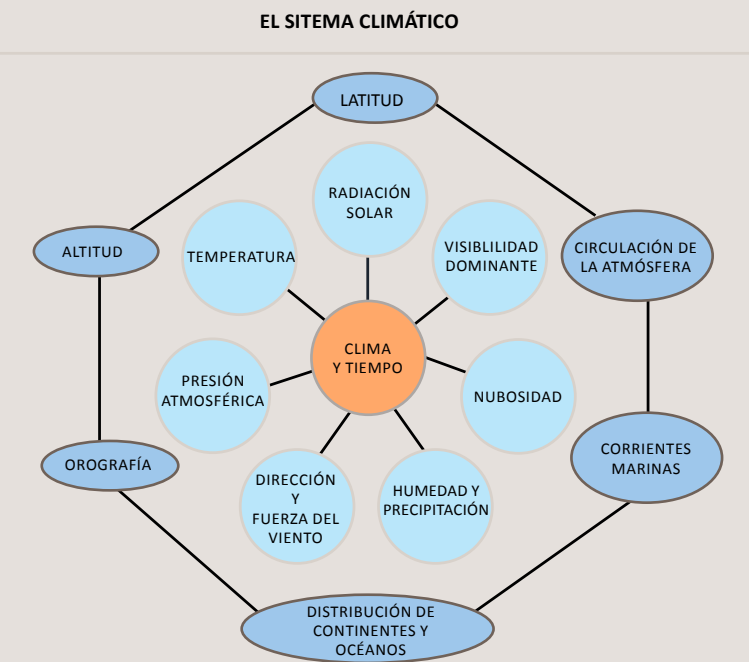


Figura 2. MAPA CONCEPTUAL DEL CLIMA Y EL TIEMPO



Elaborado por Roger Orellana

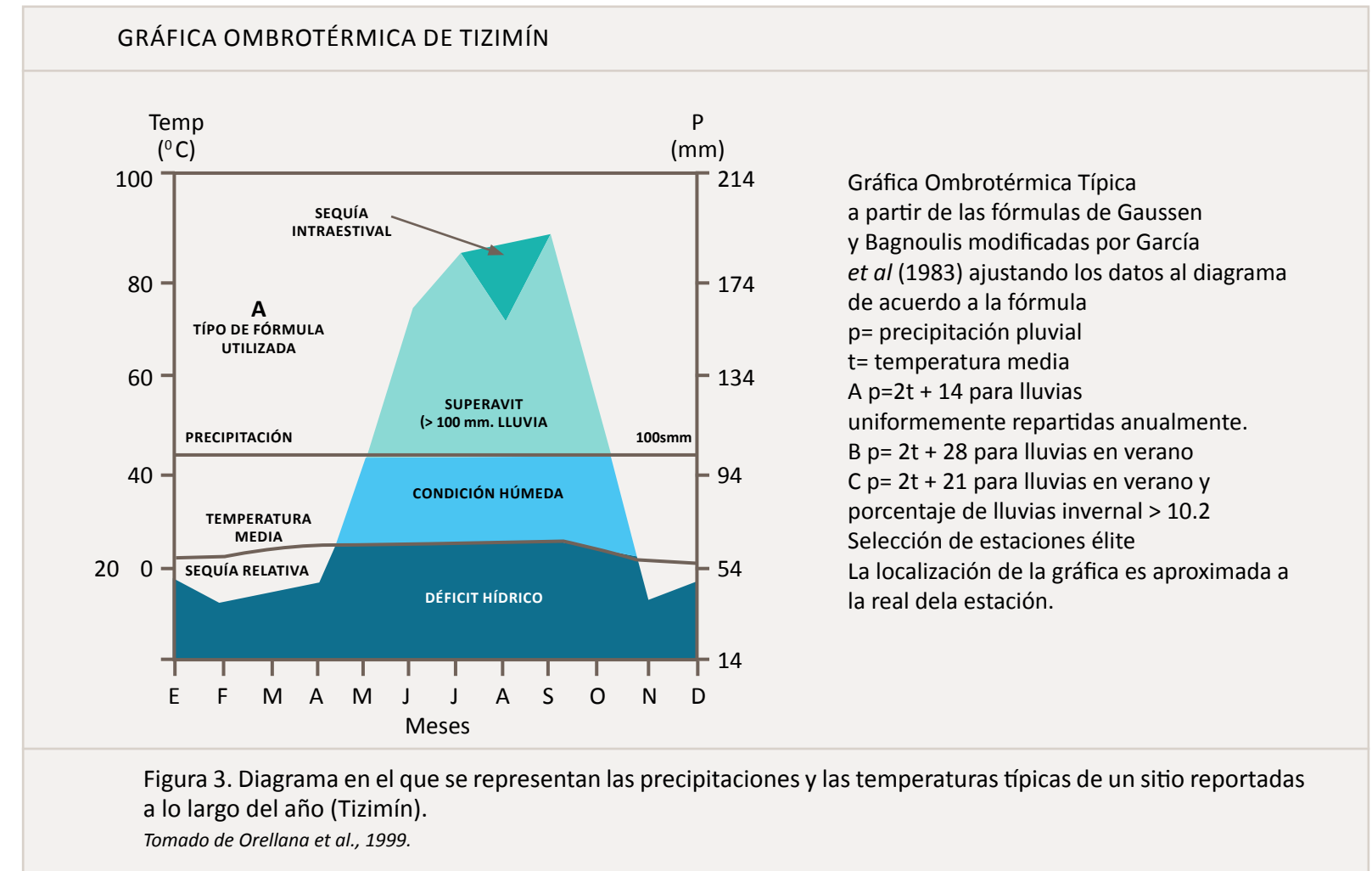
los factores climáticos: latitud, altitud, orografía, continentalidad, circulación atmosférica y oceánica. Mientras que en la escala local, en el microclima, la cantidad de lluvia depende de la composición específica del sitio, del aire, del movimiento de los gases atmosféricos, así como de la radiación solar, de la intercepción o captación de la luz por la vegetación, del agua y la temperatura. Asimismo, de la composición de la vegetación a través de los “grupos funcionales de plantas” que se encuentren en éste. Cada taxón o conjunto de clasificación va con sus actividades específicas, de acuerdo con su fisiología o funciones, que los hace responder al clima y al suelo al que estén sujetos.

Es común pensar que la definición de la estructura, complejidad y composición de la vegetación de un lugar se encuentra regida principalmente por la distribución de la precipitación pluvial y la temperatura en el tiempo y el espacio, lo cual es parcialmente cierto: A mayor abundancia de lluvia, la vegetación tenderá a ser más frondosa y perennifolia, es decir, a conservar su follaje durante todo el año, y viceversa, a menor cantidad, será más propensa a desarrollarse de manera estacional, y a tomar características xéricas, adaptada a la escases de agua. Sin embargo, la efectividad de la precipitación para el desarrollo de la vegetación también se encuentra en función de otros tres hechos fundamentales:

- El primero es la influencia de los patrones de la circulación de la atmósfera y su interacción con otros factores climáticos.

- El segundo es la temporalidad de la lluvia, es decir, cuándo llueve y cuál es el régimen de lluvias de la zona. De esta manera, entre más uniformemente repartida esté durante el año, se puede suponer que es más efectiva.
- El tercero está dado por la influencia que tiene la temperatura sobre la efectividad de la lluvia. A mayor temperatura, la probabilidad de que una gota de agua de lluvia llegue al suelo es menor, ya que en su trayectoria tenderá a evaporarse. Es por ello que siempre debe considerarse la relación entre la lluvia y la temperatura, puesto que tal interacción proporciona la efectividad de la humedad.

La relación entre la temperatura y la precipitación, por lo general, está expresada a través de índices de efectividad termopluviométrica. El índice más sencillo, entendible y cómodo es el de Lang, en el que simplemente se hace un cociente entre la precipitación promedio total anual y la temperatura media anual. Los valores en el ámbito regional forman áreas climáticas que se relacionan con zonas de vegetación. Considerando la marcha de la temperatura a lo largo del año, la oscilación de la misma, la lluvia y el régimen pluviométrico, se han construido las clasificaciones climáticas, y se ha elaborado una serie de índices y diagramas que dan cuenta de la efectividad o deficiencia de la lluvia en relación con la temperatura. Algunos de ellos son los denominados diagramas ombrotérmicos de Gausson y Bagnoullis, modificados por García *et al.* en 1983, los cuales representan la efectividad de la



Gráfica Ombrotérmica Típica a partir de las fórmulas de Gausson y Bagnoullis modificadas por García *et al* (1983) ajustando los datos al diagrama de acuerdo a la fórmula $p = 2t + 14$ para lluvias uniformemente repartidas anualmente. $B \ p = 2t + 28$ para lluvias en verano $C \ p = 2t + 21$ para lluvias en verano y porcentaje de lluvias invernal > 10.2 Selección de estaciones élite La localización de la gráfica es aproximada a la real dela estación.

precipitación (ombro) y la temperatura de un sitio, en un determinado periodo del tiempo.

La Figura 3 presenta un ejemplo de este índice (tomado de Orellana *et al.*, 1999) en el que se puede apreciar la intensidad de: a) la sequía anterior al verano, o sea, la preestival o relativa, b) la sequía intraestival, o de medio verano, si es que la

presenta el sitio, c) el déficit hídrico o cantidad de lluvia no efectiva debido a la elevación interanual de temperatura, d) la condición húmeda o monto efectivo de la precipitación, por encima de la influencia térmica y el superávit de lluvia, cuando ésta supera los 100 mm.

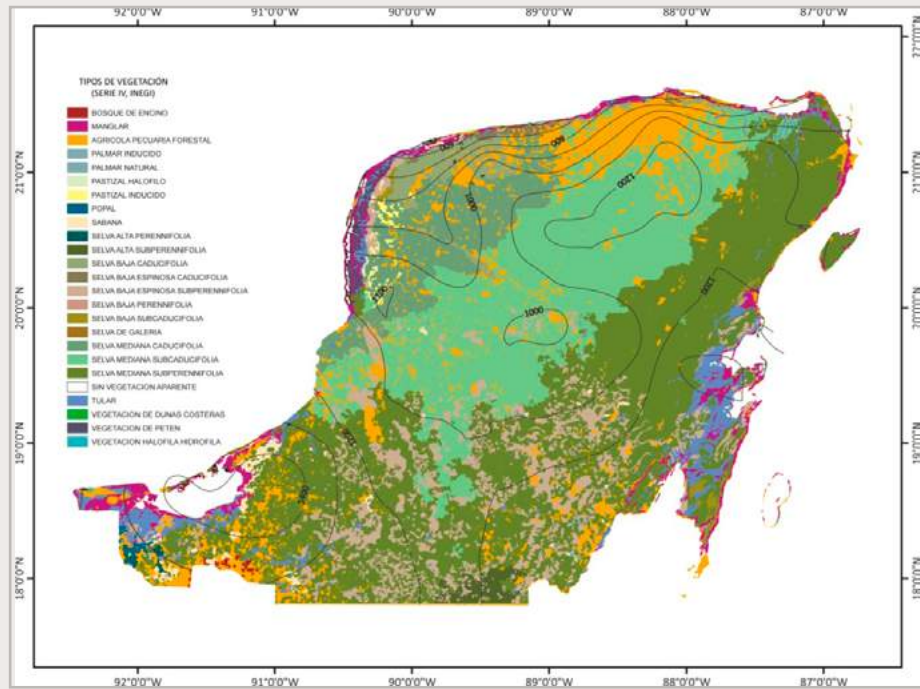


Figura 4. Superposición de las líneas isoyetas sobre el mapa de vegetación peninsular. Las tallas, cobertura y densidad de la vegetación se manifiestan de acuerdo con el gradiente de precipitación, que va del noroeste (más seco) al sur (más húmedo), como se aprecia en el mapa con el promedio de precipitación total anual o isoyetas, que unen puntos con iguales captaciones. Así, encontramos desde selvas bajas caducifolias que tiran el mayor porcentaje de sus hojas en las secas, para evitar la pérdida de agua, hasta selvas altas perennifolias que mantienen sus hojas todo el año.

LA VEGETACIÓN PENINSULAR
A NIVEL DE MESOESCALA

La estructura de la vegetación está directamente condicionada por el clima e indirectamente por el suelo, y a su vez, la flora influye sobre la conformación de los tipos de vegetación y la roca madre influye sobre los suelos (Walter, 1977).

Los tipos de vegetación de la península de Yucatán (Figura 4) han sido descritos por varios autores y en diferentes épocas. Las distintas versiones coinciden en definir la presencia de un gradiente de altura del estrato dominante y la conservación del follaje a lo largo del año, en el mismo sentido de la disposición de la lluvia. Así, se presentan en la región: el matorral de duna costera, las selvas bajas caducifolias, que tiran sus hojas en la época de secas para evitar la pérdida de agua a través de las mismas, algunas de estas selvas, las más secas, con cactáceas candelabroiformes. Además, las medianas subcaducifolias, en las cuales sólo parte de sus elementos pierden sus hojas (cerca al 50%), las medianas y altas subperennifolias con pérdida de hojas menor al 25%, y las selvas altas perennifolias, que mantienen sus hojas durante todo el año. Otros tipos de vegetación con menor extensión son las selvas medianas y bajas inundables (tintales), los palmares (tasistales, chitales), los pastizales inundables (sabanas) y las comunidades hidrófitas, que viven en sitios anegados todo o parte del año.

En la península de Yucatán, los registros paleoecológicos indican que ha habido cambios en los tipos de vegetación seca y selvática con la que contamos ahora, debido a modificaciones ambientales en las condiciones de humedad y calor. Sin embargo, las selvas secas caducifolias que se encuentran en el norte, así como las selvas subcaducifolias y subperennifolias en la porción central y sur de la Península han persistido desde el Holoceno temprano (Islebe *et al.*, 1996; Leyden *et al.*, 1993; Hodell *et al.*, 2001), es decir, desde hace aproximadamente 12000 años. Estos tipos de vegetación y las especies que los conforman se han adaptado a las fluctuaciones climáticas de la Península, porque las condiciones no han excedido sus niveles de tolerancia (Hodell *et al.*, 2001).

Las tallas, cobertura y densidad de la vegetación peninsular, relacionada con el gradiente de precipitación que se presenta en la región, se manifiestan del noroeste (más seco) al sur (más húmedo), según se puede apreciar en el mapa del promedio de precipitación total anual, o isoyetas.

- La geomorfología kárstica de la península hace posible que ciertas especies puedan absorber agua del manto subterráneo a través de largas raíces, con lo cual adquieren cierta independencia de la precipitación pluvial.
- La biogeografía histórica de la Península de Yucatán marca que existen algunas especies que han quedado como relictos de climas pasados.

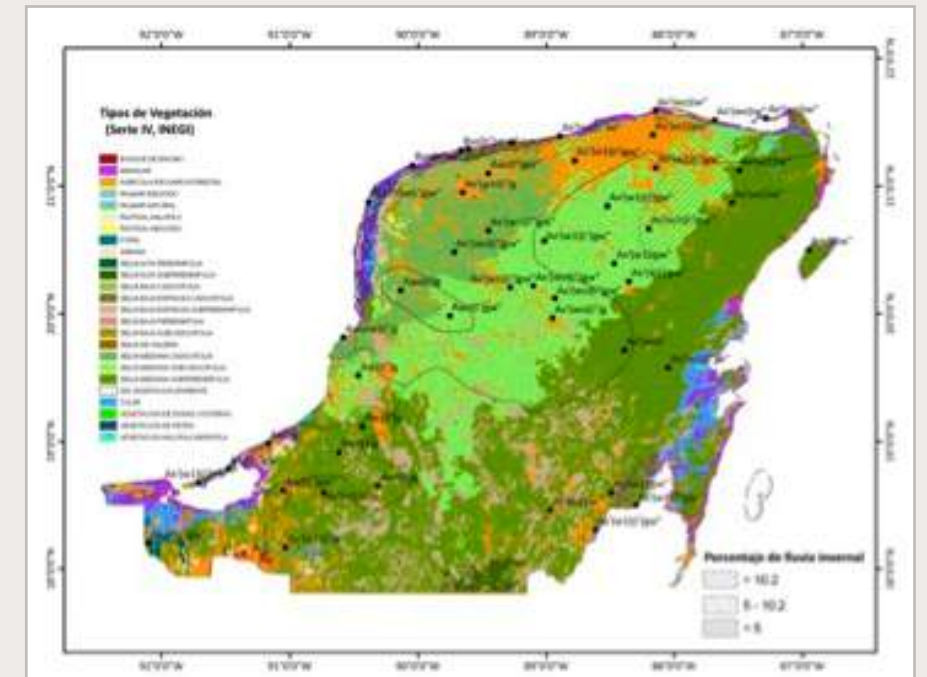


Figura 5. Distribución de las relaciones vegetación-climas en la península de Yucatán.

Es decir, remanentes sobrevivientes de fenómenos naturales, o especies con una distribución muy reducida, comparada con la que anteriormente tuvieron. Este es el caso de la vegetación de selva baja caducifolia con cactáceas candelabroiformes, en la que se tiene evidencia de antiguos climas secos, la cual ha perdurado por una serie de adaptaciones microambientales y microclimáticas. Es decir, por climas locales de características distintas a las de la zona en la que se encuentran. Figura 5.

RELACIÓN CLIMA-VEGETACIÓN EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

La presencia humana en la Península ha tenido efectos sobre los cambios estructurales en las comunidades vegetales, antes reguladas por las condiciones físicas del medio. Estudios de la flora y el clima del pasado distante (paleopalinooflora y paleoclima) han indicado que los mayas influyeron en gran medida con sus actividades agrícolas en las

³ A muy grandes rasgos en este tipo de agricultura se abren claros en la selva, aunque se tala de manera que se permite la regeneración de algunos árboles, y se quema la vegetación caída para que las cenizas fertilicen el suelo. Después de un tiempo de cultivo se deja descansar la tierra y se buscan otras nuevas para realizar el mismo procedimiento. El manejo integral de la selva permitió un aprovechamiento en múltiples formas que incluían su modificación y conservación a través de la selección de especies útiles a sembrar dentro de la misma selva, el uso diverso de flora y fauna, y la domesticación de especies en la milpa y el huerto familiar provenientes del medio silvestre (para mayor información consultar: Barrera M., Gómez P. y Vázquez Y., 1977: 47-61).

transformaciones de las selvas durante el Período Clásico Prehispánico (Deevey *et al.*, 1980; Islebe *et al.*, 1996; Leyden *et al.*, 1998). Esto implicó la selección artificial de especies más tolerantes al sistema roza, tumba y quema y al manejo integral de la selva,³ que ha sido planteado por diversos autores (por ej. Barrera Marín, Gómez Pompa y Vázquez Yanes, 1971). Las condiciones climáticas secas registradas para el periodo correspondiente al Holoceno tardío entre (4000 y 2000 años) coinciden con evidencias arqueológicas que indican adaptaciones de los antiguos pobladores a la sequía en la zona Puuc, con la ayuda de alternativas de captación de agua de lluvia en diversos almacenes, como los haltunes modificados, chultunes y las tinajas, además del cultivo de plantas adaptadas a la sequía (Brenner *et al.*, 2002). Así, el impacto de las actividades humanas probablemente tuvo efectos sobre las condiciones ambientales locales, modificando la estructura de la vegetación y el clima, a escala regional y local.

MICROCLIMA, COBERTURA VEGETAL Y EVAPOTRANSPIRACIÓN

La relación entre la cobertura vegetal y la precipitación ha sido demostrada a través de modelos que resaltan la relevancia del proceso de evapotranspiración (Shukla & Mintz, 1982; Shuttleworth, 2007). Básicamente, la evapotranspira-

ción de la superficie terrestre depende de la humedad del suelo, de la vegetación que transfiere la humedad a la atmósfera, y de la energía proveniente del albedo, o energía solar reflejada por la tierra de manera difusa, capaz de convertir el agua disponible en vapor (Shukla & Mintz, 1982). Sin embargo, en regiones deforestadas se observan cambios en la conductividad y en la capacidad de almacenamiento de agua del suelo debido a la reducción del índice de área foliar, o del follaje, y al incremento de la energía proveniente del albedo, lo cual provoca la reducción de la evapotranspiración (Shukla *et al.*, 1990; Sampaio *et al.*, 2007) que participa en la formación de nubes precursoras de lluvia.

Por ejemplo, en la selva tropical húmeda de la Amazonia, la evapotranspiración es la principal fuente de vapor de agua para la precipitación (Moreira *et al.*, 1997; Shukla *et al.*, 1990; Sampaio *et al.*, 2007; Spraklen *et al.*, 2012). Por lo anterior, numerosos investigadores han puesto énfasis en demostrar la relevancia del proceso en esa región y las afectaciones que traería consigo, en el ámbito mundial, si se mantienen las tendencias en las tasas de deforestación. Dentro de ellas, la disminución de la evapotranspiración del suelo, de la humedad atmosférica y, potencialmente, de los volúmenes de precipitación a escala regional que, consecuentemente, afectarían los patrones de circulación general de la atmósfera. Con base en lo anterior, la vegetación peninsular, sobre todo la que se encuentra en el sur,

con una mayor superficie foliar, es decir, con una mayor cobertura de hojas, también guardaría un papel importante en la conservación del agua tanto a nivel microclimático como en su área de influencia, lo que la hace doblemente frágil a su afectación por los desmontes. Aunque han sido menos estudiadas, se sabe que en las selvas caducifolias (secas), como las de la península de Yucatán, la precipitación anual es similar al potencial de evapotranspiración de sus componentes (Ewel, 1999). El índice del área foliar es considerablemente menor en comparación con las selvas húmedas, pues la incidencia de la radiación solar sobre el suelo y el albedo aumentan significativamente durante la estación seca, por la pérdida de hojas de muchas de sus especies, mientras que el factor hídrico es más restrictivo para el establecimiento de nuevas plántulas.

Entre los estudios que relacionan las condiciones hídricas con la composición de especies y la estructura de la vegetación en las selvas secas de la península de Yucatán, destacan los trabajos que vinculan la presencia de especies epífitas, es decir, las plantas que crecen sobre otras, usándolas solamente como soporte, y que viven con la disponibilidad de agua proveniente de la lluvia, el rocío, la neblina y la evaporación de las aguas de los cenotes abiertos (Andrade, 2003; Reyes-García, 2008; Chilpa-Galván *et al.*, 2013). El factor hídrico en este tipo de selvas se vuelve más restrictivo para el establecimiento de estas especies epífitas durante la estación seca, debido a que los árboles hospederos

pierden sus hojas y esto favorece el incremento de la radiación solar sobre las plantas, exacerbando las condiciones de sequía y consecuentemente la disponibilidad de agua (Reyes-García, 2008; Chilpa-Galván *et al.*, 2013).

Es un hecho que la evaporación está intrínsecamente ligada con la disponibilidad de agua, pero también por la influencia de otros factores derivados de las actividades humanas, como las prácticas agrícolas y los cambios de uso de suelo que involucran la deforestación, así como el conocido incremento en las concentraciones de CO₂ en el mundo, originadas por las emisiones de las fábricas y los vehículos, entre otras fuentes contaminantes. Todo ello afecta ecológica y fisiológicamente a las plantas al modificar la función del control de los estomas que intervienen en el intercambio de gases, la pérdida de agua, su vigor y sus fenologías, las cuales marcan la relación entre los factores climáticos y los ciclos de que determinan los periodos de caída de las hojas y de floración, entre otros. Es decir, provocan en general cambios que afectan sus periodos naturales, los requerimientos de agua de la vegetación y consecuentemente, la transpiración (Shuttleworth, 2007).

DEFORESTACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL

Estimaciones recientes de la Semarnat (2012), basadas en la Carta de Uso del Suelo y la Vegetación de la Serie IV del INEGI (2007) (Figura 6) señalan que la cobertura vegetal primaria con la que cuenta Yucatán ya es de tan solo 4%, en tanto que Campeche y Quintana Roo cuentan con 32 y 38%, respectivamente. La superficie restante se compone de cobertura vegetal secundaria de diferentes edades, con uso agropecuario y urbano.

A pesar de su relevancia ecológica, se ha puesto poco énfasis en conservar las selvas secas del Neotrópico, región biogeográfica en la que está enclavado el sur de México. A pesar de que nuestro país posee alrededor del 38% de la superficie total con las selvas secas, estimadas en el trópico, éste es uno de los ecosistemas más afectados (71%) y menos conservados, con tan solo 0.2% de su cobertura bajo algún régimen de protección (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010). En la península de Yucatán las selvas secas caducifolias se distribuyen en la porción noroeste; y de acuerdo con estimaciones del INEGI (1982), estas selvas cubrían antiguamente alrededor de 1.8 x 10⁶ ha. Sin embargo, en la década pasada, se estimaron tan solo remanentes que cubren un área de alrededor de 400,000 ha (González-Iturbe *et al.*, 2002). Figura 6.

Los análisis de las tasas de deforestación en México, estimadas durante el periodo 1970-1990, señalan que las selvas cambiaron de uso de suelo a una ve-



locidad promedio de 206 mil ha anuales, siendo ésta el tipo de cobertura vegetal con la tasa más acelerada (0.5% anual) de pérdida (Semarnat, 2012).

Durante la década 1990-2000, se transformaron alrededor de 1.3 millones de hectáreas de selvas a una tasa del 0.4% anual, y el panorama fue similar para el periodo 2002-2007 donde se registró la transformación de poco más de 835 mil hectáreas, a una tasa del 0.5% anual (Semarnat, 2012). Mientras que Yucatán, durante este último periodo, tuvo una tasa anual (0.77%) de pérdida de cobertura vegetal superior a la media del país.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS Y VEGETACIÓN

Como hemos visto en capítulos anteriores, la combinación de factores geológicos, la falta de elevaciones del relieve a gran escala (orografía) y las condiciones de los elementos climáticos (particularmente la precipitación y su distribución a lo largo del año) en un terreno de tipo cárstico, determina que exista una elevada permeabilidad del sustrato y una escasa formación de suelo, que influyen en gran medida sobre la escasez de agua superficial en la península.

Figura 6. Zona Puuc. La cobertura vegetal primaria con la que cuenta Yucatán ya es de tan solo 4%, en tanto que Campeche y Quintana Roo cuentan con 32 y 38%, respectivamente. La superficie restante se compone de cobertura vegetal secundaria de diferentes edades, con uso agropecuario y urbano (Semarnat, 2012).

Fotografía de Carlos Alcérreca.

la de Yucatán (Back, 1985). Las reservas de agua se encuentran a profundidades variables, y en las llanuras costeras, donde son bastante someras, se espera que la evapotranspiración del manto freático sea relevante en el balance hídrico del acuífero cárstico (Bauer-Gottwein *et al.*, 2011). Aunque esta evapotranspiración es difícil de estimar, se supone que la vegetación que crece en lugares donde el manto de agua se encuentra a menos de 10 m de profundidad no sufre de estrés hídrico, es decir, de falta de agua (Bauer-Gottwein *et al.*, 2011), ya que muchas plantas tienen raíces que alcanzan esa profundidad.

Estudios recientes que analizan la recarga del acuífero de la península de Yucatán, en función de la precipitación media total anual y la tasa de evapotranspiración, muestran que la distribución espacial de la recarga está fuertemente influenciada por los patrones de la vegetación. En las zonas costeras fueron estimadas altas tasas de evapotranspiración, muy elevadas al compararlas con los valores de la precipitación media total anual, en tanto que la principal recarga de lluvia de la Península fue encontrada en las cercanías de Valladolid, región en la que se encuentran presentes selvas caducifolias y subcaducifolias (Gondwe *et al.*, 2010).

En zonas costeras de la península de Yucatán se ha demostrado que la salinidad de las aguas subterráneas es el principal factor limitante para el establecimiento de las especies en la vegetación de las dunas; así es que la presencia de especies en ellas está asociada a manantiales de agua dulce (Espejel, 1987).

CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN Y CAMBIO CLIMÁTICO

Para poder evaluar los posibles escenarios futuros en la distribución de los tipos de vegetación, así como de la composición florística de los mismos, ante el cambio climático en la península de Yucatán, se han de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- No se puede predecir a cuánto ascenderán las emisiones de gases de invernadero en el futuro, pues éstas dependerán de las condiciones socioeconómicas mundiales.
- El aumento de la temperatura, aun en fracciones de grado, ha ido alterando paulatinamente las interacciones con la circulación atmosférica y oceánica.
- Existen diferentes modelos generales de la circulación atmosférica acoplados al océano. De éstos se tienen diversas salidas dependiendo de posibles escenarios futuros socioeconómicos hacia el futuro.
- En consecuencia, existe una gran variabilidad de la lluvia, y lo es en función de un gradiente de humedad.
- Se deben tomar en cuenta los factores que afectan la lluvia tales como los fenómenos hidrometeorológicos, cuyas intensidades y frecuencias han ido variando.
- Para poder evaluar los posibles cambios en la distribución de la vegetación, se debe considerar el efecto sinérgico o simultáneo de las

alteraciones por causa de la agricultura, los desmontes y el fuego, así como las grandes sequías que se han presentado en la región durante cientos de años.

La configuración de los tipos de vegetación peninsulares se ha dado por la interacción de clima y suelos durante miles de años, y que las condiciones de clima más importantes en la Península son el resultado del alto porcentaje de lluvia invernal, la distribución de la precipitación relacionada con la temperatura (P/T), así como de la canícula o temporada de calor más intenso. Todo ello con el influjo de frentes fríos, ondas tropicales y huracanes.

Es importante tomar en cuenta que si el clima cambia todos estos factores se alteran, y con ello:

1. Cambia el ciclo fenológico de las plantas, es decir, la floración, fructificación y acoplamiento con polinizadores y dispersores.
2. La vegetación puede entrar en un estatus de estrés de sequía o inundación.
3. Lo anterior lleva a que se presenten abruptas extinciones locales de especies.
4. Un cambio climático abrupto trastoca la evolución paulatina de la flora regional. Figura 7.

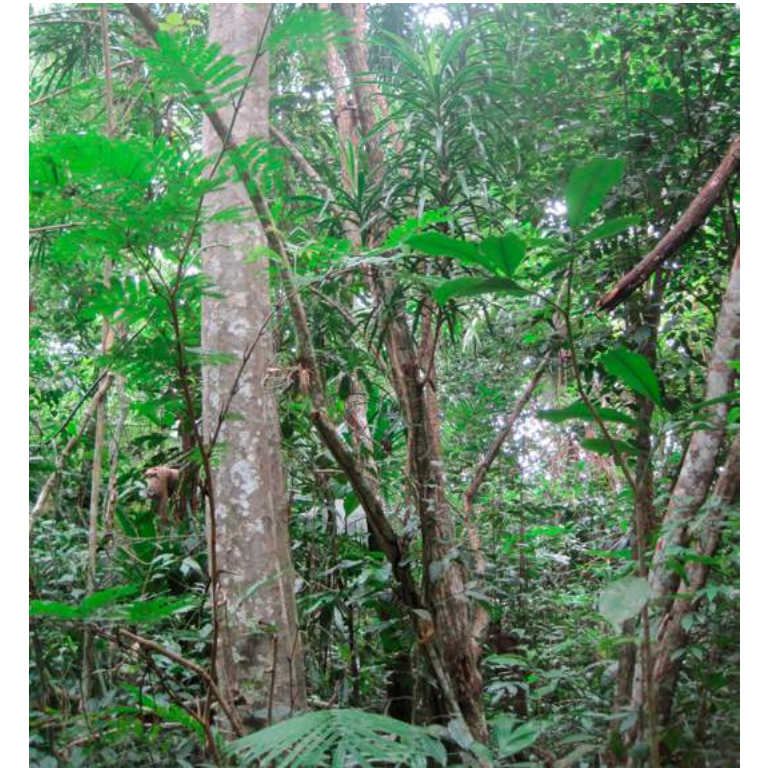


Figura 7. La ruptura del equilibrio por la deforestación se observa ya en las modificaciones en los regímenes de temperatura y lluvia planetaria, como primeras señales de cambio climático. Es necesario conservar y regenerar la vegetación original para afectar lo menos posible los microclimas que se presentan dentro de los tipos de vegetación, y los distintos compartimentos que participan en el gran ciclo del agua del planeta.

CONSIDERACIONES FINALES

Los eventos meteorológicos extremos, así como la pérdida y transformación constante de la cobertura vegetal de la región peninsular por las actividades humanas, traen como consecuencia la degradación de los suelos y de su función productiva, así como la pérdida de la biodiversidad. Es importante recalcar que su transformación exagera el deterioro de muchos servicios ambientales, como la disponibilidad del agua, la regulación del clima y de los ciclos biogeoquímicos necesarios para el equilibrio de los ecosistemas. Aunado a esto, hay que agregar los cambios que se ha ido dando en los regímenes térmicos y pluviométricos, como primeras señales de cambio climático. Por lo tanto, es menester el tratar del conservar y en su caso favorecer la regeneración de la vegetación original para así afectar lo menos posible por un lado la gran cantidad de microclimas que se presentan dentro de los tipos de vegetación y, por lo tanto, los distintos compartimentos que participan en el gran ciclo del agua del planeta.



Rocío después de la lluvia.
Fotografía de Carlos Alcérreca.



Figura 6. Zona Puuc, Yucatán.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

REFERENCIAS

- Andrade J.L. 2003. "Dew deposition on epiphytic bromeliad leaves: an important event in a Mexican tropical dry deciduous forest", *Journal of Tropical Ecology*, 19: 479–488, Cambridge, UK, Cambridge Journals.
- Back W. 1985, "Hydrogeology of the Yucatan", *Geology and hydrogeology of the Yucatan and quaternary geology of northeastern Yucatan Peninsula*. W.C.Ward, A.E. Weidie, W. Back (Eds), New Orleans, USA, New Orleans Geological Society: 99–124.
- Barrera Marín A., Gómez-Pompa A., Vázquez-Yanes C. 1977. "El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas", *Biótica* 9(2):47-61, Xalapa, Veracruz, México, INIREB.
- Bauer-Gottwein P., Gondwe B.R.N., Charvet G., Marín L.E., Rebolledo-Vieyra M. & G. Merediz-Alonso. 2011. "Review: The Yucatan Peninsula karst aquifer, Mexico", Virginia, USA, *Hydrogeology Journal* 19 (3): 507-524.
- Brenner M., Rosenmeier M.F., Hodell D.A., Curtis J.H. 2002. "Paleolimnology of the Maya Lowlands: long-term perspectives on climate, environment, and humans". Nashville, USA, *Ancient Mesoamerica*, 13: 141-157, Cambridge, Cambridge Journals.
- Chilpa-Galván N., Tamayo-Chim M., Andrade J.L., Reyes-García C. 2013. "Water table depth may influence the asymmetric arrangement of epiphytic bromeliads in a tropical dry forest", *Plant Ecology*, 214 (8): 1037-1048, England, Oxford University.
- Deevey E.S. Brenner M., Flannery M.S., Yezdani G.H. 1980. "Lakes Yaxha and Sacnab, Petén Guatemala: limnology and hydrology", Stuttgart, Germany, *Archiv für Hydrobiologie*, 57: 419-460, Stuttgart, Germany, Schweizerbart Science Publishers.
- Espejel I. 1987. "Phytogeographical Analysis of Coastal Vegetation in the Yucatan Peninsula", *Journal of Biogeography* 14 (6): 499-519, UK, Wiley Blackwell.
- Ewel J.J. 1999. "Natural systems as models for the design of sustainable systems of land use", *Agroforestry Systems*, 45: 1–21, UK, Springer.
- García E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*, México, Instituto de Geografía, UNAM.
- García E., Hernández M.E., Cardoso M.D. 1983. "Las gráficas ombrotérmicas y los regímenes pluviométricos en la República Mexicana", *Memoria del IX Congreso Nacional de Geografía*, Guadalajara, México, Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, pp.140-149.
- González-Iturbe J.A., Olmsted I., Tun-Dzul F. 2002. "Tropical dry forest recovery after long term Henequen (sisal, *Agave fourcroydes* Lem.) plantation in northern Yucatan, Mexico", *Forest Ecology and Management*, Oxford, Elsevier, 167:67-82.
- Hodell D.A., Mark B., Curtis J.H. & Guilderson T. 2001. "Solar Forcing of Drought Frequency in the Maya Lowlands", Cambridge Mass., *Science*, 292 (5520):1367-1370.
- Holocene vegetation history from lowland Guatemala", *The Holocene*, U.K., Swansea University, 6(3): 265-271.
- Indicadores clave y de desempeño ambiental*. 2013. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales, México, Semarnat.
- Islebe G.A., Hooghiemstra H., Brenner M., Curtis J.H., Hodell D.A. 1996. "A
- Leyden B.W., Brenner M., Hodell D.A., Curtis J.H. 1993. "Late Pleistocene climate in the Central American lowlands", *Geophysical Monographs*, 78: 165-178, Washington, AGU publications.
- Leyden B.W., Brenner M., Dahlin B.H. 1998. "Cultural and Climatic History of Coba, a Lowland Maya City in Quintana Roo, Mexico", *Quaternary Research*, 49, (1): 111-122, Oxford, Elsevier.
- Moreira M., Sternberg L., Martinelli L., Victoria R., Barbosa E., Bonates L., Nepstad D. 1997. "Contribution of transpiration to forest ambient vapour based on isotopic measurements", *Global Change Biology*, 3(5): 439–450.
- Orellana R. (Coordinador). García de Miranda E., Bañuelos I., Balam M., González- Iturbe J.A., Herrera F., Vidal J. 1999. "Evaluación climática", *Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán*, García de Fuentes A., Córdoba J., Chico P. (eds), Mérida, Yucatán, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán-Conacyt, pp. 163-182.
- Portillo-Quintero C.A., Sanchez-Azofeifa G.A. 2010. "Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas", *Biological Conservation*, 143 (1):144-155 Oxford, Elsevier.
- Reyes-García C., Griffiths H., Rincón E., Huante P. 2008. "Niche differentiation in tank and atmospheric epiphytic bromeliads of a seasonally dry forest". *Biotropica*, 40:168–175, Association for Tropical Biology and Conservation. New Jersey, USA, Wiley.
- Sampaio G., Nobre C., Heil Costa M., Satyamurty P., Silveira Soares-Filho B., Cardoso M. 2007. "Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion", *Geophysical Research Letters*, 34:1-17, Washington, AGU publications.
- Shukla J., Mintz Y. 1982. "Influence of Land-Surface Evapotranspiration on the Earth's Climate", Cambridge Mass., *Science* 215:1498-1501.
- Shukla J., Nobre C., Sellers P. 1990. "Amazon Deforestation and Climate Change", Cambridge Mass., *Science*, 247:1322-1325.
- Shuttleworth W.J. 2007. "Putting the "vap" into evaporation", *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 11(1): 210-244, Göttingen, Germany, Copernicus publications.
- Spracklen D.V., Arnold S.R., Taylor C.M. 2012. "Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests", *Nature*, 489: 282–285.
- Steinich B., Marín L.E. 1996. "Determination of flow characteristics in the aquifer of the Northwestern Peninsula of Yucatan, Mexico", *Journal of Hydrology* 191: 315-331, Oxford, Elsevier.
- Walter H. 1971. *Ecology of Tropical and Subtropical Vegetation*, New York, Van Nostrand Reinhold Co.
- _____ 1977. *Zonas de vegetación y clima*, Barcelona, Ed. Omega.
- Ward W.C. 1985. "Quaternary geology of northeastern Yucatan Peninsula". *Geology and hydrogeology of the Yucatan and quaternary geology of northeastern Yucatan Peninsula*. Ward W.C., A.E. Weidie, W. Back (eds.), USA, New Orleans, Geological Society, 168 pp.

LA ADAPTACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN A LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA

JOSÉ SALVADOR FLORES GUIDO

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán

Se ha visto que el suelo cárstico y poroso de la península de Yucatán es muy particular, pues traspasa gran parte del agua que llueve y la guarda en su acuífero. Por otro lado, toda el agua que se filtra de Guatemala llega hacia el espejo de agua del área calcárea del Petén, al sur de la Península, y también converge en esta zona la humedad que llega del Océano Pacífico, del Golfo de México y del mar Caribe y se manifiesta climáticamente, haciéndola una zona rica en este recurso hídrico.

Muchos autores están de acuerdo en que la vegetación de una región refleja los aspectos climáticos y los edáficos, o del suelo, ya que son éstos los que le permiten a la planta adaptarse y evolucionar a través del tiempo; y es precisamente el recurso vegetal peninsular donde queda de manifiesto la adecuación de la vegetación a la disponibilidad del recurso hídrico de esta región. Figura 1. Así, de norte a sur existe un gradiente de humedad y precipitación (la humedad y la lluvia aumentan de norte a sur, incluyendo las islas de la Península), lo cual es importante para la vida vegetal, y se expresa en su apariencia a través del año.

La primera franja de plantas fanerógamas o plantas con flores, la encontramos sumergida en el mar y la conocemos como: pastos marinos, formados por especies de plantas que han tenido que adaptarse a las concentraciones salinas en distintas soluciones; se fijan con rizomas para resistir el vaivén de las corrientes y son favorecidas por la entrada de luz en las aguas cristalinas tanto del norte de Yucatán como del Caribe y Golfo mexicanos. Son plantas herbáceas que mantienen sus hojas durante todo el año y están a poca profundidad. Otra franja de vegetación adaptada a los suelos inundables y salinos son los manglares, los cuales, para sobrevivir, tienen pocos estomas, cubiertas crasas o gruesas, glándulas excretoras de sal en sus hojas y tallos, y en las raíces también hay órganos y organelos que regulan el intercambio de gases y la expulsión de sal. Figura 2.



Cercana a las lagunas costeras también se encuentran suelos inundables que generan aguadas en los periodos de lluvia, y en ellas se encuentran plantas sumergidas, ciperáceas y gramíneas, o flotantes, por lo general gracias a que tienen elementos aeríferos que se encuentran en sus raíces y en las hojas para pesar poco, flotar y realizar la fotosíntesis, como le sucede al tule y a las ninfas.

En tierra firme se encuentran las plantas que forman la vegetación de duna costera, con sus matorrales, en donde, debido a la escasez de lluvia que se presenta, por lo general, y las altas temperaturas, las plantas se han adaptado a estas condiciones, y representan un salto de la vida marina a la tierra. Las grandes adecuaciones se encuentran en sus raíces, tallos, hojas y frutos; por ejemplo, muchas tienen pocos estomas o estomas encriptados o hundidos, para perder poca agua y almacenarla, algunas presentan hojas gruesas y tienen estolones o rizomas.



Figura 1. Plantas acuáticas. Las ninfas son comunes en los cenotes de la península de Yucatán.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

Figura 2. Mangle. Ría de Celestún.

Fotografía de Ricardo Medrano.

Otras son plantas pioneras e ingenieras que están listas para vencer el calentamiento y la salinidad del suelo. Luego continúa el matorral de duna donde la concentración salina es menor, permitiéndole a las plantas liberar un poco de agua de sus células para su crecimiento; en este tipo de vegetación también se encuentran palmeras y árboles.

En las franjas próximas a la costa habita una vegetación muy particular que crece alrededor de los manantiales de agua dulce que nacen de los ríos subterráneos: los petenes, ecosistemas de gran belleza, que desde el aire se muestran como donas de vegetación con espejos de agua que reflejan intensamente la luz del sol. Figura 3.

Ya dentro del territorio peninsular, dirigiéndonos siempre del norte donde cae un menor porcentaje de lluvia, al sur, encontramos la Selva Baja Caducifolia, llamada así porque sus árboles y arbustos pierden sus hojas en el largo periodo de



Figura 3. Petén Kambul Na, Ría Lagartos, Yucatán. En las franjas próximas a la costa habita una vegetación muy particular que crece alrededor de los manantiales de agua dulce que nacen de los acuíferos subterráneos: los petenes, ecosistemas de gran belleza, que desde el aire se muestran como donas de vegetación con espejos de agua, que reflejan intensamente la luz del sol.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

secas. Una parte de estas selvas tiene abundantes espinas que, como se recordará, son hojas transformadas que le ayudan a no perder agua y a guardarla para la primavera. Abarcan una pequeña franja en el norte peninsular, con árboles y muchas cactáceas, la mayoría endémicas o exclusivas de la región. En la época de sequía este tipo de selvas florece, da frutos y semillas.

Al adentrarse más al sur de los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, la precipitación y la humedad sigue aumentando, hay periodos de neblina y por lo tanto más disponibilidad de agua, por lo que las poblaciones de árboles tienen más altura que las selvas bajas. Un porcentaje de 20 a 30% de sus árboles se queda con hojas y recibe el nombre de Selva Mediana Subcaducifolia. Al continuar avanzando al sur peninsular, se localiza una franja de selva que abarca casi todo el estado de Quintana Roo, el cono sur de Yucatán y la parte baja de Campeche que es más diversa, un poco más alta, y debido al aumento de humedad y precipitación su estructura es más compleja y diversa. Es la selva “chiclera” o Mediana Subperennifolia, en la cual las especies arbóreas dejan caer sus hojas en un 10 o 20% , y la mayoría se queda con ellas, por lo que se ve más verde.

En ocasiones se puede encontrar entre las selvas bajas y medianas subcaducifolias las llamadas:

rejolladas. Éstas son hondonadas con sedimentos arcillosos en el fondo, generalmente con suelos fértiles, que al parecer son el resultado de un lejano hundimiento de la bóveda de un cenote, y tienen agua disponible en el subsuelo para la vegetación que crece en ellas, aun en época de secas debido a su cercanía con el manto freático, al que llegan con el alargamiento de sus raíces. Por ello las plantas de estos lugares, al igual que las que rodean los cenotes, son altas, mantienen su follaje y presentan una mayor diversidad de especies que las de las selvas que se encuentran a su alrededor.

En una pequeña fracción en la base de Quintana Roo y Campeche existe una franja donde llueve más y hay mayor humedad, así es que no hay necesidad de que sus árboles tiren sus hojas y siempre se ven verdes, ésta es la Selva Alta Perennifolia.

Hay otros tipos de vegetación en donde se aprecia la influencia de la precipitación en las “tierras bajas” en las que se encuentran las Selvas Bajas Inundables o Tintales que en general abundan en la base de la Península; pero además se pueden encontrar en la parte central y en el norte. Estos suelos son llamados por los mayas *akalche*, y tienen escasa lixiviación o escape de líquidos al subsuelo, por lo que en la época de lluvias se inunda. En ellos domina el famoso palo tinto (*Haematoxylum campechianum*) que en el siglo XVIII fue grandemente



Figura 4. Guanos en una zona inundable en el área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, en Campeche. Cercana a las lagunas costeras se encuentran suelos inundables que generan aguadas en los periodos de lluvia, y en ellas se localizan plantas adaptadas a estas condiciones.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

explotado para elaborar y comerciar colorantes textiles en la Nueva España y en Europa.

En la sabana hay árboles separados y abundantes gramíneas y ciperáceas, cuyos suelos también tienen poca lixiviación, o escape del agua, debido a las arcillas que poseen, y se inundan en época de lluvias. En la sequía, con las altas temperaturas, el agua se evapora, los suelos se agrietan y los rizomas de las plantas quedan secos, pero los meristemos de estos últimos les permiten crecer cuando vuelve a inundarse. En la base peninsular en medio de la sabana se desarrollan poblaciones de un tipo de pino (*Pinus caribaea*). Una de las teorías señala que es una especie que permaneció como relictos, o remanente de una época en la que hacía menos calor en la región, es decir, de un cambio climático. También en suelos bajos anegadizos se encuentran manchones de Selva Baja Inundable con rodetes de las palmas llamadas tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*).
Figura 4.

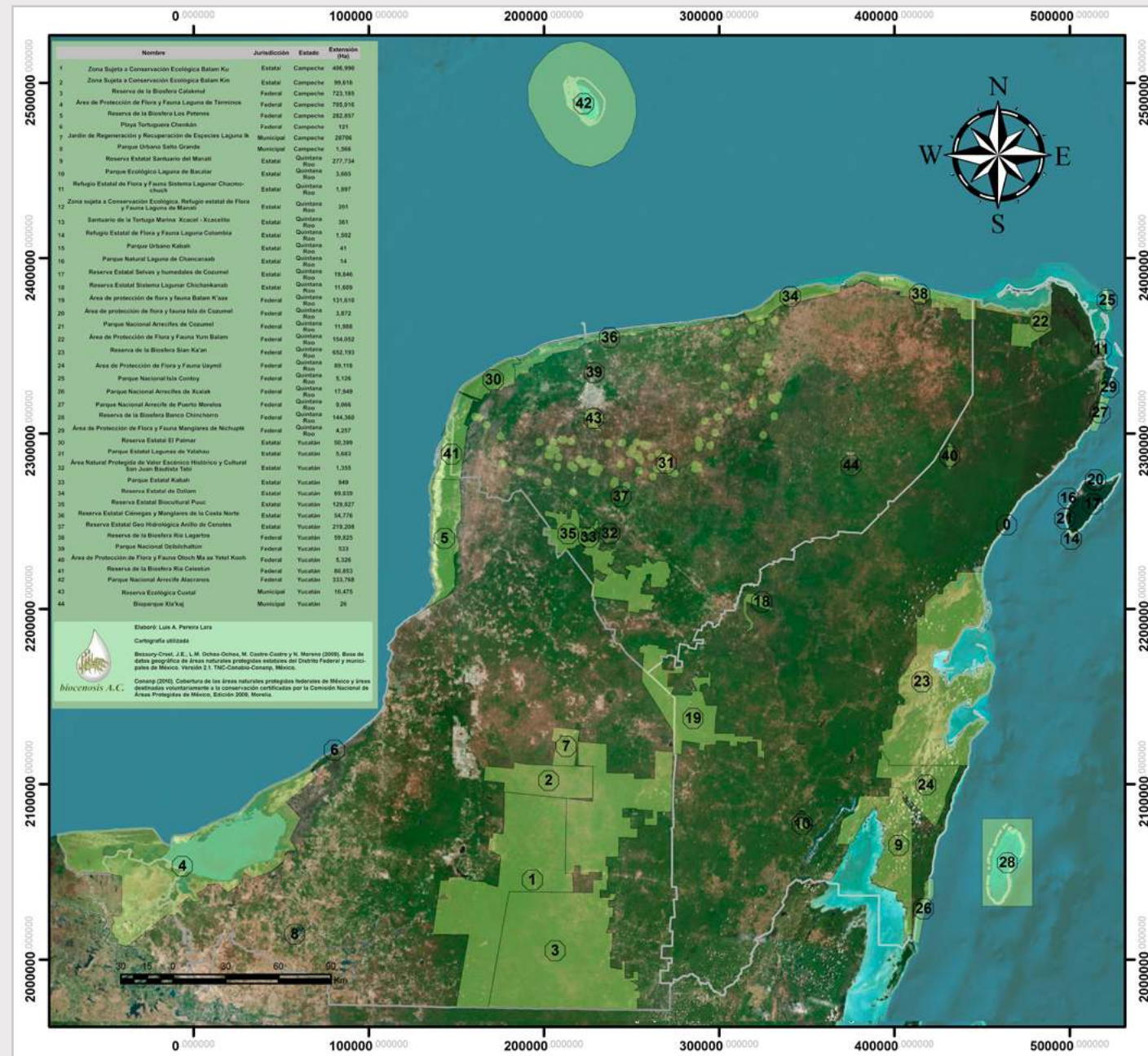
.....
REFERENCIAS

- Batllori E. & J.L. Febles. 2002. "El agua subterránea en el desarrollo regional de la península de Yucatán", *Avance y Perspectiva*, 21: 67-78, México, Cinvestav.
- Chan Vermont C., Rico-Gray V. y J.S. Flores. 2002. *Guía ilustrada de la flora costera representativa de la península de Yucatán*, Etnoflora Yucatanense, 19, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán, 133 pp.
- Consejería del Medio Ambiente. 1996. *El agua y la naturaleza del medio ambiente*, Castilla y León España, Consejería del Medio Ambiente, pp. 4-13.
- _____. 1996. "El hombre y el agua", en *Cuaderno del Medio Ambiente*. Castilla y León España, Consejería del Medio Ambiente, pp. 14-24.
- Flores J.S. 1983. "Significado de los *haltunes* (sartenejas) en la cultura maya", México, *Biótica* 8 (3): 259-279.



Mangle. Ría de Celestún. La vegetación de manglar contribuye a mantener la calidad del agua que contacta con sus largas raíces, pues éstas son capaces de atrapar diversos contaminantes producidos por las actividades humanas, como los materiales pesados. Además de ser una importante barrera que protege a las costas de la erosión y de los vientos fuertes, como los huracanes, y de ser el hogar de estadios juveniles de cientos de especies de peces, moluscos y crustáceos (Batllori y Febles, 2012).

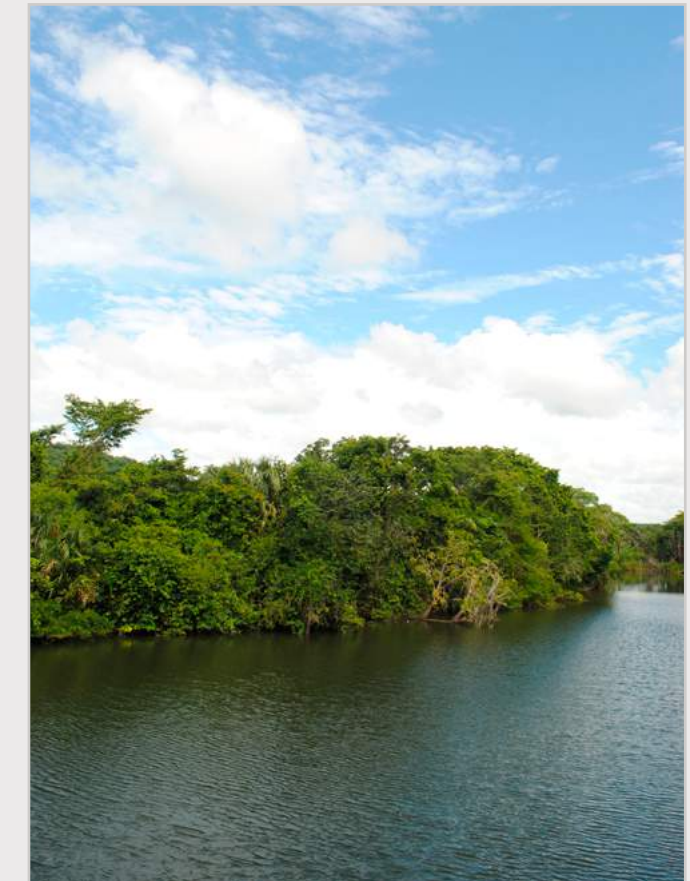
Fotografía de Carlos Alcérreca.



Mapa de las Áreas Naturales Protegidas de la Península de Yucatán.
Elaborado por Luis Perea, Biocenosis, A.C.

LA CONSERVACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS Y SU INDISOLUBLE LAZO CON LA BIODIVERSIDAD QUE ALBERGAN

En la primera mitad del siglo XX, el vínculo del ciclo hidrológico con las selvas y los bosques fue fundamental en los programas de conservación. A partir de década de los setenta la protección de los ecosistemas naturales adquirió más importancia, pero más dirigida hacia la conservación de la biodiversidad que al ciclo del agua. Sin embargo, muchas de las áreas decretadas en nuestro país corresponden a importantes cuencas, humedales, lagunas, esteros o manglares, como Ría Celestún, Ría Lagartos, Los Petenes, y Laguna de Términos, en la península de Yucatán. Esto es un avance, pero aún faltan muchas áreas críticas relacionadas con las cuencas que deben ser protegidas, o sus decretos reforzados y puestos en operación (De la Maza J. y R., 2005, y Carabias, 2005).



Río Champotón,
Campeche.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, EL AGUA Y LOS RESIDENTES LOCALES

RAFAEL ROBLES DE BENITO

*Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas,
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*

Durante su ya larga historia, que inició en 1876, durante el gobierno de don Sebastián Lerdo de Tejada (Alcérreca *et al.*, 1988), las áreas protegidas han limitado o regulado el acceso de diversos actores sociales a la apropiación de los recursos que alojan, con diversas categorías, en función de los intereses que han animado su creación, de las condiciones políticas y sociales de cada época, y –cada vez más– del marco jurídico que las norma. Este marco se ha ido transformando, de ser una colección creciente y circunstancial de declaratorias, a constituir un entramado legal que abarca, desde el Artículo XVII de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pasando por la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, hasta la construcción del Reglamento de esta última en materia de Áreas Naturales Protegidas, y las reglas administrativas que forman parte de cada uno de sus programas de manejo.

Independientemente de la categoría de área protegida de que se trate, si se examinan los decretos que las establecen –al menos en México– pareciera que lo más importante es definir el “objeto de conservación”. Más allá de si éste se encuentra constituido por especies de flora o fauna, por un rasgo fisonómico del paisaje, un ecosistema, o la garantía de la permanencia de un servicio ecosistémico, este paradigma encierra dos deficiencias: primero, olvida al parecer que lo que está generando es una forma concreta de manejo del territorio, con todo lo que en él se incluye, sea o no parte del “objeto de conservación” expreso. Segundo, pareciera que este “objeto de conservación” puede omitir el aspecto social; es decir, se deja de lado, o se reduce a un papel secundario a los grupos sociales (residentes locales, organizaciones gubernamentales, propietarios de medios de producción y prestación de servicios, academia, visitantes ocasionales, etcétera) que se apropian de maneras diversas del paisaje. Estas dos debilidades se manifiestan de manera distinta



Manglar en Ría Lagartos,
Yucatán.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

en las diferentes categorías de área protegida que se han ido construyendo técnica y jurídicamente en nuestro país.

Es evidente que resultan casi paralizantes en los santuarios creados para proteger una sola especie, y obligan a que, en estos casos, las estrategias de manejo y las regulaciones de acceso al área y sus recursos resulten restrictivas y punitivas, normativistas antes que colaborativas o motivadoras de la participación social. Así, dentro de los aspectos relevantes a tomar en cuenta para mejorar el perfil de las áreas naturales protegidas se encuentra el incluir de manera central a los residentes locales, como se explora actualmente en el estado de Yucatán, mediante la construcción de la Reserva Estatal Biocultural del Puuc, que en su decreto señala:

Define la base patrimonial del territorio que incluye una gran cantidad de recursos biológicos desde el nivel de la diversidad genética hasta la amplia

heterogeneidad y agregación al nivel del paisaje, y el conocimiento ancestral y contemporáneo que se ha combinado en prácticas que son vitales para la seguridad alimentaria, la salud, y el bienestar humano, que han evolucionado en conjunto con los múltiples bienes y servicios que el ecosistema les provee y que determinan la identidad territorial de la población con base en el conjunto de derechos que dan legitimidad al acceso de los recursos naturales y sus beneficios por los habitantes de las comunidades locales (Decreto REBP, 2011: 29).

Ciertamente, la construcción de áreas naturales protegidas tiene que partir de los saberes locales, tanto como de los saberes formales, pues se suele despreciar el saber de “el Otro”. De un lado está el saber “occidental” que tiende a una perspectiva científica, materialista y racionalista, y se abroga la exclusividad del “rigor del conocimiento”, colocando a todos los demás saberes en el terreno del

pensamiento mágico, el animismo o, de plano, la ignorancia del otro. Dentro de este último se encuentran los demás saberes, tradicionales, transmitidos principalmente de manera oral, basados en la experiencia y frecuentemente fundidos con sentimientos de corte religioso y con códigos de carácter ético. Lo importante en realidad es la unión de ambos saberes, y se trata, en el fondo, de construir un área protegida que sea, a la vez, un espacio (concreto) para la construcción de gobernanza.

Para propósitos de esta breve reflexión, la propuesta es encarar el asunto desde dos perspectivas que se entrelazan, para luego intentar dar cuenta, precisamente, de esta interacción: por una parte aquí se examinará el papel que han tenido las áreas naturales de nuestro país ante la exigencia de conservar y manejar apropiadamente el agua disponible para el desarrollo de las comunidades y actividades humanas, y por otra, se harán algunas breves reflexiones acerca de las formas en que interactúan las ANP con los residentes locales que, las más de las veces, son los dueños legítimos de la tierra y de los recursos que dicha áreas están obligadas a proteger.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y AGUA

La Asociación Mundial para el Agua ha recomendado incorporar el criterio del manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, de tal manera que el aprovechamiento de los recursos hídricos del área (MIRH) genere bienestar social y económico equitativo, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales a futuro (GWP, 2000). Por otra parte, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, al hacer explícita su misión institucional, establece que es el órgano “encargado de conservar el patrimonio natural de México mediante las Áreas Naturales Protegidas y otras modalidades de conservación, fomentando una cultura de la conservación y el desarrollo sustentable de las comunidades asentadas en su entorno” (CONANP, 2014).

Visto así, y con base en la premisa de que el agua es sin duda parte de ese patrimonio natural nacional, cabe preguntarse por el papel que las áreas naturales protegidas deben jugar en la búsqueda de vías para honrar la recomendación de la Asociación Mundial para el Agua. Esta pregunta no es nueva, y otros se han dado a la tarea de buscar maneras de responderla. Entre ellos, merece la pena destacar el trabajo que encabezara Julia Carabias (2005). En ese ensayo se asevera que el esfuerzo nacional

de conservación del patrimonio natural “se centró en áreas importantes por su biodiversidad (*sic*) de ecosistemas y de especies, y no, como en la primera etapa, en los ecosistemas vinculados con el ciclo del agua. No obstante, muchas de las áreas decretadas corresponden a importantes cuencas, humedales, lagunas, esteros o manglares”. Merece la pena aclarar aquí que la primera etapa de que se habla en la cita corresponde a la que abarca desde el inicio de la historia de las áreas protegidas mexicanas, hasta la primera mitad del siglo XX, cuando durante la administración de Miguel Alemán se declararon “Zonas Protectoras Forestales y de Repoblación de las cuencas de alimentación de las obras de irrigación de los Distritos Nacionales de Riego” (De la Maza, R. y J. en: Carabias, 2005).

Pareciera, entonces, que durante la época más reciente en la construcción de instrumentos de conservación de ecosistemas, especies y servicios ambientales en nuestro país, se dio una suerte de “divorcio amigable” entre las áreas naturales protegidas formalmente establecidas, y los procesos de conservación de los recursos hídricos nacionales, a pesar de que territorialmente resulta ineludible que, si se protegen porciones del paisaje se protege también el agua que las atraviesa.

Habría que decir, con don Miguel de Unamuno (1909), que “el agua es, en efecto, la con-

ciencia del paisaje”. Si admitimos el espíritu de este aserto, habremos entonces de considerar fundamental que, más allá de los estancos de atribuciones y facultades a que se sujetan los organismos del Ejecutivo Federal (que parecen establecer terrenos de exclusividades aisladas para la Conagua y la CONANP), hay pendiente una asignatura que significa la reconstrucción de las interacciones entre las políticas públicas orientadas a la conservación y al aprovechamiento sustentable del agua, y las que determinan los arreglos territoriales que pueden garantizar la conservación de ecosistemas, especies y servicios ambientales.

Quede para otra oportunidad la discusión acerca de la necesidad de reconstruir los espacios de transversalidad que se han ido desdibujando a lo largo de la historia reciente del arreglo institucional, que se ha ido fabricando para encarar los retos de la conservación, el ordenamiento y la apropiación sustentable del patrimonio natural de la nación. Por ahora, y solamente para propósitos de este ejercicio, asumamos que, en efecto, se tiende a considerar que la conservación del agua atañe a de manera prácticamente exclusiva a la Conagua, de modo que la CONANP constituye, para este tema, solamente un agente coadyuvante.

Este estado de cosas resulta –si no francamente un escollo– una limitante para la ejecución de políti-

cas públicas coherentes y robustas, capaces de poner en línea el mandato de conservación del patrimonio natural nacional, la disponibilidad de agua de calidad y con oportunidad para las comunidades, y la participación de los residentes locales en la construcción de procesos sustentables de apropiación del paisaje.

Un esfuerzo consistente que conduzca al cumplimiento de los compromisos contraídos por el país en Aichi para la Diversidad Biológica en Nagoya, en 2010, con metas a cumplir del año 2011 al 2020 (ONU, PNUMA, CDB), tendría que atravesar por la búsqueda de áreas a proteger que resultasen de una suerte de cruce entre la presencia de objetos de conservación relevantes para la biodiversidad, rasgos de paisaje ecológicamente destacados, y una contribución significativa a los procesos de conservación y de acceso oportuno y de calidad al agua dulce.

Si traducimos estos comentarios a la península de Yucatán, región para la que se ha convertido en lugar común decir que no presenta casi cuerpos de agua dulce superficiales (excepción hecha de algunos ríos, como Champotón, Palizada y Candelaria, en Campeche; y Río Hondo en Quintana Roo, y algunas lagunas y aguadas, como la de Yalahau en Yucatán, Chichancanab en Quintana Roo, o las de Calakmul en Campeche). La pregunta acerca de cuáles son las áreas protegidas —o por proteger—

que merecen la pena consolidar o crear en función de su importancia para el agua, en tanto que servicio ecosistémico, tendremos que considerar aquellas que, por la presencia de cenotes y aguadas, resultan vulnerables (su pérdida redundará en una reducción en la disponibilidad de agua dulce de una calidad aceptable para el uso humano); o bien aquellas que, en virtud del papel que juegan en la captación de agua (las partes más altas de la Península, por ejemplo), o el que representan para el ciclo del agua, contribuyen a la salud de ecosistemas, como los costeros o los arrecifales. Tal es el caso de los humedales costeros de la región, que alojan algunos de los manglares más saludables del oriente nacional. En cuanto a estos últimos, hay que subrayar el hecho de que la mayoría de ellos ya se encuentran sujetos a alguna categoría de protección, y muchos figuran en la lista Ramsar de humedales de importancia internacional (Carabias, 2005).

PROTECCIÓN DEL TERRITORIO Y RESIDENTES LOCALES

En pocos países como en México resulta fundamental la discusión acerca del papel que juegan los residentes locales en el concierto de la protección del patrimonio natural y la apropiación sustentable del paisaje. Esto es claro cuando se piensa que —al con-

trario de lo que sucede en el occidente “desarrollado”, donde los estados, o actores del sector privado o de la sociedad civil organizada, compran tierra para la conservación— en México resulta que la mayor parte del territorio se encuentra sujeta a algún régimen de propiedad (privada, ejidal o comunal), y una porción relevante del territorio nacional (desde luego aparte de la zona económica exclusiva y el mar territorial) es propiedad del Estado.

En virtud de la decisión del Estado Mexicano, de establecer un sistema de áreas naturales protegidas que no comprometiera la propiedad de la tierra, sobre todo en aquellos casos en que se trata de tierras poseídas por comunidades originarias, conocer los esquemas de tenencia de la tierra es un elemento central para determinar qué áreas se pueden proteger de manera que resulten relevantes, viables y culturalmente aceptables, y esto se refleja al final del día en la categoría del área, sus dimensiones, la forma de su polígono, la zonificación y las estrategias para el manejo, que en todo caso deberían ser consultadas con los dueños legítimos de la tierra y sus recursos. Figura 1.

Cuando se considera también el agua en este panorama, no se puede menos que tener en consideración algunos hechos tales como que cerca de 50% de las cabeceras más importantes de las cuencas hidrográficas del país están ocupadas por



Figura 1. Muna, Yucatán. Talleres participativos de la Reserva Estatal Biocultural del Puuc. Cincuenta por ciento de las cabeceras más importantes de las cuencas hidrográficas están ocupadas por territorios indígenas (14.3% de la superficie del país), con casi todos sus tipos de vegetación (Sarukhán *et al.*, 2009). Es necesario reconocer que la construcción de las ANP debe partir de la suma de los saberes locales, de su experiencia y ética, con los saberes científicos, para construir espacios concretos para la gobernanza, que generen una política ambiental razonablemente apegada a las circunstancias y reclamos del país y sus habitantes más vulnerables.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

pueblos indígenas, lo que significa casi una cuarta parte (23.3%) de la captación total de agua pluvial del país (Sarukhán *et al.*, 2009). Además, los territorios de las comunidades indígenas en conjunto representan 14.3% de la superficie del país y en ellos están representados la casi totalidad de los tipos de vegetación existentes en México. La mayor parte de las selvas húmedas y bosques mesófilos, así como los bosques templados húmedos, que en conjunto incluyen una muy alta biodiversidad, están bajo la custodia de comunidades indígenas. Para la península de Yucatán esto implica que la mayor parte de la superficie de la región, significativa desde el punto de vista de la captación de agua, es propiedad de comunidades mayas.

Algo semejante puede decirse cuando se habla de áreas naturales protegidas: Un tercio de las ANP

federales del país y 26.2% de su superficie incluyen territorios indígenas, y casi 19% de la población de esas ANP son grupos originarios (Sarukhán *et al.*, 2009). Así las cosas, huelga decir que resulta indispensable considerar la opinión –y desde luego, el saber– de las comunidades indígenas en el diseño, la administración y la regulación de cualquier sistema de áreas protegidas que pretenda, en el marco de la legislación mexicana vigente, tener visos de viabilidad, y resultar sustentable y además culturalmente aceptable. Esto, además, resulta no solamente un asunto de elemental justicia social, sino un imperativo ético para la construcción de una política ambiental razonablemente apegada a las circunstancias y reclamos del país y sus habitantes más vulnerables.

.....
REFERENCIAS

Alcérreca C., Consejo J.J., Flores O., Gutiérrez D., Hentschel E., Herzig M., Pérez-Gil R., JReyes J.M., Sánchez-Cordero V. 1988. *Fauna silvestre y áreas naturales protegidas*, México, Colección Medio Ambiente 7, Fundación Univer-so Veintiuno.

Carabias J. y Landa R./Collado J. y Martínez P. (colaboradores). 2005. *Agua medio ambiente y sociedad*, México, UNAM, Colegio de México, Fundación Gonzalo Río Arronte.

De Unamuno M. 1953. *Por tierras de Portugal y de España*, Madrid, España. Aguilar, S. A. de Ediciones.

2011. *Decreto de la Reserva Estatal Biocultural del Puuc*, México, Gobierno del Estado de Yucatán, Mérida, Yucatán.

Maza R. y Javier de la. 2005. *Historia de las Áreas Naturales Protegidas de México*, Documento de Trabajo Núm. 5 del programa Agua, Medio Ambiente y Sociedad, México, El Colegio de México- Universidad Nacional Autónoma de México.

Toledo V. (coord.). 2009. *La biodiversidad de México*, Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural, México, Fondo de Cultura Económica.

Sarukhán J. *et al.* 2009. *Capital Natural de México*, México, Conabio.



Flor Acuática en un estanque de la Escuela Agroecológica U Yits Ka'an, Maní, Yucatán.
Fotografía de Carlos Alcérreca.



Reserva Biocultural Kaxil Kiuic. Región Puuc, Yucatán. La preservación de las cuencas hidrológicas implica también la conservación de la biodiversidad que albergan, el suelo, la flora, la fauna, con los servicios ambientales que brindan. Los ecosistemas forestales contribuyen a mantener en buen estado los ecosistemas acuáticos y el ciclo hidrológico, evitan la erosión del suelo, reducen el asolvamiento de los cuerpos de agua, y disminuyen el riesgo de inundaciones y deslaves, pues aun cuando los bosques son consumidores de agua, también incrementan la tasa de filtración y ayudan a restablecer los mantos acuíferos subterráneos.

FAO, 2003: *Situación de los bosques del mundo*.¹

Fotografía Carlos Alcérreca.

.....
¹ <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/wfc2.htm>

LA CONSERVACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS Y SU INDISOLUBLE LAZO CON LA BIODIVERSIDAD QUE ALBERGAN

Francisco Javier Clavijero describe en su *Historia antigua de México* que en el siglo XV el rey Nezahualcóyotl ordenó medidas de protección del bosque de Chapultepec, y que Moctezuma Ilhuicamina estableció un jardín botánico en Oaxtepec para mantener el agua y la vegetación de esta zona. Siglos después, en la primera mitad del XX, el vínculo del ciclo hidrológico con las selvas y los bosques fue fundamental en los programas de conservación de los ecosistemas, se valoró la protección de cuencas consideradas estratégicas para la recarga de cuerpos de agua importantes por su uso productivo, como fuentes de abastecimiento de las ciudades, y para el riego, entre otros, en los cuales Miguel Ángel de Quevedo jugó un importante papel. A partir de la década de los setenta la protección de los ecosistemas naturales adquirió más importancia, aun cuando su enfoque se dirigió más hacia la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas y de las especies, que al ciclo del agua (De la Maza, 2005).¹ Sin embargo, muchas de las áreas que han sido decretadas en nuestro país corresponden a importantes cuencas, humedales, lagunas, esteros o manglares, como Ría Celestún, Ría Lagartos, Los Petenes y Laguna de Términos, en la península de Yucatán. El avance ha sido significativo, pero aún faltan muchas áreas críticas, relacionadas con las cuencas, que deben ser protegidas, o sus decretos deben ser reforzados y puestos en operación (Carabias *et al.*, pp. 38-40).²

¹ De la Maza, Roberto y Javier, *Historia de las Áreas Naturales Protegidas de México*, Documento de Trabajo Núm. 5. Programa Agua, Medio Ambiente y Sociedad. El Colegio de México-UNAM, México, 2005.

² Carabias, Julia y Rosalva Landa/Jaime Collado y Polioptro Martínez (colab.), 2005. *Agua medio ambiente y sociedad*, UNAM, Colegio de México, FGRA, México.

REGIONES HIDROLÓGICAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Regiones Hidrológicas de la Península de Yucatán	AAB	AU	AA	AD
Cabecera del Río Candelaria				X
Sur de Campeche	X	X	X	
Calakmul	X		X	
Cabecera del Río Champotón				X
Boca del Río Champotón		X	X	
Laguna Chichancanab	X		X	X
Cono Sur-Peto		X		X
Zona citrícola		X	X	X
Anillo de cenotes	X	X	X	
Contoy	X		X	
Isla Mujeres		X		
Corredor Cancún Tulum	X	X	X	
Cozumel		X		
Cenotes Tulum-Cobá	X	X	X	
Sian Ka'an	X	X	X	
Humedales y lagunas de la Bahía de Chetumal	X	X	X	
Río Hondo		X	X	

***Clasificación**

AAB = Regiones de alta biodiversidad

AU = Regiones de uso por sectores

AA = Regiones amenazadas

AD = Regiones de desconocimiento científico

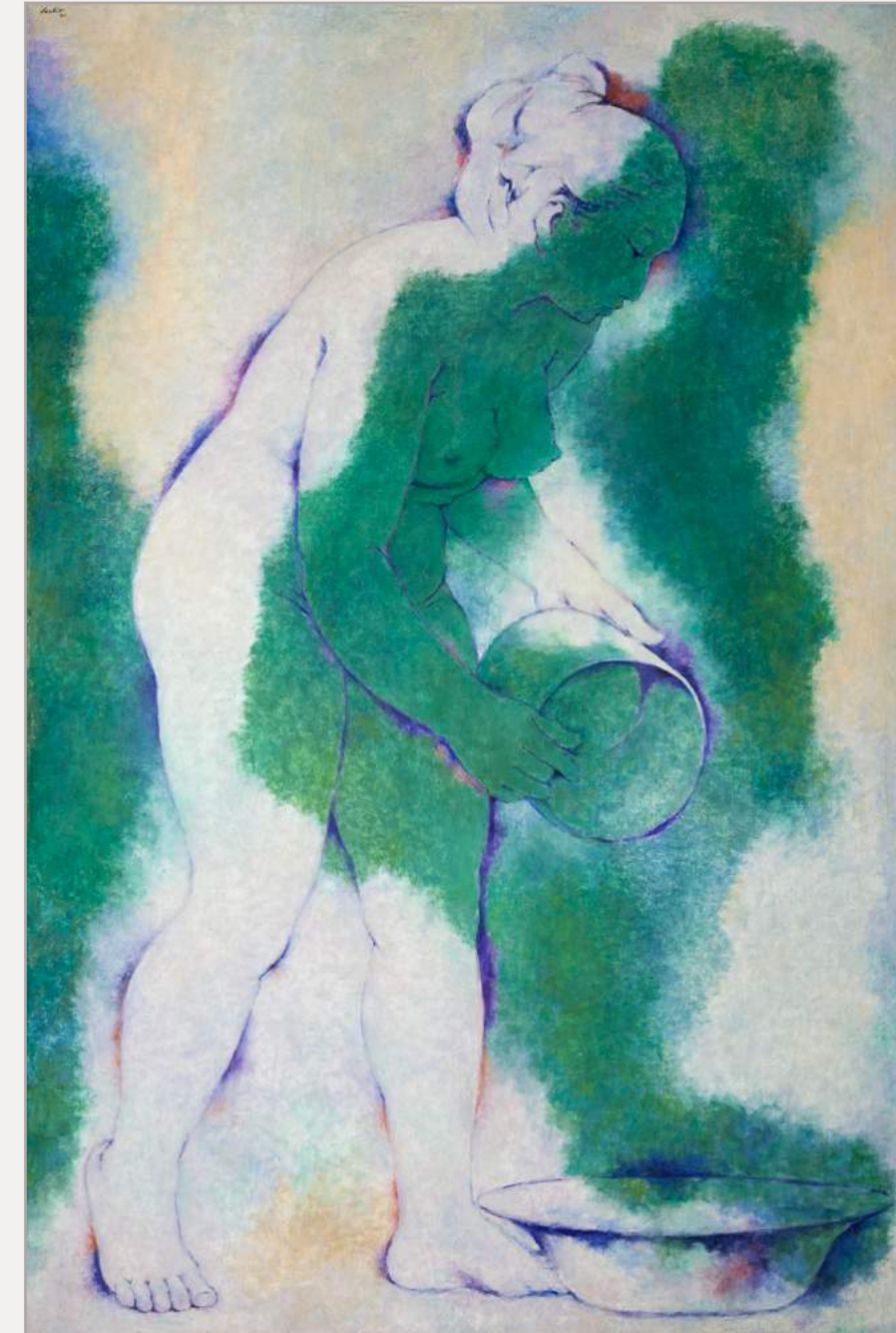
La Comisión Nacional para el Uso y Manejo de la Biodiversidad ha reconocido 110 regiones hidrológicas prioritarias en nuestro país por su biodiversidad, algunas de ellas bajo algún tipo de amenaza, y varias coinciden con las Áreas Naturales Protegidas de México (Arriaga *et al.*, 2012). En la siguiente tabla se presentan las correspondientes a la península de Yucatán.

³ <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Hlistado.html>

BENEFICIOS O SERVICIOS AMBIENTALES QUE RECIBIMOS DE LOS ECOSISTEMAS NATURALES
(SARUKHÁN, 2009: 21)¹

Servicios de provisión o abastecimiento	Alimentos Agua dulce Madera y fibras Combustibles
Servicios de soporte	Reciclado de nutrientes Formación de suelo Productividad primaria
Servicios de regulación	Del clima (protección contra eventos extremos, como inundaciones) Control de erosión Regulación de polinizadores Enfermedades Purificación del agua
Servicios culturales	Estéticos Espirituales Recreativos Educativos

¹ Sarukhán J. *et al.* 2009. *Capital Natural de México*, México, Conabio.



Preparando el baño
Óleo de Fernando
Castro Pacheco
Cortesía Fundación Museo
Fernando Castro Pacheco A.C.



EDUARDO BATLLORI SAMPEDRO

*Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente
Gobierno del Estado de Yucatán*

CAPÍTULO 7

CONDICIONES ACTUALES DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Se mueven las cuatro partes del mundo. Se averigua lo que dicen los antiguos libros ... Se busca en el calendario si han llegado las señales del mundo. Esto es lo que dice Chilam Balam acerca de este 10 Ahau Katún. Hay tristeza en el reino [...].

Predicciones de los antiguos sacerdotes, Códice Pérez, 1949:165.

Como se ha visto en anteriores capítulos, la población de la península de Yucatán tiene en las aguas subterráneas el principal abastecimiento de este vital líquido para satisfacer sus necesidades, incluidas sus actividades productivas. El aprovechamiento de los recursos hídricos no representa hasta ahora una amenaza seria en términos de sobreexplotación, dada su abundancia. Sin embargo, esta reserva de agua es altamente vulnerable por su ubicación en el subsuelo, en forma de un acuífero subterráneo expuesto a recibir contaminantes que provienen de la superficie, así como por el vertimiento de aguas residuales domésticas, municipales, agropecuarias e industriales. Durante la temporada de lluvias las precipitaciones traspasan el suelo rápidamente, descienden al manto freático, viajan de manera subterránea hacia la costa, y al final de la temporada de lluvias y durante la época de “nortes” afloran a la superficie a través de manantiales que inundan las depresiones costeras, y se mezclan con el agua de mar en lagunas y ciénagas, incluidos los contaminantes que haya arrastrado a su paso. A pesar de lo anterior, casi nunca se toma en cuenta que para una administración ambientalmente segura, la mejor práctica es proteger este recurso de la contaminación, puesto que la limpieza de



Interior de un pozo en las cercanías de Playa del Carmen, Quintana Roo.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

Cenote Holaktun, Quintana Roo.
Fotografía de James Balog.



Figura 1. Reserva Biocultural Kaxil Kiuic, Yucatán. En la población de la Península de Yucatán se observa un acelerado incremento, lo cual significa también una creciente presión sobre la demanda.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

un acuífero suele ser un proceso muy largo, costoso, prácticamente irreversible o irrealizable.

En la población de la península de Yucatán se observa un acelerado incremento, lo cual significa también una creciente presión sobre la demanda de agua potable y alcantarillado. De acuerdo con los resultados del conteo de INEGI, para mediados de 2013 el número de habitantes ascendía a 4.43 millones de habitantes, de los cuales 880,299 pertenecían al estado de Campeche, 1,484,960 a Quintana Roo y 2,064,151 a Yucatán, con proyecciones de crecimiento regional para el 2030 de 5,834,470 habitantes, principalmente de las ciudades de Mérida, Cancún y Playa del Carmen (Estadísticas del Agua, 2014: 22). Figura 1.

En la región se han identificado distintos grados de deterioro de los recursos hídricos por efecto de la contaminación. A este tipo de impacto se asocian dos procesos preocupantes: en primer término, el desarrollo acelerado de las actividades

económicas tierra adentro y a lo largo de la franja costera, lo cual ha promovido el establecimiento de infraestructura de todo tipo vinculada al turismo, a la pesca, así como a otras actividades productivas y de servicios que promueven la transformación ambiental de amplias extensiones. En segundo lugar, la creciente expansión de las áreas agrícolas, pecuarias y de asentamientos humanos que promueven el cambio de los usos del suelo, y generan serios problemas ambientales.

De acuerdo con el Registro Público de Derechos del Agua (REPGA) obtenidas al finalizar 2012, del volumen total concesionado en la península de Yucatán, 28% corresponde al estado de Campeche, 26% a Quintana Roo y 46% a Yucatán, los cuales han sido destinados principalmente a actividades agropecuarias (65%), abastecimiento urbano (18%), industrial (2%) y de servicios (15%) (Conagua, 2013). Desafortunadamente, estos usos alteran el ciclo del agua, evitan su renovación natural y ponen en riesgo a todos los componentes del sistema hidrológico, con afectaciones a los recursos naturales, muchas veces irreversibles.

La contaminación del acuífero en las zonas geohidrológicas de la región está asociada con causas de origen natural y antropogénico. La problemática es compleja e intervienen diversos actores que demandan su aprovechamiento para la satisfacción tanto de necesidades básicas como para el impulso del desarrollo económico. Figura 2.



Figura 2. Sistema de alcantarillado. En muchos puntos de la península de Yucatán el agua residual es dispuesta directamente al subsuelo a través de sumideros, sólo en algunas de las principales ciudades utilizan tanques sépticos, letrinas y algunos fraccionamientos tienen alcantarillado sanitario y cuentan con plantas de tratamiento doméstico.

Fotografía de Fulvio Eccardi.

VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO A LA CONTAMINACIÓN

La vulnerabilidad se define como el riesgo de que las aguas subterráneas se contaminen con alguna sustancia, en concentraciones por encima de los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del agua de consumo humano (Foster e Hirata, 1991). Uno de los principales problemas de contaminación del agua subterránea en la península de Yucatán gira en torno de las descargas de aguas residuales, por la falta de un adecuado y suficiente drenaje sanitario, así como por la poca infraestructura de tratamiento de frente al fecalismo al aire libre, con la consecuente contaminación por microorganismos patógenos, el arrastre de plaguicidas, metales pesados, fármacos, hidrocarburos, aceites de motor, chapopote de la pavimentación de calles, pinturas, productos industriales, hormonas y antibióticos, entre otros (Plan Rector del agua (PRA), 2011: 478).

El REPGA (2009-2013) también señala que se disponen anualmente hacia el acuífero 702 millones de metros cúbicos de aguas residuales no municipales, de los cuales: 77% corresponden al estado de Quintana Roo, 4% a Yucatán y 19% a Campeche, lo cual equivale a la introducción de 22,264 l/s al acuífero peninsular. Dentro de estas descargas los mayores porcentajes provienen del sector agrícola (38.8%), de servicios (14.67%) y del público urbano (17.92%) (Conagua, 2013).

Como se podrá observar, gran parte de las aguas residuales son generadas en el estado de Quintana Roo, con una amplia contribución de la zona turística de la Riviera Maya (Cancún-Tulum); mientras que el estado de Campeche aporta 19.4%, principalmente a través de las ciudades de Campeche y de El Carmen, y Yucatán añade el 3.9%, con una mayor concentración de descargas en la Zona Metropolitana de Mérida (Organismo de Cuenca Península de Yucatán (OCPY), 2012). A pesar de lo anterior, el caudal de estas aguas contaminadas reciben escaso tratamiento en los estados de Yucatán y Campeche, los cuales presentan las dos coberturas más bajas en el ámbito nacional, con 2.7% y 6.8%, respectivamente. Sólo Quintana Roo, con 61.6%, ha logrado alcanzar el porcentaje de aguas residuales colectadas establecida en el PNH 2007-2012 (Semarnat, Conagua, 2013: 60 y 63), sin embargo, el amplio número de descargas municipales que esta entidad federativa genera logra que el impacto al acuífero continúe siendo muy grande.

Los factores antropogénicos principales que afectan la calidad del agua en la península de Yucatán son las aguas residuales urbanas y los sitios de disposición a cielo abierto de los residuos sólidos, el uso de agroquímicos, las actividades porcícola y avícola, la actividad industrial, dentro del cual veremos en un apartado diferente el proceso de nixtamalización del maíz por su relevancia, así como la actividad turística.

CONTAMINACIÓN DERIVADA DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

En muchos puntos de la península de Yucatán el agua residual está siendo dispuesta directamente al subsuelo a través de sumideros, sólo en algunas de las principales ciudades de la región se utilizan tanques sépticos, letrinas y en algunos nuevos fraccionamientos de Mérida,¹ Cancún y en Playa del Carmen, existen redes de alcantarillado sanitario conectadas a pozos profundos a través de los cuales se inyectan los desechos al manto salino que subyace al agua dulce, y otros más cuentan ya con plantas de tratamiento doméstico. Figura 3.

Graniel *et al.* (1999), por ejemplo, reporta los cambios que han sufrido algunos constituyentes del agua subterránea de la ciudad de Mérida, al comparar datos de los años 1970 y 1991. Los resultados revelan una contaminación extensiva en la parte supe-
.....

¹ En el estado de Yucatán, por ejemplo, 107,065 viviendas disponen sus aguas residuales mediante fosas sépticas, lo cual representa 40% del total de las 267,663 viviendas registradas. Empero, 60% nunca ha efectuado acciones de mantenimiento o limpieza de las mismas; es decir, 64,239 viviendas no cumplen con este proceso (DAICOS SA de CV, 2011).

² El grado de vulnerabilidad intrínseca se puede expresar mediante un índice y para determinarlo existen diversas metodologías. Pérez (2003) aplicó la metodología DRASTIC y recopiló los valores para cada una de las variables relacionadas (profundidad al nivel estático, recarga, tipo de acuífero, zona vadosa (espacio comprendido entre el nivel freático y la superficie, donde no todos los poros están llenos de agua) y conductividad hidráulica, con datos de pozos, precipitación, modelos digitales de elevaciones, cartas edafológicas, geológicas, cortes litológicos de pozos) correspondientes a cada uno de los municipios del estado de Yucatán.

VULNERABILIDAD Y COBERTURA

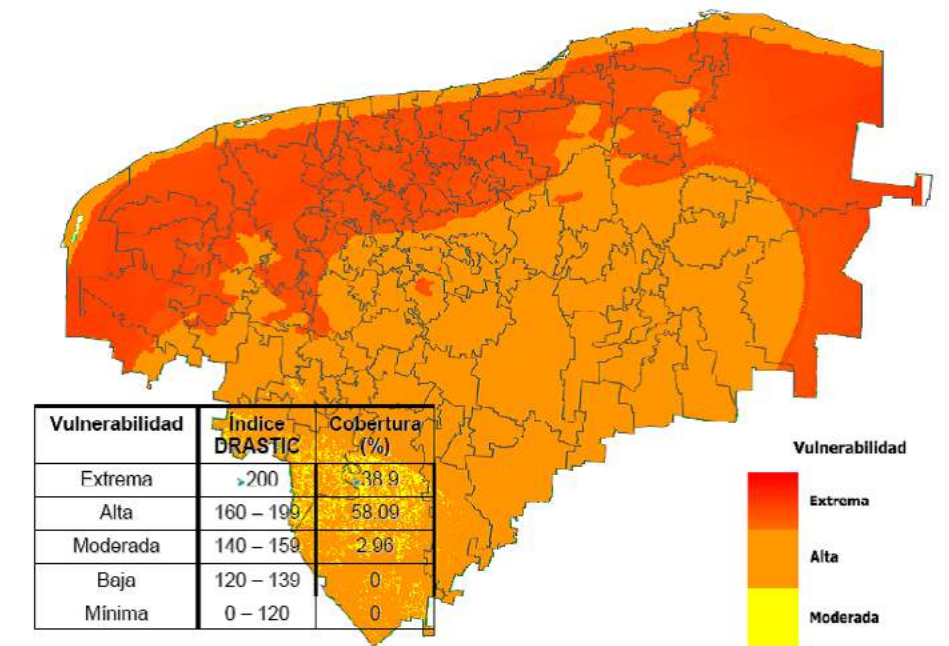


Figura 3. Contaminación del acuífero. En muchos lugares de la península de Yucatán el agua residual llega al subsuelo a través de sumideros. Sólo en algunas ciudades se utilizan tanques sépticos, letrinas y en ciertos fraccionamientos de Mérida, Cancún y Playa del Carmen, se emplea alcantarillado conectado a pozos profundos que llegan más allá del agua potable, o cuentan con plantas de tratamiento. En Yucatán los municipios de Kinchil y Tetz son los más vulnerables a la contaminación del acuífero, con un índice de 217 en el índice DRASTIC, mientras que el menos vulnerable es Santa Elena con 175.²

Imagen tomada de: Gijón et al. 2009:21.

rior del acuífero, que implica concentraciones de cloro y sólidos totales disueltos incrementados significativamente en las áreas fuertemente urbanizadas; mientras que las mediciones realizadas en pozos someros confirman que las concentraciones de oxígeno se han reducido notablemente.

Por otra parte, se observan valores muy elevados de sales de nitratos que se extienden ampliamente en la zona central de la ciudad, junto con los valores de coliformes fecales, como indicadores de escaso saneamiento, cuya presencia se encuentra asociada con el riesgo de contraer severas enfermedades por bacterias, virus y protozoarios.

Generalmente, la contaminación de las aguas se lleva a cabo por la descarga directa de aguas negras sin tratamiento en el cuerpo receptor, pero también puede contribuir el fecalismo al aire libre y las fosas sépticas y letrinas ubicadas cerca de un

pozo o de un arroyo. (Figura 4, Cuadro 2). Por ello no es de extrañar que para el año 2007, en el estado de Yucatán las enfermedades infecciosas intestinales hubiesen sido la cuarta causa de mortalidad infantil, al igual que para el estado de Quintana Roo, mientras que para Campeche fueron la séptima, de acuerdo con las estadísticas de los servicios de salud. Este panorama de las enfermedades adquiridas a través del agua ha estimulado las acciones de suministro de agua potable en el estado de Yucatán (97.4%), Campeche (90.6%) y Quintana Roo (88.9%). Mientras que las operaciones de drenaje de Yucatán presentan el más bajo porcentaje de la Península, con 79.7%, seguido del de Campeche, con 85.4% y Quintana Roo, con 90.2% (Semarnat, Conagua, 2013a. Cuadro 1).

Un problema adicional, corresponde a las aguas pluviales, que en muchos casos no son apro-

piados para desalojar las aguas provenientes de las lluvias, donde la impermeabilización derivada del asfalto y del cemento en calles y banquetas impide que el agua se infiltre, formando severas inundaciones en las manchas urbanas. Las acciones realizadas para la captación y desalojo de las aguas pluviales en ciudades como Mérida, se hacen mediante pozos construidos sin la adecuada protección, a profundidades que de manera directa transportan todos los contaminantes y residuos que se encuentran en las calles, como pueden ser aceites de los automotores, detergentes, plásticos, residuos sólidos, baterías y excretas de animales, por mencionar algunos. Por

otra parte, los pozos por lo general carecen de sellos de protección adecuados que eviten la migración del agua de inyección por la pared del pozo, alcanzando las profundidades de flujos preferenciales de agua dulce, y contaminando el agua que luego captan los pozos de abastecimiento de las ciudades. Al no contar con un sistema de drenaje se emplean sólo rejillas para el desahogo pluvial, pero se les debe dar mantenimiento, ya que al drenar el agua acumulada, como se ha mencionado antes, arrastran con ella todos los residuos sólidos que se encuentran tirados, crean un tapón que obstruye el paso del agua y favorecen las inundaciones. Figura 3.

ENTIDAD FEDERATIVA	POBLACIÓN	CON SERVICIO DE AGUA POTABLE %	CON SERVICIO DE ALCANTARILLADO
Campeche	856,002	90.6	85.4
Quintana Roo	1, 438, 499	88.9	90.2
Yucatán	2, 023, 725	97.4	79.7

Cuadro 1. La población de la península de Yucatán presenta un notable incremento año con año, y con ello también las necesidades de cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado. En esta tabla se muestran los porcentajes alcanzados hasta diciembre de 2012 por entidad federativa (Semarnat, Conagua, 2013a).

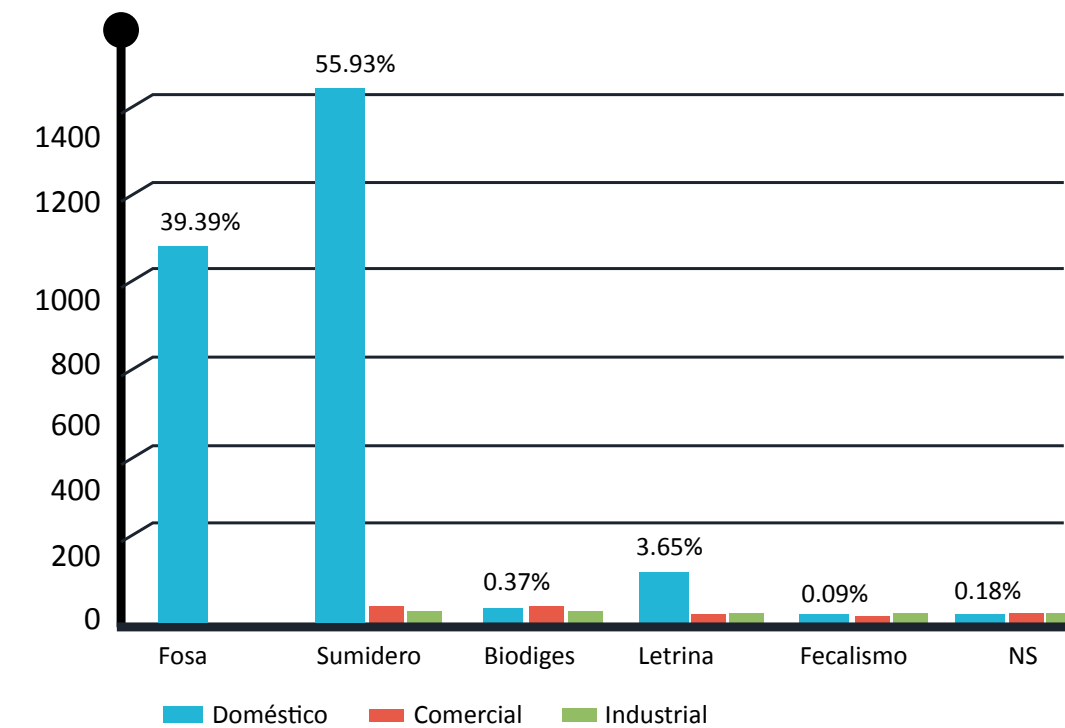


Figura 4. Sistemas de drenaje sanitario de Mérida, Yucatán. Se observa que solamente 39.29% de las aguas negras de la capital yucateca se disponen a través de fosas sépticas y el resto a través de sumideros, principalmente.

Imagen tomada de: Gijón et al. 2009:9.

CUADRO 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS LODOS DE LAS FOSAS SÉPTICAS Y BIO-DIGESTORES DE MÉRIDA, YUCATÁN

Tipo	PH	TEMP	MAT. FLOTANTE	DBO	% DE REMOCIÓN	DQO	GRASAS ACEITES	SST	% DE REMOCIÓN	(N) TOTAL	(P) TOTAL	SS (-)= (<), (+)=(>)
Fosa	6.85	ND	Ausente	254.00		512.56	40.00	215.00		45.00	14.54	+300
Pozo	6.94	ND	Presente	168.70	33.58	340.09	28.39	153.31	28.69	98.17	10.26	1
Sumidero	7.55	24.00	Ausente	1,574.18		25,544.84	2,175.41	24,400.00		777.12	441.98	+250
INF PTAR	6.82	26.00	Presente	1,199.71		3,681.33	461.30	1,860.00		161.43	9.90	27
EFLU PTAR	8.23	25.00	Ausente	6.51	99.46	47.04	3.98	26.00	98.60	2.71	4.00	0
BIODIGEST	7.28	ND	Presente	670.14		2,028.61	334.80	2,190.00		292.87	23.76	48

Es recomendable la separación de las aguas negras y aguas grises en el proceso de la depuración de las aguas residuales domésticas, ya que permitiría un aumento en la eficiencia de la remoción hasta de 70% respecto al valor actual de la materia orgánica.

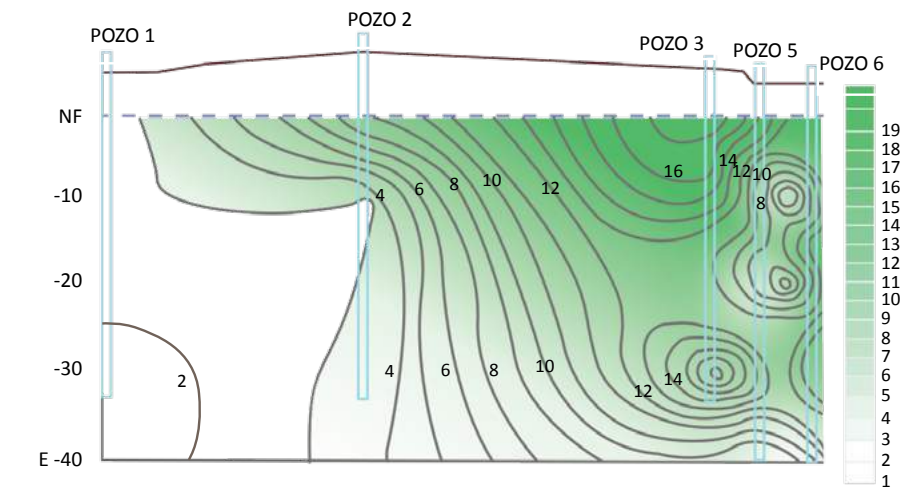
DISPOSICIÓN A CIELO ABIERTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El estado que produce la mayor cantidad de residuos sólidos es Yucatán (573 miles de toneladas), seguido de Quintana Roo (442 miles de toneladas) y en tercer sitio Campeche con (248 miles de toneladas) (Semarnat, 2010).

La contaminación derivada de sitios de disposición de residuos sólidos urbanos a cielo abierto sin el manejo técnico-ambiental adecuado, se puede comprender a través de un estudio que realizó la Facultad de Ingeniería de la UADY en el año 2008, sobre un vertedero a cielo abierto de la capital del estado de Yucatán. Éste fue dispuesto por el Ayuntamiento de la ciudad de Mérida al inicio de la década de 1980, y en él se ubicaron lagunas de oxidación donde se depositaron los lodos provenientes de la limpieza de fosas sépticas y de las nixtamaleras, al igual que los desechos sólidos de la población, sin contar con ningún sistema de protección hacia el agua del subsuelo. Esto propició que el espacio funcionara como un generador puntual de contaminación al ambiente que por las características del subsuelo se infiltró rápidamente al acuífero de la zona. Como consecuencia de la descomposición de los desechos sólidos, se produjeron gases y líquidos percolados o lixiviados, altamente contaminantes, que atravesaron las celdas de basura y pasaron a los suelos (Trejo, 1996; González *et al.*, 2004).

El resultado fue un elevado contenido de cloruros y sulfatos en las muestras del agua subterránea, principalmente (19 mg/l de cloruro), además de la contaminación bacteriológica y de metales pesados. La calidad del agua subterránea muestreada en los pozos de observación en el área del exbasurero municipal de Mérida, muestra presencia de compuestos que limitan su uso, y que deben ser seriamente considerados en el cumplimiento de la norma NOM-127-SSA1-1994, la cual determina los parámetros para uso y consumo humano del agua. Figura 5.

Figura 5. Secciones de isoconcentración de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO en mg/L).



Niveles de contaminación causados por un vertedero de desechos a cielo abierto en Mérida, Yucatán. Hay depósitos que carecen de protección que evite la lixiviación hacia el agua del subsuelo, por lo que se observa la presencia de un elevado contenido de cloruros, sulfatos, bacterias y metales pesados que sobrepasan los parámetros que debe cumplir el agua para uso y consumo humano.

Imagen tomada de Giacomani *et al.*, 2011:186.

CONTAMINACIÓN DERIVADA DE LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL

La península de Yucatán es un área de intensa expansión industrial costera, que incluye puertos industriales, pesqueros y explotación petrolera. Las aguas residuales vertidas al manto freático por este sector dependen de la concentración y del tipo de contaminantes, y varía de acuerdo con el giro y el tamaño de la empresa, pero en general ésta contribuye con un volumen anual de descargas de aproximadamente 117,731,934 m³, de acuerdo con el REPDA (Conagua, 2013), con una gran cantidad de materia orgánica, elevadas temperaturas o altas concentraciones de sales.

El desarrollo industrial se encuentra ubicado principalmente en el estado de Yucatán, y está conformado por embotelladoras, procesadoras de alimentos, centrales termoeléctricas, instalaciones petroleras, congeladoras, procesadoras de pescados y mariscos, granjas porcícolas, purificadoras de agua, rastros y maquiladoras, entre otras (PRA, *op.cit.*: 428, 469, 471). En la maquila de textiles, por ejemplo, se utilizan por lo regular colorantes para el teñido de la tela, y para el tipo poliéster se utilizan colorantes azoicos. Al respecto es importante mencionar que algunos de los pozos que están surtiendo agua para consumo humano captan estos contaminantes de manera regular, lo cual debe ser tomado muy en cuenta en materia de saneamiento.

Vázquez *et al.* (1997) identificaron compuestos orgánicos disueltos en el acuífero por debajo de la ciudad de Mérida en concentraciones superiores a 10 microgramos por litro de 1,1,1 –tricloroetano, tricloroetano y tetracloruro de carbono, en algunos casos–, en donde las mayores proporciones se presentaron en pozos someros y profundos de la zona sureste de la ciudad, donde la mayor parte de la industria se ubica. Las concentraciones de solventes se incrementan durante la temporada de lluvias, lo cual puede ser un indicador de que la mayor parte de sus residuos son lavados por las precipitaciones.

Del mismo modo, Marín *et al.* (2000) mencionan que 12 pozos del sur presentaron concentraciones de metales como Arsénico, Cadmio, Plomo y Cromo, importantes de tomar en cuenta, en particular del Arsénico, que resultó en uno de los pozos equivalente al 26% del límite máximo permisible de acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994.

Todos estos metales en el acuífero pueden representar un problema de salud y no se conoce ninguna fuente natural de estos elementos en la región. Mientras que en Campeche, en un muestreo realizado en 2009 en los pozos que abastecen los municipios de Calkiní, Carmen, Palizada y Xpujil se encontraron nutrientes y metales pesados, algunos con valores muy cercanos a los límites permisibles, e inclusive presentaron concentraciones de metales como plomo y mercurio (Pb= 0.053 mg/l, Hg = 0.0014 mg/l), por encima de la norma (Benítez *et al.*, 2009). Figura 6.

Pemex, por su parte, lleva a cabo una intensa actividad en el estado de Campeche, con el riesgo de impactos de contaminación por petróleo y sus derivados en el mar, asociados a los procesos de exploración, producción, transporte, operaciones de embarque y almacenamiento, accidentes en operaciones como rupturas de los oleoductos submarinos, de buques-tanque, derrames y explosiones de plataformas. Tomando en cuenta la íntima relación que guardan las aguas costeras con el acuífero de la península de Yucatán es muy importante resaltar que este tipo de contaminación implica importantes riesgos tanto para la vida marítima como la de tierra adentro. (PRA, *op. cit.*: 469). Dentro de los contaminantes con mayor potencial de impacto a los ecosistemas y al ser humano se encuentran los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), los compuestos orgánicos volátiles (COV), y los hidrocarburos totales del petróleo (HTP). Los primeros tienen alto potencial carcinogénico, mutagénico y teratogénico en organismos acuáticos (Stout *et al.*, 1998); los segundos contribuyen al efecto invernadero y están involucrados en la formación directa de ozono sobre el nivel del suelo e indirectamente de la lluvia ácida, además de que algunos compuestos individuales son tóxicos, carcinogénicos o bioacumulativos, y los últimos presentan diversos efectos sobre la flora y la fauna (PRA, 2011:471).

En el agua subterránea de la ciudad de Mérida se encontró en 2007 y 2008 que 34% de las muestras presentaron hidrocarburos alifáticos, con

mayor presencia de *n*-alcanos de 17 a 34 carbonos; en concentraciones significativamente más altas, en relación con otros estudios realizados en el litoral del estado de Yucatán (PRA, *op. cit.*: 434-435).

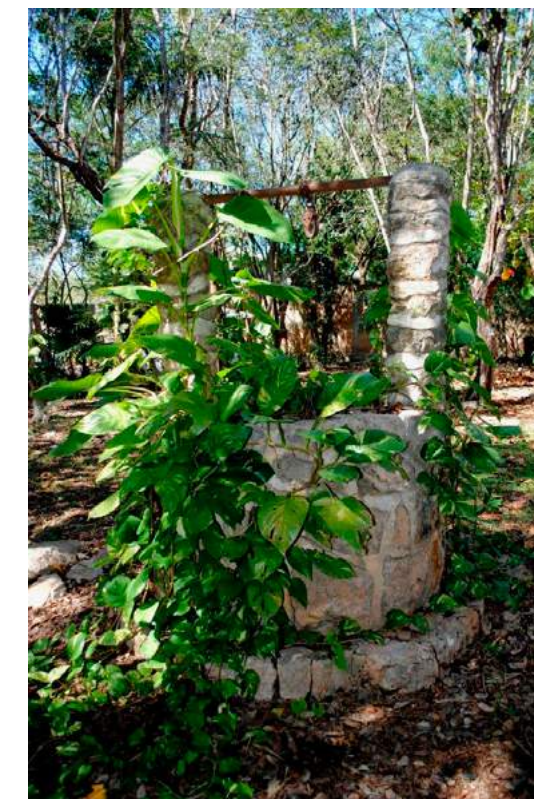


Figura 6. Calidad del agua de los pozos.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

Varios pozos del sur de la ciudad de Mérida, Yucatán, presentan concentraciones significativas de metales peligrosos para la salud como Arsénico, Cadmio, Plomo y Cromo, principalmente el primero, que en uno de ellos presentó resultados equivalentes a 26% del límite máximo permisible (Marín *et al.*, 2000). En algunos pozos de los municipios de Calkiní, Carmen, Xpujil y Palizada en Campeche se encontraron concentraciones de metales pesados cercanos a los límites permisibles, e inclusive por encima de la norma (Benítez *et al.*, 2009).



Figura 7. Contaminación por agua de nixtamal.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

Por cada tonelada de maíz nixtamalizado se producen al menos 3 toneladas de residuos líquidos que generalmente son arrojadas sin tratamiento adecuado al drenaje, o directamente al entorno, y afectan la calidad del agua porque merman drásticamente su contenido de oxígeno.

EL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN DEL MAÍZ

La contaminación derivada del proceso de nixtamalización del maíz merece una explicación especial, pues en todo el país la industria de la nixtamalización es una de las más importantes, ya que las tortillas constituyen un alimento básico. El proceso conocido como “nixtamalización” consiste en someter al grano de 15 min a 1 hora a un cocimiento con agua e hidróxido de calcio; dejarlo reposar a temperatura ambiente durante 8-19 horas y posteriormente lavarlo con grandes cantidades de agua, obteniéndose el grano de maíz blando, sin cascarilla, conocido como “nixtamal” y las aguas residuales como “nejayote”. Por cada tonelada de maíz nixtamalizado se producen al menos 3 toneladas de nejayote con un pH muy alcalino (10-12). A estas aguas se les ha concedido poca importancia y generalmente son arrojadas al drenaje, o directamente al entorno, sin embargo, éstas afectan de manera importante la calidad del agua porque afectan su contenido de oxígeno.³ La cantidad de aguas residuales de este tipo que no reciben el tratamiento adecuado coloca a la industria dentro de las cinco principales fuentes de contaminantes líquidos que se producen en México. Figura 6.

Ante la problemática de salud y contaminación ambiental generada por la falta de un trata-

³ Posee una demanda bioquímica de oxígeno del orden de 2700 mg O₂/l (Rivera, 1994), citado por DAICOS, SA de CV, 2011).

miento adecuado de aguas residuales, como la de nixtamal, entre otras que se verán líneas abajo, existen esfuerzos como el del Ayuntamiento de Mérida que ha construido un sistema con algunas lagunas de oxidación para recibir aguas y lodos recolectadas por empresas particulares, a través de pipas, aunque aún falta mucho por hacer (Cuadro 2).

ACTIVIDADES TURÍSTICAS Y DE SERVICIOS

El aporte de aguas residuales a la Península, derivado de las actividades turísticas y de servicios, es muy significativo tanto en el número de puntos de descarga registrados (88%) como en el volumen vertido de aguas residuales (66%). Los datos revelan que el estado de Quintana Roo es el que mayor volumen de descarga aporta por la atracción de sus destinos turísticos, de importancia nacional e internacional, como Cancún, Cozumel, Playa del Carmen e Isla Mujeres. En 2012, por ejemplo, se registró la llegada de 9,416,635 turistas, tan solo a hoteles de la Riviera Maya (Sectur, 2013), lo cual se ve reflejado en la cantidad de agua residual generada. El desarrollo turístico de gran escala en este estado ocasiona importantes problemas medioambientales, destacando la pérdida de áreas de manglar, con las importantes funciones que desempeña, así como la eutrofización de las lagunas costeras y la reducción en la calidad del agua, entre otros (PRA, *op. cit.*: 432).



Figura 8. Rancho ganadero en la Reserva Estatal Dzilam, Yucatán.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

La descarga de excretas animales de manera directa a cenotes, lagunas y pozos, o el arrastre de éstas por las lluvias, deteriora la calidad del agua y los convierte en verdaderos focos de contaminación. En particular los desechos de las granjas porcícolas.

Por otra parte, con el incremento en los servicios turísticos también aumenta la migración de personas para trabajar en el sector. Así, Quintana Roo presentó una tasa de crecimiento de 3.1% medio anual en 2010, una de las más altas a nivel nacional (Segob-Conapo, 2014:24) lo cual repercute en el desarrollo urbano y el medio ambiente, especialmente por el apremio en el uso de recursos como el agua y la tierra, además de llevar a una problemática en cuanto al abastecimiento de servicios, especialmente de agua potable (Godás, 2008, PRA, *op. cit.*: 466).

CONTAMINACIÓN DERIVADA DE LA ACTIVIDAD PORCÍCOLA Y AVÍCOLA

Las granjas porcícolas y avícolas producen subproductos, como son las excretas, que al ser dispuestos sin control alguno ocasionan perjuicios al aire, el agua y el suelo (Méndez Novelo, 2009). La contaminación del agua superficial por las excretas animales que son arrastradas por las lluvias, o son vertidas de manera directa a cenotes, lagunas o pozos, se manifiesta por la presencia de amonio y sulfatos, entre otros. El exceso de nutrientes favorece el cre-

cimiento de las algas, desencadenando con ello el agotamiento del O₂ disuelto, favoreciendo la proliferación de larvas de insectos nocivos, y en casos severos se provoca la eutroficación⁴ de los cuerpos de agua, mientras que el amonio es tóxico para los peces y los invertebrados acuáticos que entran en contacto con él. Muchas granjas pequeñas y medianas vierten sus residuos directamente sobre el suelo y cavernas situadas en los alrededores y pasan directamente al acuífero subterráneo, aportando un exceso de microorganismos patógenos que contaminan y provocan enfermedades gastrointestinales.

De acuerdo con el REPGA de la Conagua, a finales del año 2013 en los estados de la península de Yucatán se generaban 374 descargas pecuarias con un total de 9,000,000 de metros cúbicos anuales, de los cuales 77% correspondía a Yucatán, 17% a Campeche, y 6% a Quintana Roo. En Yucatán, de acuerdo con los reportes obtenidos por la Conapo en 2010, la zona porcícola presenta una contaminación seis veces mayor que la que puede producir la población humana asentada en ese lugar. El municipio que genera mayores cantidades de desperdicio en granjas es Conkal con un total de 127,575 kg de excreta y 661,678 litros de líquido

⁴ A grandes rasgos se puede decir que la eutroficación provoca una abundancia anormalmente alta de nutrientes, con importantes consecuencias sobre la composición, estructura y dinámica del ecosistema, por la propagación intensa de plantas, como ciertas algas que ocasionan e impiden la entrada de luz hasta el fondo, y causan el agotamiento del oxígeno del agua y la muerte de la fauna que lo habita.

de manera diaria. Es de resaltar el hecho de que Acanceh, que se encuentra cercano a la zona de alta variabilidad hidrológica y a la zona de captación de la JAPAY I, genera excretas diarias en el municipio del orden de los 43,999 kg, y un volumen de líquido de 238,329 litros. Figura 8.

Cabe señalar que las aguas residuales de desechos porcinos (purines) contienen una serie de elementos que le confieren un gran valor como fertilizante, si se aplica adecuadamente al suelo (N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Fe y Mn, entre otros), pero de no hacerse se puede impactar severamente al medio ambiente, especialmente al acuífero. De acuerdo con Coma y Bonet (2004), un metro cúbico de purines contiene: 7.6 kg de nitrógeno total; 6.5 kg de fosfatos (P₂O₅); 7.2); 7.2 kg de potasio (K₂O); 47 kg de DQO; 25 kg de DBO₅, etcétera.

En relación con las granjas avícolas, los desechos orgánicos que se generan son de naturaleza sólida (Méndez Novelo, 2009), por lo que comúnmente son manejados de forma aséptica por los propios granjeros, de acuerdo con sus programas de bioseguridad. Los desechos son la gallinaza o pollinaza, los animales muertos o los huevos que no eclosionan, los cuales poseen altas concentraciones de materia orgánica y pueden utilizarse para la producción de alimento para cerdos, o bien compostarlos para abono o mejorador de suelos. Los municipios con mayor producción de desechos avícolas en Yucatán son Conkal, con 2,539 kg/km², Tekantó con 1,548 kg/km², Abalá con 1,471 kg/km² y Mu-



Figura 9. La producción de gallinaza y su descomposición amoniacal puede acumularse a tal grado en el suelo, que en vez de ser abono, matan cualquier forma de vida vegetal. Ésta percola a través del suelo y se filtra al agua subterránea.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

xupip con $1,119 \text{ kg/km}^2$ (Figura 9). La producción de gallinaza y su descomposición amoniacal pueden acumularse a tal grado en el suelo que en vez de ser un abono, matan cualquier forma de vida vegetal. Además, percola a través del suelo cuando es expuesto al agua y se filtra a las capas de agua subterránea, donde el nitrógeno se oxida y permanece en forma de nitratos. Los desechos líquidos en granjas avícolas sólo se generan al finalizar un ciclo productivo, cuando las naves son limpiadas y desinfectadas. Esto ocurre generalmente luego de 7 u 8 semanas para granjas de engorda y de 12 a 14 meses aproximadamente para granjas de postura.

Otra actividad que está teniendo cada vez mayor presencia en la región es la acuicultura en las costas, que también está contribuyendo de manera creciente a la descarga de plaguicidas y altos niveles de nutrientes en el agua superficial y subterránea a través de los piensos o alimentos que se les brindan y las heces, lo que contribuye a la eutroficación de las zonas en las que se realizan (PRA, *op. cit.*: 432). Figura 10.

CONTAMINACIÓN DERIVADA DEL USO DE AGROQUÍMICOS

En el ámbito internacional, la agricultura es el sector que más contaminación produce. La aplicación de fertilizantes con la escorrentía de nutrientes, especialmente fósforo, da lugar a la eutrofización y produce mal gusto y olor en el abastecimiento público de agua, crecimiento excesivo de las algas que da lugar a desoxigenación de la misma y mortandad de peces. La lixiviación del nitrato hacia las aguas subterráneas en niveles excesivos representa una amenaza para la salud pública, mientras que los plaguicidas dañan a la fauna por la inhibición de su crecimiento y los problemas reproductivos que ocasionan. Los plaguicidas son trasladados hasta distancias muy lejanas y contaminan sistemas acuáticos que pueden encontrarse a muchos kilómetros de distancia. Éstos se acumulan en los tejidos de especies acuáticas, que a su vez ponen en peligro la vida de sus consumidores, dentro de



La acuicultura tiene cada vez mayor presencia en la Península y contribuye a la descarga de plaguicidas y de altos niveles de nutrientes en el agua superficial y subterránea, ocasionados por los alimentos que se les brindan y las heces que producen.

Figura 10. Río Champotón, Campeche.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

Entidad Federativa	Unidad de Producción	Fertilizantes y Agroquímicos	Herbicidas	Insecticidas
Campeche	12,412	11,323	10,700	4,249
Yucatán	2,689	2,454	2,388	888
Quintana Roo	2,414	2,168	1,537	697

Cuadro 3. Campeche aporta una mayor cantidad de fertilizantes, agroquímicos, herbicidas e insecticidas que contaminan el ambiente, seguido por Yucatán y Quintana Roo (Anuario Estadístico de los Estados, 2010 y Censo de Agricultura, Ganadería y Forestería, 2007; PRA, *op. cit.*: 476).

Figura 11. Almacén de agua y envases de agroquímicos en una cooperativa citrícola. Fotografía de Fulvio Eccardi.

El daño severo que pueden ocasionar estos productos al ser humano y otros seres vivos está plenamente demostrado. Su venta no controlada y la falta de información de las familias agricultoras convocan a la reflexión y a la acción con conciencia de que nuestra gente aspira, bebe, come, huele, inhala, absorbe por la piel y da de amamantar a sus hijos, agroquímicos. Estas sustancias pueden quedar en el ambiente por tres o cuatro décadas y enfermar severamente a varias generaciones. Recordemos que los contaminantes llegan de la superficie a los ríos subterráneos y son arrastrados a otras zonas de la Península.



los cuales se encuentra el hombre, pues en condiciones de laboratorio se ha observado que algunos agroquímicos son cancerígenos, teratogénicos y mutágenos en ratas, hamsters y monos. Tradicionalmente, el mayor problema ha sido los contaminantes orgánicos halogenados, pues son persistentes, liposolubles (por lo tanto, bioacumulables y bioamplificables), y producen una variedad de efectos tóxicos. En este grupo se encuentran los plaguicidas organoclorados (DDT, Endosulfán, Aldrín, Endrín, Mirex, etc.) y los bifenilos policlorados (PCBs por sus siglas en inglés).

De acuerdo con el Anuario Estadístico de los Estados de 2010, y el Censo de Agricultura, Ganadería y Forestería de 2007, Campeche aporta una mayor proporción de fertilizantes, agroquímicos, herbicidas e insecticidas contaminantes al ambiente, seguido por Yucatán y Quintana Roo. Cuadro 3.

Las ventas, uso y manejo de agroquímicos conllevan a un irremediable arrastre al manto freático en época de lluvias. Esto, aunado a que la naturaleza nociva de dichas sustancias está plenamente demostrada para el ser humano y otros seres vivos, su venta no controlada, y la falta de información de la que adolecen las familias agricultoras, son en su conjunto elementos que convocan a la reflexión y a la acción con conciencia de que nuestra gente aspira, toma, come, huele, inhala y

⁵ http://www.semarnat.gob.mx/playas/playas_limpias/destinos/ciudad-del-carmen.

absorbe por la piel y da de amamantar a sus hijos, agroquímicos. Estas sustancias pueden quedar en el medio ambiente por casi 3 o 4 décadas, de manera que son varias las generaciones que se dañan de manera irremediable. Figura 11.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y SANITARIAS DE LA ZONA LITORAL

La marea roja resulta de los procesos de contaminación, principalmente de las cargas orgánicas derivadas de los vertimientos de aguas residuales de las zonas urbanas costeras y de tierra adentro, y también de casas veraniegas y hoteles de la península de Yucatán, que a través del flujo de los ríos subterráneos llegan de tierra adentro hasta la costa, como ha sucedido en varios años en la Península.

En abril de 2003 se inició el Sistema Nacional de Información sobre la Calidad del Agua en Playas Mexicanas a través de las Secretarías de Marina, Medio Ambiente y Recursos Naturales, Salud y Turismo. A lo largo de ese año se logró sistematizar y homogeneizar el monitoreo del agua de mar de acuerdo con los criterios descritos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). El riesgo sanitario es considerado a partir de registros mayores a 200 enterococos/100ml, y algunas de las playas de la Península han presentado valores superiores a esta cifra en diferentes momentos. Playa Norte en Ciudad del Carmen Campeche, por ejemplo, ha presentado



Figuras 12 y 13. Marea roja. Fotografías del Comité Estatal para la Atención a Contingencias de Marea Roja. Secretaría de Salubridad y Asistencia.

Figuras 10 y 11. La “marea roja” es la proliferación de algas causantes de elevadas concentraciones de toxinas que pueden afectar severamente los recursos pesqueros y enfermar seriamente a quien los consume, como resultado de la contaminación, principalmente por las cargas orgánicas de las aguas residuales de las zonas urbanas costeras y de tierra adentro, pues recordemos que los “ríos” subterráneos arrastran los contaminantes y los descargan en el mar.

Fotografías del Comité Estatal para la Atención a Contingencias de Marea Roja. Secretaría de Salubridad y Asistencia.

880 enterococos/100 ml entre el 3 y el 10 de marzo de 2015,⁵ y la Bahía de San Francisco de Campeche ha presentado problemas debido al incremento en la escorrentía de la zona urbana, con acarreo de contaminantes presentes en el pavimento, como aceites y detergentes, y también por el desagüe directo y sin tratamiento de los desechos municipales agrícolas e industriales (Rivera *et al.*, 2012: 12). Mientras que la bahía de Chetumal también ha sido afectada por la descarga de pesticidas y fertilizantes de las actividades agrícolas que se realizan en las márgenes del Río Hondo (Álvarez, 2009: 215), y algunos puntos de la costa norte de Yucatán han llegado a presentar condiciones bacteriológicas que en ciertos momentos han superado los valores recomendados, en particular el área oriental de influencia del Playón de Progreso, Yucatán.⁶ Figuras 12 y 13.

DEFORESTACIÓN

La cubierta vegetal juega un papel muy importante

⁶ El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) establece una serie de indicadores de la calidad de agua litoral y lagunar denominada: “Condición trófica del agua marina”, que en lugares como Chuburná Puerto, Progreso y Telchac Puerto presentaron en ocasiones niveles tróficos de regulares a malos (Mesotróficos) tipo II y III. En particular, el segundo municipio ha manifestado las peores condiciones físico-químicas de toda la costa, y la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios 2009 otorgó datos de la calidad sanitaria del agua de mar para uso recreativo del periodo 2003–2009, que expresaron la calidad bacteriológica rebasada.

en el estado armónico de los ecosistemas, pues forma el nicho ecológico que sostiene otras formas de vida, además de brindar servicios ambientales en la limpieza de la atmósfera, el suministro y regulación del ciclo del agua, en la conservación del suelo, así como en el equilibrio climático global. La vegetación natural del estado de Yucatán, por ejemplo, sólo cubre 18% de su territorio, lo que implica que más de 80% de la vegetación original ha sido perturbada y/o sustituida, para ser destinada la tierra a diferentes actividades humanas (PRA, *op. cit.*: 474).

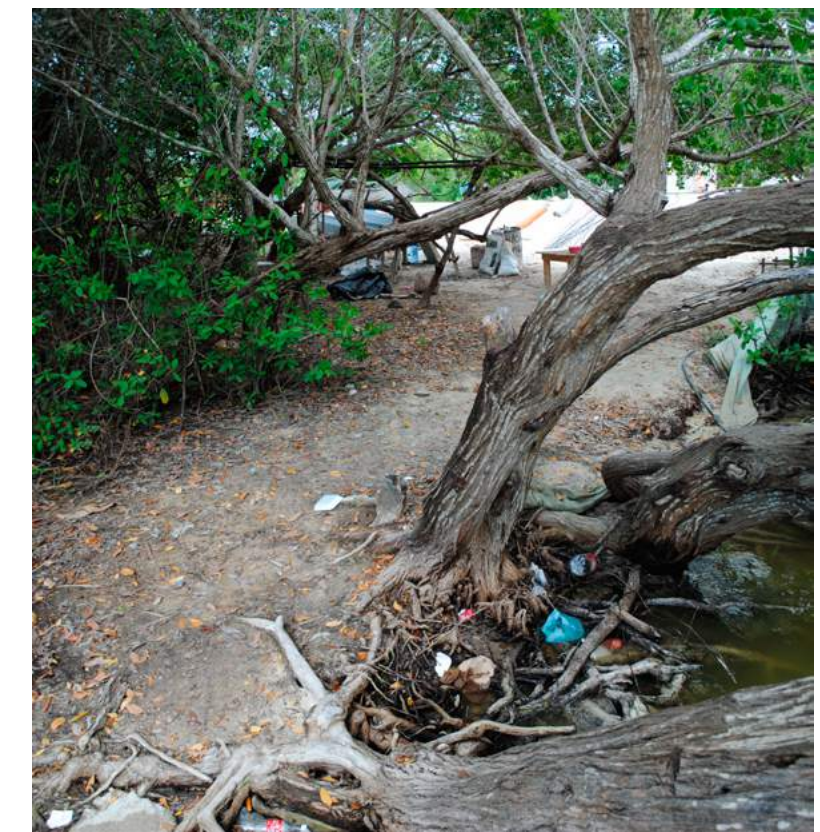
La deforestación es uno de los principales problemas con respecto al agua, pues conlleva efectos devastadores en la recarga pluvial, en la erosión del suelo y en el efecto invernadero, entre otras cosas. No sólo deja de llover o se alarga el periodo de secas en los sitios donde había regularmente lluvia, puesto que las regiones donde hay mucho calor y no hay árboles son propicias para que la nubosidad no se establezca, y por lo tanto disminuye la precipitación pluvial.

Las fuentes de provisión de agua en la península de Yucatán guardan una situación grave por la disminución en la capacidad de recarga debido a la deforestación (Beltrán *et al.*, 2009), ya que ésta ha perdido más de 75% de su superficie forestal original (Sánchez y Rebollar, 1999, en: PRA, *op. cit.*: 474). Además, muchas de las tierras convertidas no son aptas ni para la agricultura ni para la ganadería, ya que sus suelos son escasos y pobres en nutrientes. El resultado es una baja productividad a

muy alto costo por la pérdida de ecosistemas, flora y fauna y sus bienes y servicios, pues después de un tiempo las tierras “desmontadas” son abandonadas debido a su reducida productividad. Por ejemplo, el volumen que escurría lentamente por la superficie del suelo y quedaba retenido por la plantas, con la urbanización, puede llegar a escurrir en los canales, disminuyendo la alimentación de los acuíferos.

Como resultado de la reducción de la superficie de infiltración y con la pavimentación de las poblaciones y carreteras, el volumen que deja de

Figura 14. Las Coloradas, Yucatán. El desarrollo humano sin la planeación apropiada y la valoración de sus servicios tiene un efecto en la capacidad de autodepuración de los recursos hídricos. La destrucción, dragado y relleno de zonas de manglar y de humedales, reduce los procesos de purificación natural de ecosistemas terrestres y acuáticos. Fotografía de Carlos Alcérreca.



ser infiltrado queda en la superficie y aumenta el escurrimiento superficial. Además de que la deforestación facilita la erosión de la tierra que es arrasada verticalmente hacia las aguas subterráneas u horizontalmente hacia las aguas de los ríos (PRA, *op. cit.*: 432). Figura 14.

El principal indicio de sobreexplotación del acuífero en la zona del litoral es el abatimiento de la capa de agua dulce del acuífero provocando la intrusión salina, lo cual trae consigo problemas de mala calidad de agua. En el estado de Campeche, la mayoría de las actividades humanas en la costa se han centrado alrededor de Ciudad del Carmen, Champotón, Calkiní y Campeche y en los alrededores de estas dos ciudades. A pesar de que la mayoría de los 200 km de las costas del estado de Campeche permanecen inalterados, algunas zonas de manglar han sido impactadas por la salinización de los sedimentos y la modificación del hidropereodo, como resultado de la construcción de carreteras que han modificado los procesos de flujo-reflujo hidrológico.

CONCLUSIONES

En términos de la relación entre naturaleza, desarrollo económico regional y distribución de la población, es interesante hacer notar que se considera el agua como un elemento pasivo y altamente vulnerable, puesto que recibe influencias variadas a

través de la contaminación. Sin embargo, como es un recurso limitante para el desarrollo, es importante elaborar una planeación integral del agua por zonas geohidrológicas de la península de Yucatán (anillo de cenotes, planicie interior, cerros y valles, cuencas escalonadas y Laguna de Términos).

Los Consejos de Cuenca deben ampliar su participación, no solamente para cubrir aspectos de infraestructura hidráulica para los sistemas de irrigación y de servicios públicos, sino para consolidar espacios de discusión sobre el desarrollo a largo plazo, promoviendo con las autoridades locales el inicio de los trabajos tendientes a elaborar los planes integrales. Entre estas autoridades se deberá considerar la de Medio Ambiente, Fomento Económico y Agropecuario y Pesquero, Los Consejos Estatales de Población, Desarrollo Urbano, así como productores, ONG, cámaras empresariales y centros de investigación, entre otros. Es necesario que exista congruencia de objetivos y metas de las diferentes políticas de población, tanto federales como estatales y municipales, mediante la integración de indicadores y metodologías que contribuyan al entendimiento de esta interacción, con una participación de las comunidades locales en la formulación y la ejecución del programa integral peninsular.

Debido a la vulnerabilidad que presenta el acuífero es necesario establecer una red de monitoreo de aguas subterráneas peninsulares, mediante la instrumentación de estaciones de registro de la calidad de agua, el aforo de descargas y de los prin-

cipales procesos costeros. Esta acción permitiría ajustar los balances actuales, controlar el desequilibrio de la interfase salina y monitorear el avance de la intrusión marina, de tal manera que los volúmenes de agua puedan protegerse para preservar su calidad y las necesidades del ambiente.

Es importante dar sustentabilidad a las actividades agrícolas y pecuarias, lo cual implica, por supuesto, el control de la contaminación y el aprovechamiento adecuado del manto acuífero por el fuerte impacto que provoca en la región; así como regular las actividades y las emisiones del sector industrial y de servicios, controlar el crecimiento urbano y estimular el reciclamiento de aguas negras. Esto contribuirá a su vez en un mejor desarrollo del sector pesquero y turístico costero, pues en él inciden todas las actividades productivas a través del agua que utilizan, que a final de cuentas llega al mar. De ahí la importancia de elaborar un plan del manejo del agua que incluya la actividad pesquera y turística costera.

Como se ha demostrado, la mayor generación de contaminantes se presenta precisamente en aquellas zonas con vulnerabilidad alta y extrema, como por ejemplo, el anillo de cenotes al norte de Yucatán, que también es una zona con categoría de riesgo alto y extremo, lo que significa que se está comprometiendo significativamente la viabilidad del desarrollo regional, generando un fuerte deterioro de la capacidad de resiliencia del ecosistema y la calidad de los servicios ambientales que

proveen, en particular los servicios de provisión de agua para consumo humano y de riego. De igual forma los servicios de soporte, ya que en la recarga misma del acuífero se infiltra una gran cantidad de contaminantes que tienen un impacto directo en las zonas de descarga costera, afectando la capacidad de depuración de las masas de agua y por lo tanto la calidad de la misma, lo cual a su vez puede disminuir las posibilidades de aprovechamiento recreativo tanto en playas como en cenotes.

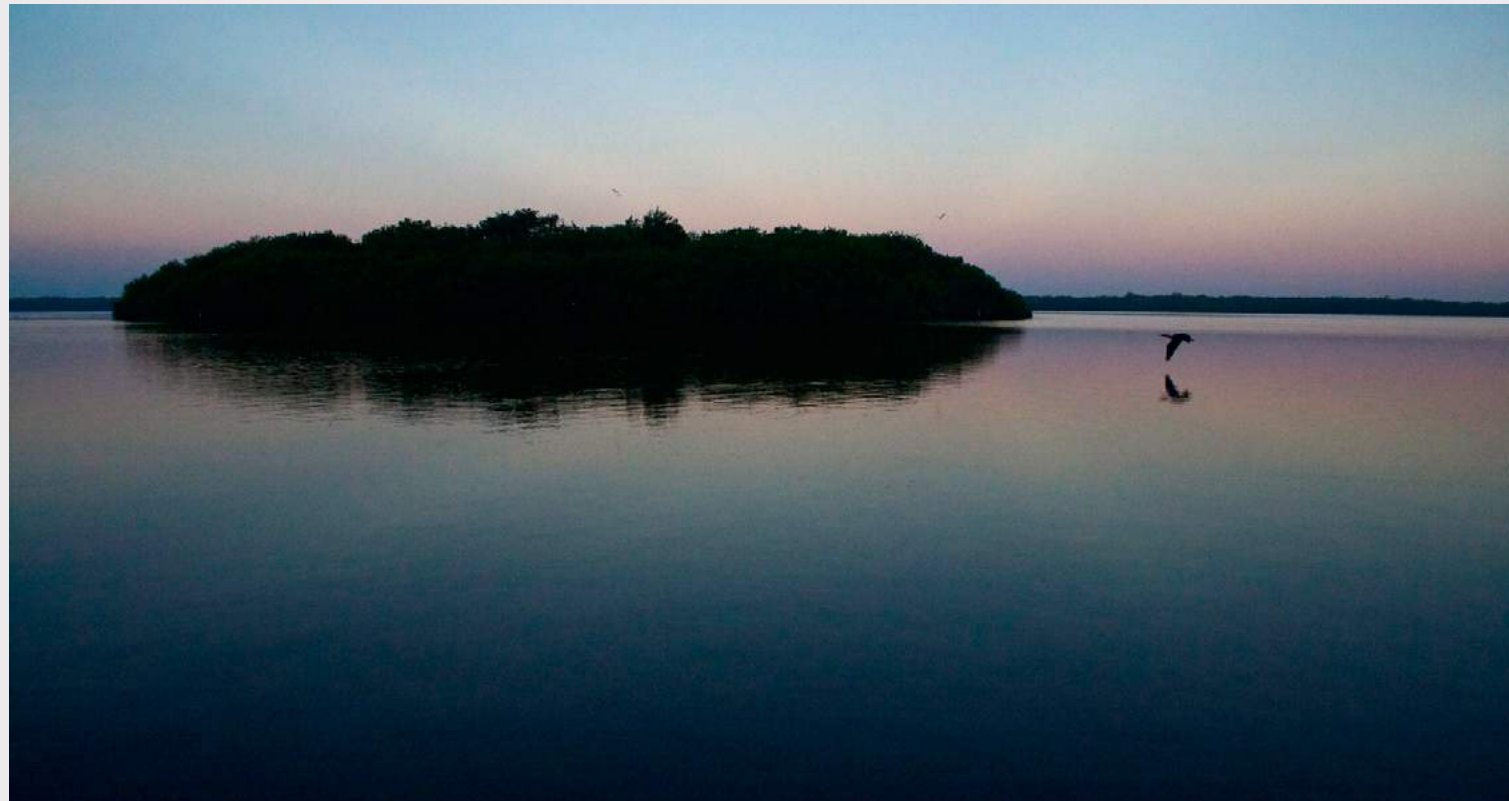
El enfoque integral que se emplea en los análisis muestra las oportunidades que se presentan para realizar el tratamiento del agua y de los desechos sólidos y líquidos, que se encuentran enlazados en un sistema de "recirculación", con el objeto de fomentar el desarrollo tecnológico de una industria ambiental regional, y a otorgar estímulos económicos a las industrias y a los productores que mejoren sus procesos, contribuyendo así a mejorar el nivel de bienestar de los habitantes de la Península. Este enfoque permitirá también mostrar las ventajas que se pueden obtener al dedicar esfuerzos y recursos económicos para reducir y prevenir la contaminación del acuífero, que contribuya a impedir la degradación de los suelos y de los recursos forestales, bajo la premisa de que la base del desarrollo económico se debe desplazar de la explotación a la recirculación, del desechar al volver a usar y de la cantidad a la calidad.

REFERENCIAS

- Conagua, Semarnat. 2008. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, Dirección Técnica, *Problemática del Acuífero Península de Yucatán y Acciones Requeridas para su Conservación*, Mérida, Yucatán, México.
- _____. 2013. *Estadísticas del agua*, México.
- Conagua, 2013. *Registro Público de Derechos del Agua (REPGA)*, Consulta a la base de datos (<http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115>).
- _____. 2013a. *Situación del subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, México.
- Chambers J.E., Boone J.S., Carr R.L., Chambers H.W. y Strauss D.L. 2002. "Biomarkers as predictors in health and ecological risk assessment", *Human Ecology Risk Assess*, 8 (1): 165-176, New York, USA, Springer Science & Business media.
- Daicos SA de CV. 2011. *Diagnóstico y proyecto ejecutivo del alcantarillado y saneamiento de la ciudad de Mérida, considerando Centro Histórico, zona de transición y zona conurbada*, CNA, JAPAY-Seduma, Yucatán, México, Ayuntamiento de Mérida.
- Doerflinger *et al.* 1999. "Methode EPIK", E.R. Bolio; S.A. Cabrera; F. Bautista y J.G. Pacheco, *Aplicación de la metodología EPIK para establecer la vulnerabilidad de las aguas subterráneas en el estado de Yucatán*, Mérida, Yucatán, México, UADY, Fac- de Ingeniería.
- Foster S. e Hirata R. 1991. *Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas*, Lima, Perú, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- Giacoman, German, Ma. del Carmen Ponce, Ma. Rosa Sauri, Eduardo Graniel, José H. Loría, Ismael Sánchez. 2011. Evaluación ambiental de sitios clausurados de residuos sólidos: Un estudio de caso, Mérida, Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería.
- Gijón, Gonzalo, Julia Pacheco, Jorge Euán, Rosela Yazmín. 2009. Análisis Espacial de la vulnerabilidad y riesgo del agua subterránea a la contaminación en el estado de Yucatán, Mérida, Yucatán, México, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Goksøyr A., Förlin L. 1992. "The cytochrome P450 system in fish, aquatic toxicology and environmental monitoring", *Aquatic Toxicology*, 22, Oxford, Elsevier, pp. 287-312.
- González R., Rodríguez R., Vadillo I. y Carrasco F. 2004. "Sistema redox en un acuífero carbonatado afectado por lixiviado de basureros", *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*, 4:71-79, Uruguay, Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo.
- Graniel C.E., Morris L.B. and J.J. Carrillo-Rivera. 1999. "Effects of urbanization on groundwater resources of Merida, Yucatan, Mexico", *Environmental Geology*, 37, (4): 303 – 312, Oxford, Elsevier.
- Marín L. R., Sanborn A., Reeve T., Felger J., Gamboa E.C., P. and M. Villasuso. 1988. "Petenes: a key to understanding the hidrology of Yucatan", México, International Association of Hydrogeologist, International Symposium on the Hydrology of Wetlands in Semi-Arid and Arid Areas, Seville, Spain, May- 9-12.
- Marín L.E. 1990. *Field investigations and numerical simulation of ground-water flow in the karstic aquifer of northwestern Yucatan, Mexico*. Dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Illinois, USA, Northern Illinois University, 182 pp.
- Marín L.E., Steinich B., Pacheco J., y O. Escolero, 2000. "Hydrogeology of contaminated sole-source karst aquifer, Mérida, Yucatán, México", *Geofísica Internacional*, 39 (4), México, Instituto de Geofísica, UNAM, pp. 359-365.
- Morell I., Tuñón J. 2001. *Vulnerabilidad de acuíferos costeros en el área mediterránea*, presentado en ponencias del taller: Protección de acuíferos frente a la contaminación. Metodología, Toluca, México.
- Morris B.L. 1994. *Impact of urbanisation on groundwater in Merida, Mexico, Final Report*, Technical Reports, WC/94138, UK, British Geological Survey, 23 pp.
- Orme S. y Kegley S. 2004. PAN *Pesticide Database. Pesticide Action Network; North America San Francisco*, CA. <http://www.pesticideinfo.org/Docs/data.html> [Consulta 5 de noviembre 2010].
- Pacheco A.J., Sauri M.R., Cabrera R., Armando S. 1997. "Impacto de la porcicultura en el medio ambiente", Ingeniería, *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Yucatán*, 1 (3), México, Facultad de Ingeniería, UADY, pp. 53-58.
- Penberthy W.T., Shafizadeh E., Lin S. 2002. *The zebrafish as a model for human disease*, CA, USA, Front. Biosci. 7 (9), pp. 1453.
- Pérez C.R. 2003. *Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán*, Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Mérida, Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán, pp. 7-14.
- Pérez, Juan. 1949. Códice Pérez, Ermilo Solís (Editor y traductor), Mérida, Yucatán, México, Imprenta de Oriente.
- Polanco R.A. 2011. *Atlas de riesgo por contaminantes orgánicos persistentes –COPs– (pesticidas) y su relación a cánceres en Yucatán, México*, UADY-Conacyt. Yucatán, México.
- Gobierno de la República. 2014. Programa Nacional Hídrico, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, Gobierno de la República, México.
- Rodríguez F.G. 2010. "Expresión genética en peces cebrá enjaulados como indicadores de exposición a contaminantes en cuerpos de agua en la zona norte de Yucatán. Reporte Técnico Final", Hernández L., Rebolledo V.M., Almazán B.A y F. Valadez. 2011. *Propuesta de creación de una reserva geohidrológica para el norte del estado de Yucatán*, Reporte Final Conacyt-Fomix, Mérida, Yucatán, México, Centro de investigación Científica de Yucatán, A. C.
- Sectur, Gobierno del Estado de Quintana Roo, Fonatur, Consejo para la Promoción del Turismo, Universidad de Quintana Roo. 2013. *Agendas competitivas de los desarrollos turísticos de México 2013-2018: Quintana Roo*, México.
- Semarnat. 2012. *Informe de la situación del medio ambiente en México, Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y de desempeño ambiental*, México.
- Steinich B. and L.E. Marín. 1997. "Determination of Determination of flow characteristics in the aquifer of the northwestern Peninsula of Yucatan, Mexico", *Journal of Hydrology*, 191, Oxford, Elsevier, pp. 1-4, 315-331.
- Tong Y., Shan T., Poh Y.K., Yan T., Wang H., Lam S.H., Gong Z. 2004. "Molecular cloning of zebrafish and medaka vitellogenin genes and expression in response to 17 beta-estradiol", *Gene*, Mar (17): 328:25-36, Bethesda, USA, National Center for Biotechnology.
- Trejo R. 1996. *Procesamiento de la basura – México*, México, Editorial Trillas, 283 pp.
- Vázquez J., Pacheco J., Goody D.C., Morris B.L. 1997. *Contaminación orgánica en el acuífero que subyace la ciudad de Mérida, Yucatán*, Yucatán, México, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, pp.7-14.
- Xie L., Thrippelton K., Irwin M.A., Siemering G.S., Mekebri A., Crane D., Berry K., Schlenk D. 2005. "Evaluation of estrogenic activities of surfactants using an rainbow trout vitellogenin assay", *Toxicol. Sci.* 87(2):391-9, Bethesda, USA, National Center for Biotechnology.

SÍNTESIS DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA REGIÓN ESTADO DE YUCATÁN

EDUARDO BATLLORI SAMPEDRO
Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán
 COTASMEY, 2008



Amanecer en la Ría de Celestún, Yucatán.
 Fotografía de Ricardo Medrano.

ESTADO DE YUCATÁN

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
DESARROLLO URBANO	El acelerado crecimiento urbano de las grandes ciudades de la región, que amenaza con invadir los campos de pozos de abasto de agua potable y su posible contaminación por la falta de saneamiento de las aguas residuales municipales. En el mejor de los casos, las viviendas sólo cuentan con fosas sépticas. La mala disposición de los lodos de fosas sépticas derivados de su limpieza es también otra fuente de contaminación, al igual que las aguas del drenaje pluvial que arrastran los contaminantes vertidos en la superficie y se infiltran al acuífero.
ACTIVIDADES ECONÓMICAS	Dentro de las principales actividades contaminantes, se tienen las descargas de aguas residuales de las actividades industriales, porcícola, pecuaria y avícola, así como por las aguas residuales de la nixtamalización para la producción de masa y tortilla, donde se utilizan pipas para trasladar los residuos líquidos, sin tratamiento, a sitios no adecuados, ocasionando una gran contaminación orgánica y alta alcalinidad.
NUTRIENTES O PESTICIDAS AGRÍCOLAS	Residuos de fertilizantes y pesticidas aplicados en el medio rural que llegan al manto freático y amenazan la salud humana.
RESIDUOS SÓLIDOS	Falta de un manejo adecuado de residuos sólidos, donde la disposición se realiza en tiraderos a cielo abierto y en algunos casos, muy próximos a fuentes de suministro de agua potable.
FALTA DE PROTECCIÓN DE FUENTES DE ABASTO DE AGUA	Riesgo de brotes de cólera, debido a que se recurre a los pozos a cielo abierto para el abastecimiento de agua, que casi siempre se ubican en el centro del pueblo y carecen de protección.

ESTADO DE QUINTANA ROO

GONZALO MEREDIZ ALONSO
Amigos de Sian Ka'an A.C.

La realidad del agua en la Península de Yucatán es única en México. Si se observan publicaciones internacionales sobre la hidrología, las cuencas y otros asuntos relacionados con el agua, es muy común que los mapas al respecto presenten un hueco sin información en toda la península yucateca¹. Es como si en esta región del Mayab no hubiera agua o ésta no presentara ningún problema. No es así; la única diferencia de la Península con el resto del continente es que la mayor parte del agua dulce está bajo tierra; no se ve. Sin embargo, estamos hablando de una de las principales reservas de agua dulce del país² que enfrenta serios problemas, sobre todo de contaminación.

Quintana Roo comparte desde luego las características brevemente esbozadas en el párrafo anterior, aunque su realidad social, cultural, política y económica le confiere problemas muy particulares.

.....

¹ Como ejemplo puede verse: Bureau of International Information Programs, United States Department of State, 2011, Global Water Issues. A Compendium of Articles, USA. P. 8.

² Conagua. 2011. *Estadísticas del agua en México*, edición 2011, México, p. 38.



Los fosfatos son contaminantes críticos en las descargas de aguas residuales de Quintana Roo, entre otros elementos que se encuentran encima de lo que los ecosistemas locales pueden asimilar, y por ello la mayoría de los cuerpos de agua cercanos, o dentro de las ciudades, se encuentran eutroficados o en proceso de serlo. Los cenotes y lagunas pierden lo cristalino de sus aguas (elemento esencial en un destino turístico), afecta la salud de los humedales costeros y daña gravemente a los arrecifes de coral, al grado de que entre 1994 y 2009 se registró una pérdida de 50% de la cobertura de coral vivo en el norte del estado.

Figura 1. Cenote Holaktun, Quintana Roo.

Fotografía de James Balog.

ESTADO DE QUINTANA ROO

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
DESARROLLO URBANO	<p>La población de Quintana Roo crece explosivamente, pasando de unas cincuenta mil personas en los años 60 a cerca de 1.5 millones en 2010.¹ Ciudades como Playa del Carmen, por poner un ejemplo, han llegado a tener tasas de crecimiento de más de 25% en un año.² Ante esta realidad es difícil instalar drenaje y plantas de tratamiento adecuadas y suficientes. Aunque ese rezago se ha ido reduciendo de manera importante, la prioridad del tratamiento del agua es “limpiarla” en función de la salud humana, pero no en función de la salud de los ecosistemas. A esto se suma que la normatividad del ramo está diseñada en un contexto nacional³ y los parámetros admisibles de descarga de, por mencionar uno crítico, fosfatos está por encima de lo que un sistema cárstico y los ecosistemas locales pueden asimilar. El resultado: la mayoría de los cuerpos de agua cercanos o dentro de las ciudades se encuentran eutroficados o en proceso de serlo. Ello es serio pues se altera la condición natural de cenotes y lagunas, pierden lo cristalino de sus aguas (elemento esencial en un destino turístico que presume sus bellezas naturales), afecta la salud de los humedales costeros y daña gravemente a los arrecifes de coral. Estudios comparativos hechos por Amigos de Sian Ka’an entre 1994⁴ y 2009⁵ muestran una pérdida de 50% de la cobertura de coral vivo en el norte del estado. Buena parte de ello debido a la propagación de algas que cuentan con abundantes nutrientes provenientes de las</p> <p>¹ http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=23 ² http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/ ³ Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. ⁴ Gutiérrez C.D. <i>et al.</i> 1995. Caracterización de los arrecifes coralinos en el Corredor Cancún – Tulum, Quintana Roo México. Sian Ka’an Serie Documentos Amigos de Sian Ka’an A.C. 4, pp. 3-34. Cancún. ⁵ Datos no publicados que pueden consultarse con Amigos de Ka’an A.C.</p>

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
ACTIVIDADES ECONÓMICAS	<p>descargas, legales o ilegales, de aguas residuales. La laguna Nichupté de Cancún es otro ejemplo del deterioro acuático. La transformación de su dinámica hídrica, el relleno de manglares y el constante vertimiento de aguas residuales de la zona hotelera y la misma ciudad por más de 40 años ha generado un cuerpo de agua con altos niveles de eutroficación.⁶</p> <p>La principal actividad económica de Quintana Roo es el turismo. El estado recibe alrededor de 13,000,000 de turistas anualmente por carretera, avión y cruceros. Estos visitantes, nacionales y extranjeros, utilizan la mayor capacidad hotelera instalada en el país con más de 86,000 cuartos.⁷ El uso de albercas y grandes cocinas, el riego de jardines y campos de golf, la limpieza de las instalaciones, el consumo humano y la generación de aguas residuales generan presiones importantes al acuífero. Sin embargo, un muestreo realizado por Amigos de Sian Ka’an en la Riviera Maya muestra que, en promedio, la eficiencia de tratamiento de aguas residuales en los grandes hoteles es de 72%.⁸ La gran mayoría de los establecimientos tiene sus propias plantas de tratamiento y quizás el mayor problema es la falta de capacitación del personal que las opera por lo que su eficiencia puede ser mayor. Aunque los desarrollos turísticos generan cierto impacto, la mayor parte de éste proviene en realidad de los centros urbanos; consecuencia desde luego, del crecimiento turístico.</p> <p>⁶ Espinosa Bouchot M. 2011. Plan para la recuperación ambiental de la Laguna de Bojórquez. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Informe final SNIB-Conabio proyecto Núm. HL001. México D.F. 50 pp. ⁷ http://sedetur.qroo.gob.mx/estadisticas/indicadores/Indicadores%20Turisticos%202013.pdf ⁸ Datos no publicados que pueden consultarse con Amigos de Ka’an A.C.</p>

ESTADO DE QUINTANA ROO

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
NUTRIENTES O PESTICIDAS AGRÍCOLAS	<p>La agricultura no es la mayor actividad económica de Quintana Roo pues sólo representa 0.78% del PIB⁹ estatal pero ocurre en todo el estado, principalmente en el sur donde existe una fuente industria azucarera. La agricultura en suelos poco aptos para ello, utiliza grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas que, aunque no se ha estudiado su dinámica una vez que se asperjan en los campos, es de suponer que fluyen al subsuelo y viajan grandes distancias a través de la compleja red cárstica hasta llegar eventualmente al mar. Uno de los puntos donde la contaminación agrícola es particularmente compleja es en el Río Hondo pues recibe el impacto de la siembra de caña y muchos otros productos tanto en su ribera mexicana como en la beliceña. Ello afecta al mismo río y a la Bahía de Chetumal, donde desemboca este río fronterizo. Estudios hechos hace algunos años por el Cinvestav de Mérida encontraron derivados de insecticidas en los sedimentos de las Bahías de Sian Ka'an.¹⁰ La complejidad cárstica hace que una sustancia vertida en un punto determinado viaje a grandes distancias y desemboque en un sitio insospechado.¹¹ Esta interconexión geohidrológica masiva en toda la península de Yucatán nos obliga a atender la problemática de la contaminación desde un plano regional. Por más esfuerzos que se hagan en un sitio por evitar los contaminantes, éstos pueden llegar desde cientos de kilómetros a través de una fractura geológica o un río subterráneo. Figura 1.</p> <p>.....</p> <p>⁹ http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/economia/</p> <p>¹⁰ Amigos de Sian Ka'an A.C. 1995. Estudio diagnóstico de la contaminación por plaguicidas e hidrocarburos en los principales cuerpos de agua costeros y marinos, originada por las escorrentías en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo. Reporte interno. 8 pp.</p> <p>¹¹ Bauer-Gottwein, P. <i>et al.</i> 2011. Review: The Yucatán Peninsula karst aquifer, Mexico. Hydrogeology Journal. Published online. January 26. 18 pp.</p>

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
FUGAS DE HIDROCARBUROS Y MAL MANEJO DE RESIDUOS DE ACEITES	<p>El manejo de aceites de cocina, de vehículos automotores y de embarcaciones es pobre y poco controlado. No existen estudios profundos y amplios del impacto que los hidrocarburos liberados por la actividad humana tienen sobre el acuífero. Tal es el caso tanto en ciudades como en remotas comunidades rurales. Existen empresas que poco a poco han ido creando un mercado para el reciclado de aceites de cocina y restaurantes. Algunas empresas hacen un manejo adecuado de hidrocarburos, pero ello no ocurre con la mayoría de la población y con cientos de talleres mecánicos y pequeñas empresas de comida.</p>
RESIDUOS SÓLIDOS	<p>El manejo de residuos sólidos y, especialmente, su disposición final, es un tema crítico y difícil en la Península justamente por la permeabilidad alta del suelo y subsuelo y por la gran conexión subterránea a través de la roca calcárea. En Quintana Roo por años la basura se depositó en tiraderos a cielo abierto o, en el caso de Cancún, en un relleno sanitario insuficiente, que hasta la fecha, a pesar de ya estar clausurado, produce lixiviados que se filtran al acuífero y llegan eventualmente a la laguna Chacmocchuc y al mar Caribe. En la actualidad la mayoría de los 10 municipios quintanarroenses tienen rellenos sanitarios y poco a poco se promueve el reciclado y otras prácticas que reducen el uso de los rellenos sanitarios, sin embargo, aún estamos muy lejos de llegar a una situación ideal. En Quintana Roo se generan 1,644 toneladas de residuos sólidos diariamente lo que constituye una producción per cápita de 1.24 kg por día,¹² cifra que es 3.78 veces superior a la</p> <p>.....</p> <p>¹² http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/boletines/boletin/Comunicados/Especiales/2013/Abril/comunica27.pdf</p>

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
	<p>media per cápita nacional.¹³ A ello se suma que no hay sitio en la Península que no sea vulnerable a los rellenos sanitarios y tiraderos. La construcción de rellenos es indispensable pero no se han hecho estudios regionales que determinen cuáles son los sitios más adecuados o con menos riesgos para su construcción. Esos estudios y la promoción de menos generación y de prácticas modernas de incineración, procesamiento, o comercialización son indispensables para reducir la problemática que enfrenta el acuífero ante los desechos de la actividad humana.</p>
<p>FALTA DE PROTECCIÓN DE FUENTES DE ABASTO DE AGUA</p>	<p>Hasta hace muy pocos años, la presión del desarrollo sobre el acuífero en Quintana Roo se concentró en la costa norte y en algunas porciones agrícolas en el sur y el occidente del estado. Tras los cambios constitucionales de los años 90 que abrieron la puerta a la privatización ejidal, las grandes propiedades comunales, algunas de cientos de miles de hectáreas, en manos de comunidades mayas se han ido parcelando y vendiendo. Esto ha traído una presión sin precedentes en las selvas tropicales más extensas del país, las de Quintana Roo. La fragmentación del corredor hidroforestal que se extiende desde Yum Balam en el norte, hasta el Río Hondo y Campeche en el sur es un fenómeno creciente. Buena parte de esta fragmentación se está dando por razones de urbanización y asentamientos humanos. El problema es que estas selvas que van desapareciendo facilitan la infiltración del agua al subsuelo. La pérdida de selvas, en el largo plazo, podría poner en riesgo el abasto de agua dulce a las comunidades costeras y a los ecosistemas que dependen del agua</p> <p>.....</p> <p>¹³ http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html</p>

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
	<p>subterránea. Estudios impulsados por Amigos de Sian Ka'an con la Universidad Técnica de Dinamarca y el Servicio Geológico de Austria muestran que las grandes fracturas cársticas, como la de Holbox que conecta a Yum Balam con Sian Ka'an, son particularmente importantes y sensibles en el contexto antes descrito.¹⁴ Al ser más permeables, facilitan aún más la infiltración de agua cuando la vegetación que está sobre ellas es selvática y permiten flujos de agua a grandes distancias. La fractura de Holbox es el origen de los miles de kilómetros de ríos subterráneos que hay en Tulum y la Riviera Maya. Las organizaciones de la sociedad civil han impulsado el declarar como zonas de preservación a estas fracturas dentro de los ordenamientos ecológicos que el gobierno del estado impulsa en cada municipio. La protección de la recarga hídrica fue uno de los varios motivos estratégicos por los que los tres niveles de gobierno, la sociedad local y Amigos de Sian Ka'an promovieran dos nuevas áreas protegidas, una federal y otra estatal, en Cozumel, decretadas en 2011¹⁵ y 2012.¹⁶ Figura 2.</p> <p>.....</p> <p>¹⁴ Bauer-Gottwein P. <i>et al.</i> 2011. Review: The Yucatan Peninsula karst aquifer, Mexico. <i>Hydrogeology Journal</i>. Published online. January 26. 18 pp.</p> <p>¹⁵ Gobierno de Quintana Roo. 2011. Decreto por el que se declara área natural protegida con la categoría de Reserva Estatal la Región denominada Selvas y Humedales de Cozumel ubicada en el municipio de Cozumel, Quintana Roo. <i>Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo</i>, Tomo I, Número 32 Extraordinario, Séptima Época. Chetumal.</p> <p>¹⁶ Gobierno de la República. 2012. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la porción norte y la franja costera oriental, terrestres y marinas de la Isla de Cozumel, municipio de Cozumel, estado de Quintana Roo. <i>Diario Oficial de la Federación</i>, 25 de septiembre. México, D.F.</p>

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
CAMBIO CLIMÁTICO	<p>El cambio climático, aunque controversial, parece estar haciéndose patente en todo el mundo. Es sabido que uno de los riesgos potenciales más serios es el incremento en el nivel del mar. En el caso de la península de Yucatán, dicha elevación marina podría tener serias consecuencias en el acuífero. Carecemos hoy en día de modelos que nos indiquen la magnitud de la intrusión salina en las aguas subterráneas costeras ante diferentes niveles del mar. Por ello no podemos prever posibles impactos en el suministro de agua dulce para el desarrollo humano y para la salud de los ecosistemas costeros. Ello sin contar que, en un subsuelo poroso y altamente permeable como el que aquí tenemos, no habrá muro de contención que prevenga la inundación continental en caso de subir el nivel del mar; ésta ocurriría desde el subsuelo. Figura 3.</p>



Este río presenta una gran contaminación agrícola, pues recibe el impacto de la siembra de caña y muchos otros productos, tanto en su ribera mexicana como en la beliceña. Ello afecta al mismo río y a la Bahía de Chetumal, donde desemboca.

El Río Hondo,
Quintana Roo.
Fotografía de Gabriel Peón.



Figura 2. La fragmentación del corredor hidroforestal de Yum Balam en el norte, hasta el Río Hondo y Campeche en el sur, es un fenómeno creciente. La pérdida de selvas en el largo plazo podría poner en riesgo el abasto de agua dulce a las comunidades y ecosistemas costeros. Las fracturas, como la de Holbox, que conecta a Yum Balam con Sian Ka'an, son particularmente importantes y sensibles, pues al ser más permeables facilitan la infiltración de agua cuando la vegetación que está sobre ellas es selvática, y permiten flujos de agua a grandes distancias (Amigos de Sian Ka'an-Universidad Técnica de Dinamarca y el Servicio Geológico de Austria).

Laguna Chunyaché en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Maya Ka'an, Quintana Roo.
Fotografía de Robert Supper.



Figura 3. El cambio climático, aunque controversial, parece estar haciéndose patente en todo el mundo. Es sabido que uno de los riesgos potenciales más serios es el incremento en el nivel del mar. En el caso de la península de Yucatán, dicha elevación marina podría tener serias consecuencias en el acuífero.

Cenote azul, Quintana Roo.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

ESTADO DE CAMPECHE


EVELIA RIVERA ARRIAGA
 Instituto de Ecología, Pesquería y Oceanografía del Golfo de México
 Universidad Autónoma de Campeche

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
DESARROLLO URBANO	<p>La contaminación más común es ocasionada por desagües domésticos, letrinas y desperdicios municipales, ya sea por escorrentías y fugas o por descargas directas y sin tratamiento, ante la falta de sistemas integrales de drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas (Rendón, 2010), ya que las plantas que han sido construidas para tales fines en varias unidades habitacionales no han podido ser operadas por los altos costos de su mantenimiento.</p> <p>De acuerdo con los resultados del conteo de población y vivienda 2010 de INEGI, el estado de Campeche tiene el 2º lugar más bajo en la cobertura de drenaje en la península de Yucatán (85.4%), y los municipios con mayor población, como el de Campeche, Ciudad del Carmen y Champotón son los que producen una mayor contaminación sobre el agua.</p> <p>Dentro de la contaminación microbiológica del manto acuífero se ha detectado la presencia de Salmonela sp., principalmente en estaciones lejanas a la costa y en el agua superficial, mientras que <i>Escherichia coli</i> y coliformes totales y fecales se han encontrado en puntos cercanos a la costa.</p> <p>Uno de los retos asociados con el crecimiento poblacional es el abasto de agua potable, dependiente de su ubicación y orografía. Por ejemplo, Ciudad del Carmen, Isla Aguada y Sabancuy deben ser abastecidas por un acueducto de 123 kilómetros</p>

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
	<p>que llega desde una zona de extracción que cuenta con pozos ubicados en Chicbul, mientras que el municipio de Calakmul, donde las características del agua no son adecuadas para consumo humano por la presencia de agua sulfatada, son abastecidas por varios acueductos que van desde López Mateos y 16 de Septiembre (Mendoza, 2010; PRA, 2011).¹</p>
ACTIVIDADES ECONÓMICAS	<p>Las descargas al acuífero derivadas de las actividades productivas, como la porcicultura, aportan grandes cantidades de aguas residuales contaminantes. Debido a la íntima relación que guardan las aguas costeras con el acuífero subterráneo es muy importante resaltar el riesgo de la descarga de aguas residuales de Pemex y sus empresas prestadoras de servicios en las aguas marinas, pues se han encontrado hidrocarburos alifáticos y aromáticos policíclicos en concentraciones variables (PRA, 2011). Las playas desde Isla del Carmen hasta Sabancuy son consideradas como susceptibles de afectación por hidrocarburos (Hernández, 2010).</p>
FERTILIZANTES Y PESTICIDAS AGRÍCOLAS	<p>El uso inadecuado de agroquímicos es el principal causante de la contaminación en ríos y cuerpos de agua del estado, y el uso de herbicidas es aún más intenso que el de los insecticidas. Los cultivos que más agroquímicos usan para asegurar su producción son el arroz, sorgo, caña de azúcar, algodón, sandía, frijol, maíz, frutales, calabaza y tomate, entre otros (Rendón y Villalobos, 2010). Dentro de los principales plaguicidas a tomar en cuenta por su efecto sobre la biodiversidad se encuentran: carbofurán, clorpirifos, propanilo, molinate, endosulfán y malatión</p> <p>..... ¹ Plan Rector en Materia del Agua para la Protección, Conservación y Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán.</p>

ESTADO DE CAMPECHE

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
DESARROLLO URBANO	<p>(Benítez y Bárcenas, 1996a y 1996b; Morales y Ojeda, 2000; Rendón <i>et al.</i>, 2004; Poot <i>et al.</i>, 2006).</p> <p>En pozos de los municipios de Calkiní, Carmen, Palizada y Xpujil se encontraron nutrientes y metales pesados, algunos con valores muy cercanos a los límites permisibles, e inclusive se presentaron concentraciones de metales por encima de la norma, con los graves riesgos a la salud que esto implica (Benítez <i>et al.</i>, 2009 en: (PRA, 2011).</p>
RESIDUOS SÓLIDOS	<p>Todos los municipios de Campeche cuentan con servicios de recolección y disposición final de residuos; sin embargo, en ninguno de ellos se proporciona tratamiento, al menos a una parte de sus desechos. Existen varios sitios para la disposición final de los residuos sólidos urbanos, como sabemos, generadores de lixiviados contaminantes del manto acuífero, entre otros, pero casi en su totalidad son tiraderos a cielo abierto y sólo uno es relleno sanitario que reduce los riesgos ambientales de los desechos generados en la entidad (PRA, 2011).</p>
INTRUSIÓN SALINA	<p>Intrusión salina La región costera de Campeche presenta una fuerte influencia de intrusión salina. El incremento del nivel medio del mar ha contribuido a ello, ocasionado por el cambio climático, por ejemplo, en el Litoral de San Francisco de Campeche, Champotón y litoral interno de Isla del Carmen, Atasta, Puerto Rico y Boca Chica, Isla Arena (Rendón y Villalobos, 2010).</p> <p>Dentro de los hábitats considerados críticos a nivel nacional e internacional se encuentran los petenes (Lara-Domínguez <i>et al.</i>, 1990, en: Escalona y Vargas, 2010), los cuales son islas de vegetación baja inundable cercanos a la costa, por lo general con un manantial de agua dulce en su centro.</p>

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
ACTIVIDADES INDUSTRIALES EN LAS CIUDADES	<p>Registro de residuos de policlorobifenilos (PCB), en el ambiente lagunar de Ciudad del Carmen, y en Laguna de Términos, por ejemplo, se encuentran vinculados muy probablemente con los desechos de talleres de reparación y otras actividades industriales. Las concentraciones en ostiones indican que existe una bioacumulación de estos compuestos altamente nocivos para la salud (Rendón y Villalobos, 2010).</p>
 <p>Figura 1. Pérdida de manglares en el estado de Campeche de 2005-2010 (Conabio, 2008). El relleno y los cambios en el uso del suelo y las escorrentías con agroquímicos causan gran impacto en ellos y sus funciones, dentro de las cuales se encuentra la del control de inundaciones y la intrusión salina.</p>	

ESTADO DE CAMPECHE

RECURSO HÍDRICO	AFECTACIONES
Ríos	Impacto de 1) Descargas de aguas negras sin tratamiento previo, 2) Vertimiento de desechos y 3) el escurrimiento de agroquímicos
LAGUNAS	Reciben constantemente 1) descargas por escorrentías de agroquímicos que afectan su productividad primaria, es decir, el punto de partida de la circulación de energía y nutrientes a través de las cadenas tróficas 2) Azolvamiento por acarreo de sedimentos erosionados 3) Desecamiento por extracción de agua.
AGUADAS	Éstas dependen mucho de las escorrentías y el flujo laminar, típico de velocidades bajas, para tener la cantidad de agua necesaria para su funcionamiento en la naturaleza. La tala los cambios en el uso del suelo, y la alteración de microrrelieve, como las pequeñas lomas y las depresiones, son algunas de las afectaciones que las impactan.
CENOTES	En poblados apartados, sin servicios públicos, los habitantes los usan de vertederos y/o basureros afectando gravemente la calidad del agua.
HUMEDALES (CIÉNAGAS, ESTEROS, MARRISMAS, PANTANOS Y MANGLARES)	El relleno y los cambios en el uso del suelo y las escorrentías con agroquímicos causan gran impacto en ellos, afectando sus importantes funciones, dentro de ellas el control de inundaciones, de intrusión salina y la mejora de la calidad del agua al funcionar como filtro biológico natural de la misma. Figura 1 y 2.
AGUA SUBTERRÁNEA	La costumbre de verter aguas negras a las “venas” del manto freático ha generado severas afectaciones en la calidad del agua. La costumbre de tener pozos cerca de los chiqueros de cerdos o los corrales de pollos es otra fuente de contaminación del agua.

RECURSO HÍDRICO

AFECTACIONES

El empleo durante años de DDT y Malatión como pesticidas para el control de plagas, por ejemplo, ha dejado sus trazas en el agua subterránea de toda la Península, con efectos nocivos en la salud humana y la de los ecosistemas.

Las fuentes de provisión de agua en la península de Yucatán son afectadas por la disminución en la capacidad de recarga debido a la pérdida de más de 75% de su cobertura vegetal original.

(Sánchez y Rebolgar, 1999; en: PRA, 2011:474).

² Para ampliar la información sobre la “Densidad de carbono en biomasa leñosa en bosques y selvas” mencionada en el mapa consultar: <http://www.alianza-mredd.org/biblioteca/productos/mapa-de-la-densidad-de-carbono-en-biomasa-leñosa-aerea-de-los-bosques-y-selvas-en-mexico-2#.VHgL2WP5T1V>

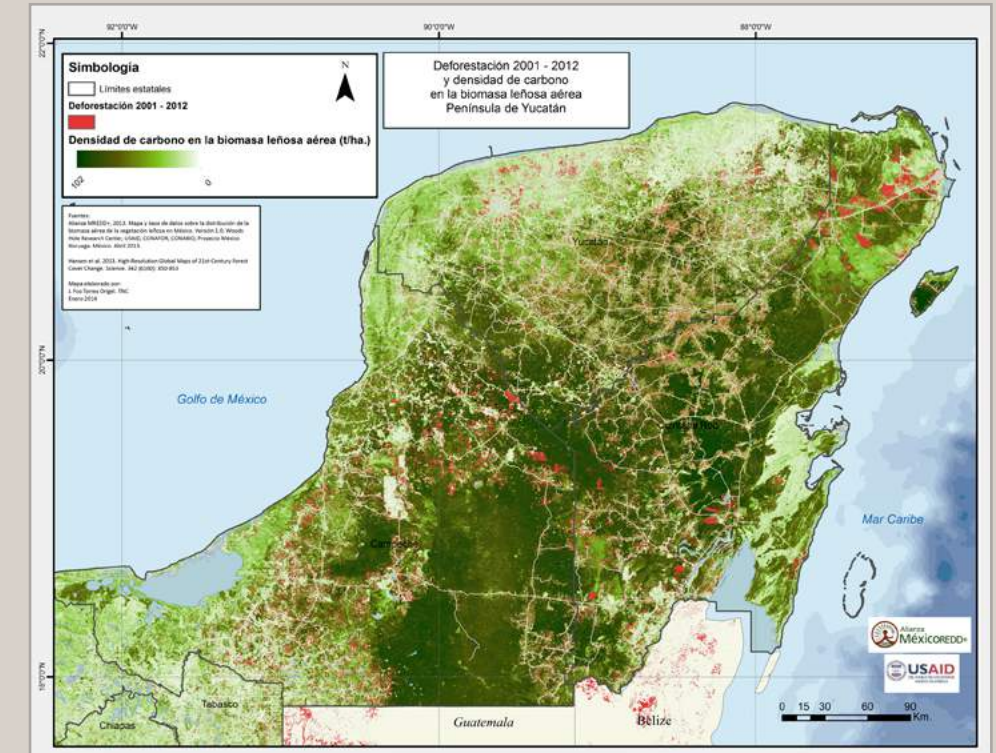


Figura 2. Deforestación de la península de Yucatán de 2001 a 2012 (en rojo). Agencia Internacional para el Desarrollo USA. Alianza México Redd²

REFERENCIAS

- Conabio, Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, Colegio de la Frontera Sur. 2010. "La biodiversidad en Campeche, Estudio de Estado", México.
- Escalona G., Vargas J. "Regionalización Biológica". (pp. 110-14).
- Hernández M. "Estudio de caso: algunos estudios de diversidad genética de la microbiota del estado de Campeche" (pp. 413-415).
- Rebolledo M. "Hidrología" (pp. 2-7).
- Rendón y Villalobos, "Problemática" (pp. 546-563).
- Pat M. y Cantún M. "Contexto Socioeconómico Actual" (p. 70).
- Gobiernos de los Estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, Fundación Gonzalo Río Arronte IAP, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2011. "Plan Rector en Materia del Agua para la Protección, Conservación y Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán", México.



La contaminación urbana más común es ocasionada por desagües domésticos, letrinas y desperdicios municipales por escorrentías y fugas, o por descargas directas por la falta de sistemas integrales de drenaje, alcantarillado y tratamiento de las aguas (Rendón, 2010), ya que las plantas construidas en varias unidades habitacionales para tales fines no han podido ser operadas por los altos costos de mantenimiento

Bahía de San Francisco,
Campeche.
*Fotografía de Carlos
Alcérreca.*

PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO A NIVEL PENINSULAR¹

LAURA HERNÁNDEZ TERRONES,² DANIELA ORTEGA CAMACHO,¹
JOSÉ LUIS ACOSTA RODRÍGUEZ,³

¹Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Ciencias del Agua

²Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán

³Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán

El Registro Público de Derechos de Agua, (REPDA) es uno de los principales instrumentos que tiene la Conagua para “Regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad, con la finalidad de lograr su desarrollo integral sustentable”. De acuerdo con los resultados de 2012, en la península de Yucatán se extrajo un volumen de 3,856,075,370 m³/año y fueron descargadas como aguas residuales 743,157,432 m³/año (Semarnat, Conagua, 2013. Cuadro I). Si hablamos del grado de presión sobre el recurso hídrico que se tiene a nivel peninsular, éste ha aumentado casi cuatro puntos porcentuales solamente de 2002 a 2011, pasando de 6 a 9.6 (Conagua, Semarnat, 2012: 64) (Figura 1). Comparados con el valor promedio a nivel nacional de 2010 de 17.36, consideramos importante establecer acciones en la península de Yucatán para estabilizar este valor. La Figura muestra la distribución del grado de presión sobre el recurso hídrico en las diferentes regiones hidrológico-administrativas de México. A nivel mundial, países como Estados Unidos y Francia tienen un grado de presión de 15.6 y 14.9 respectivamente bajo si consideramos que Kuwait tiene 2465%.

REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA PENÍNSULA DE YUCATÁN

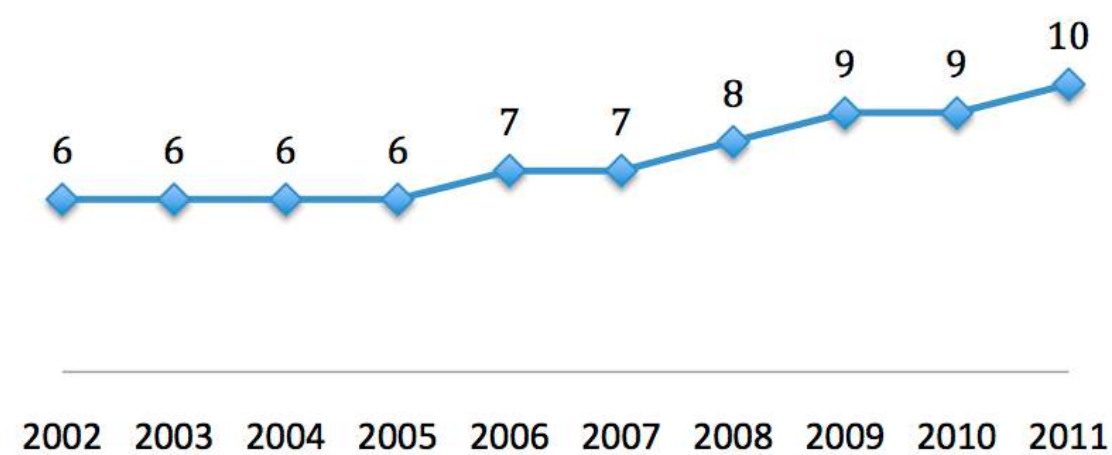


Figura 1. Evolución del grado de presión humana sobre el agua (en porcentaje) en la Región hidrológico-administrativa Península de Yucatán (Conagua, Semarnat, 2012).

USO	AGUAS NACIONALES 1					DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES 2	
	AGUAS SUPERFICIALES		AGUAS SUBTERRÁNEAS		VOLUMEN TOTAL	TÍTULOS	Descarga m ³ /año
	TÍTULOS	Volumen de extracción m ³ /año		Volumen de extracción m ³ /año			
AGRÍCOLA	65	56,165,331	13,274	1,509,175,983	1,565,341,314	1	6,912
AGROINDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0
DOMÉSTICO	2	297	399	137,556	137,853	2	292
ACUACULTURA	5	560,139	113	8,862,775	9,422,914	124	26,484,863
SERVICIOS	7	95,775	1,095	508,107,218	508,202,993	2,209	504,869,530
INDUSTRIAL	1	91,313	427	66,560,345	66,651,658	529	117,731,934
PECUARIO	89	104,495	3,926	22,984,485	23,088,980	194	3,490,977
PÚBLICO URBANO	9	499,076	1,238	586,622,388	587,121,464	39	85,038,445
MÚLTIPLES	77	61,091,833	9,751	1,035,016,361	1,096,108,194	180	5,534,479
GEN. DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0	0	0	0	0	0	0
COMERCIO	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	255	118,608,259	30,223	3,737,467,111	3,856,075,370	3,278	743,157,432

Cuadro I. Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por uso de agua en el Organismo de Cuenca Península de Yucatán (Semarnat, Conagua, 2013). Se extrae un volumen anual de 3,856,075,370 m³/año, y se descargan como aguas residuales 743,157,432 m³/año¹.

¹ La suma de títulos por cada tipo de aprovechamiento es diferente al número total de inscripciones debido a que un título de concesión puede contener uno o más aprovechamientos (superficiales, subterráneos, descargas, zonas federales).



Cenote en las cercanías de Tekit, Yucatán.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

REFERENCIAS

Conagua, Semarnat. 2012. *Atlas del agua en México*, México.
 Semarnat, Conagua. 2013. Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), Consulta a la base de datos (<http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115>).

**IMPACTO DE PLAGUICIDAS Y SU RELACIÓN
CON ENFERMEDADES DE CÁNCER EN YUCATÁN, MÉXICO.
EVIDENCIAS PARA LA EDUCACIÓN Y PREVENCIÓN**

ÁNGEL G. POLANCO RODRÍGUEZ
*Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi,
Universidad Autónoma de Yucatán*

La llamada “Revolución Verde” en el ámbito internacional usó grandes cantidades de pesticidas organoclorados (OCPs) para asegurar la autosuficiencia alimentaria, sin embargo, actualmente se están pagando costos muy altos en materia de salud pública (Rekha *et al.*, 2006; Tomer and Sangha, 2014).

Los OCPs son compuestos químicos altamente tóxicos para la salud humana y son usados para controlar las poblaciones de insectos plaga en la agricultura y ganadería. Estos plaguicidas persisten por años o décadas en el aire, en los suelos y en el agua, por ello se les conoce como “Contaminantes Orgánicos Persistentes” –COPs– y pueden llegar a la cadena trófica bioacumulándose en el ser humano (Jung-Ho and Yoon-Seok, 2011).

Los OCPs están controlados en naciones de primer mundo por sus impactos en la salud y en el medio ambiente; sin embargo, en países en desarrollo permanecen sin vigilancia y continúan usándose, a pesar de que existen acuerdos internacionales en donde México forma parte (Carvahho, 2006; Rotterdam Convention, 2011).

La peligrosidad de estos plaguicidas es que imitan las funciones de las hormonas naturales del ser humano una vez que ingresan al cuerpo a través del agua que se bebe de pozos y cenotes contaminados, los alimentos producto de milpa y cultivos de traspatio que se consumen, por vía cutánea o por inhalación, bioacumulándose en el tejido graso, por ello se denominan xenoestrógenos (Starek, 2003).

Al empezar a actuar en el ser humano inician un proceso químico-biológico que va suplantando la acción natural de las hormonas, interfiriendo en su producción, liberación, transporte y unión a receptores específicos, bloqueando la acción hormonal natural y predisponiendo al desarrollo de procesos cancerígenos (Falconer *et al.*, 2006).

Resultados de investigaciones realizadas en el Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi de la Universidad Autónoma de Yucatán demuestran que en Yucatán aún se manejan agroquímicos prohibidos y/o restringidos, en especial los OCPs, compuestos químicos orgánicos que han sido modificados, reemplazando algunas de sus partículas por átomos de cloro, como el DDT, heptacloro, lindano, aldrín, dieldrín, endrín, en-

dosulfán y sus metabolitos (Polanco *et al.*, 2014a).

En Yucatán el cáncer cervicouterino y el de mama han ocupado el primero y segundo lugar como causa de muerte en mujeres mayores de 25 años; las tasas de mortalidad a causa de estas enfermedades se han mantenido por arriba de la media nacional. La literatura señala que la exposición crónica a plaguicidas organoclorados afecta tanto al hombre como al sistema reproductor femenino y genera el desarrollo de diversos cánceres (Van Maele Fabry *et al.*, 2006; Frade *et al.*, 2014).

Con el objetivo de buscar soluciones a estos problemas de salud pública se realizó un trabajo científico monitoreando los niveles de plaguicidas organoclorados en sangre de mujeres con cáncer cervicouterino y en leche materna. En un estudio

y con apoyo del Conacyt, de una muestra de 132 casos de mujeres con cáncer, el equipo de investigadores realizó pruebas sanguíneas a 72 mujeres enfermas con cáncer cervicouterino en los 18 municipios de más alta prevalencia de Yucatán. Los resultados de sangre mostraron 94% de positividad a residuos de pesticidas y 53% tuvo concentraciones por arriba de los límites máximos permitidos. El estudio de leche materna de 32 muestras de mujeres en municipios agrícolas del sur y área metropolitana de Yucatán, mostró 100% de positividad a residuos de pesticidas y 97% por arriba de los límites máximos permitidos (Polanco *et al.*, 2011).

En otra investigación mediante cromatografía de gases con detección de captura de electrones, se identificó y cuantificó la presencia de plaguicidas organoclorados en agua de 11 municipios del Anillo de Cenotes de Yucatán. Las investigación indica que el Anillo de Cenotes está contaminado con este tipo de plaguicidas tóxicos, con niveles de contaminación por arriba de los límites máximos permitidos en donde se evidencia una falta de regulación en el uso de estos plaguicidas tóxicos prohibidos, así como una falta de capacitación a agricultores para la producción en milpa principalmente para autoconsumo, y a mujeres de las zonas rurales que producen alimentos de traspatio para el sustento familiar, para amortiguar la pobreza de las comunidades mayas que la padecen décadas atrás (Conapo, 2010). Los agroquímicos organoclorados, que se han detectado, y que presentan alto riesgo para la salud son los mencionados: DDT, heptacloro, aldrín, dieldrín, endrín, , endosulfán I, endosulfán II, y alfa lindano, beta lindano, gama lindano y delta lindano (Polanco *et al.*, 2014a).

En otro estudio de corte cualitativo, se llevó a cabo una investigación para evaluar las percepciones de riesgo que tienen las comunidades mayas en el manejo de plaguicidas y sus impactos en el ecosistema y la salud humana. Los resultados mediante frecuencia de respuestas, análisis de tablas de contingencia y la prueba exacta de Fisher indicaron que existe una muy baja percepción de riesgos a la salud y al ecosistema por parte de las comunidades mayas y es debido principalmente a los bajos niveles de educación y a la falta de apoyo oficial (Polanco *et al.*, 2014). Figura 1.



Figura 1. Estudio de percepción de riesgos. Las comunidades tienen bajo conocimiento sobre los daños ocasionados por los pesticidas. Por ello el Centro de Investigaciones Regionales de la UADY buscará implementar talleres para la prevención de cáncer, educación ambiental y manejo de recursos naturales. Además de la generación de una base de datos digital para la conformación del Atlas Geográfico de Riesgos Ambientales a Cáncer en Yucatán.

Así mismo, el conocimiento del tipo de suelo que se tiene en Yucatán, de tipo kárstico, es decir, compuesto por carbonatos de calcio y magnesio, altamente pedregoso, lo hace vulnerable a todo tipo de contaminantes, filtrando con gran facilidad los plaguicidas y otros contaminantes al acuífero subterráneo e interconectado con los cenotes (Escolero, 2002).

Los trabajos científicos cubren un total de 29 municipios de áreas rurales del estado de Yucatán. Estos proyectos han sido posibles gracias al financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, comunicando el alto impacto de las investigaciones (Conacyt, 2014).

RECOMENDACIONES IMPORTANTES:

Se recomienda establecer programas amplios de educación para la salud, sistemas de monitoreo de niveles de plaguicidas organoclorados en agua, así como también establecer programas de biomonitorio en sangre y leche materna en la población, como indicadores potenciales del estado de nuestro medio ambiente y de la salud pública, dando paso a programas de remediación y mitigación ambiental para disminuir las tasas de enfermedad y muerte en Yucatán, México.

REFERENCIAS

- Carvalho F.P. 2006. "Agriculture, pesticides, food security and food safety", *Environmental Science & Policy*, 9, November–December: 685–692, Oxford, Elsevier.
- Conacyt. 2014. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, *Investigan en Yucatán impacto de plaguicidas y su relación con cánceres*, <http://www.conacyt.gob.mx/agencia/index.php/ciencias/68-investigacion-en-yucatan-impacto-de-plaguicidas-y-su-relacion-con-canceres>
- Conapo. 2010. Consejo Nacional de Población. Índice de Marginación por Entidad Federativa y Municipio. http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/mf2010/CapitulosPDF/1_4.pdf
- Escolero O., Marín E., Steinich B., Pacheco A.J., Cabrera S.A., Alcocer J. 2002. "Development of a Protection Strategy of Karst Limestone Aquifers: The Merida Yucatán, México Case Study", *Water Resources Management*, 16: 351-367, Berlin, Germany, Springer.
- Falconer Ian R., Chapman Heather F., Moore Michael R. and Ranmuthugala Geetha. 2006. "Endocrine-disrupting compounds: A review of their challenge to sustainable and safe water supply and water reuse", *Environmental Toxicology*, 21, Issue 2:181–191, April 2006, Wiley.
- Frade Costa E.M., Spritzer P.M., Hohl A., Bachega T.A. 2014. "Effects of endocrine disruptors in the development of the female reproductive tract", Sao Pablo Brasil, *Arg Bras Endocrinol Metab*, 2014, 58, (2): 153-61.
- Jung-Ho K. and Yoon-Seok C. 2011. "Organochlorine pesticides in human serum. In Pesticides—Strategies for Pesticides Analysis" (pp. 215-240), Stoytcheva, M., Ed., *InTech*, Rijeka, Croatia.
- Polanco Rodríguez A.G. et al. 2011. *Atlas de riesgos por contaminantes orgánicos persistentes y cánceres en Yucatán*, México. Conacyt, Centro de Investigaciones Regionales, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Polanco Rodríguez A.G., Alberto J.A.N., Sánchez J.S., Rejón G.J.M., Gómez J.M. and Del Valls Casillas T.A. 2014a, "Contamination by organochlorine pesticides in the aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatan", México, *Water and Environment Journal*, doi: 10.1111/wej.12080, London, CIWEM.
- Polanco Rodríguez A.G., Del Valls Casillas T. Riba López A., Quattrocci Patrizia M.I., Navarro A.J., Solorio S.J., Álvarez Cervera Fernando J. 2014b. "Assessment of health risk factors due to chronic exposure to organochlorine pesticides in Maya communities of Mexico", Under revision.
- RekhaAuthor Vitae S.N., Naik, Prasad R. 2006. "Pesticide residue in organic and conventional food-risk analysis, Journal of Chemical Health and Safety, 13, Issue 6, November–December 2006: 12–19, Oxford, Elsevier.
- Rotterdam Convention. 2011. Rotterdam Convention Secretariat United Nations Environment. <http://www.pic.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1048/language/en-US/Default.aspx>
- Starek A. 2003. "Estrogens and organochlorine xenoestrogens and breast cancer risk", *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 2003, 16(2): 113-124, Berlin, Germany, Springer.
- Tomer V. and Sangha J.K. 2014. *Pesticide: An appraisal on human health implications*, Proc. Natl. Acad. Sci., India. Sect.B. Biol. Sci.
- Van Maele-Fabry G., Libotte V., Willems J. and Lison D. 2006. "Review and meta-analysis of risk estimates for prostate cancer in pesticide manufacturing workers", *Cancer Causes Control*, 17, 353–373, Bethesda, USA, National Center for Biotechnology.

CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ESTADO DE YUCATÁN DESPUÉS DEL HURACÁN ISIDORO (2002)

JULIA GUADALUPE PACHECO ÁVILA Y SANTOS ARMANDO CABRERA SANORES
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán

Además de ocasionar efectos adversos inmediatos en la salud, como lesiones y muertes, los desastres trastornan las garantías de seguridad en el campo de la salud ambiental. El suministro de agua potable es la respuesta inmediata más importante en un desastre, pues asegura la supervivencia de las poblaciones afectadas. El huracán Isidore en el 2002 (Clasificación III, escala Saffir-Simpson) se mantuvo durante varias horas afectando al estado de Yucatán. Se realizó una evaluación de la calidad química y bacteriológica del agua subterránea después de su paso, en los sistemas de agua potable de las 106 cabeceras municipales del estado, para obtener un diagnóstico que pudiera servir como una guía para la respuesta eficaz en situaciones futuras. Los resultados mostraron que la calidad química del agua subterránea fue aceptable para la mayoría de los sistemas (Figura 1); sin embargo, la calidad microbiológica se clasificó como aceptable en 45%, contaminada 23%, peligrosa 18% y muy contaminada 14% , según la Guía de Emergencia. Esta situación se debe a la naturaleza kárstica del subsuelo del estado de Yucatán, que permite la existencia de rutas directas para la contaminación del agua subterránea.

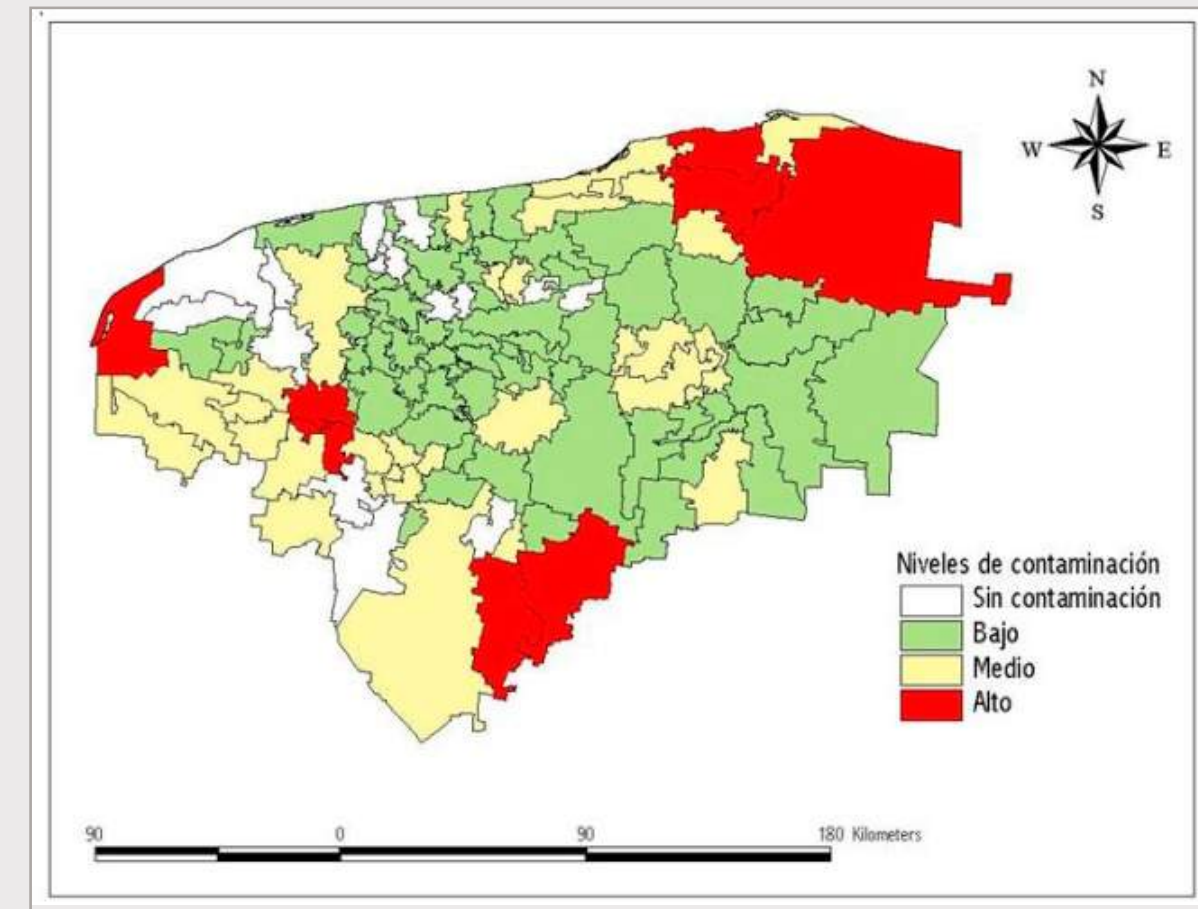


Figura 1. Niveles de contaminación química del agua subterránea después del huracán Isidore (2002).

REFERENCIAS

Pacheco J. y Santos A. 2002. *Calidad del agua subterránea en el estado de Yucatán después del huracán Isidore*, Compañía Editorial de la Península SA de CV, 2013.

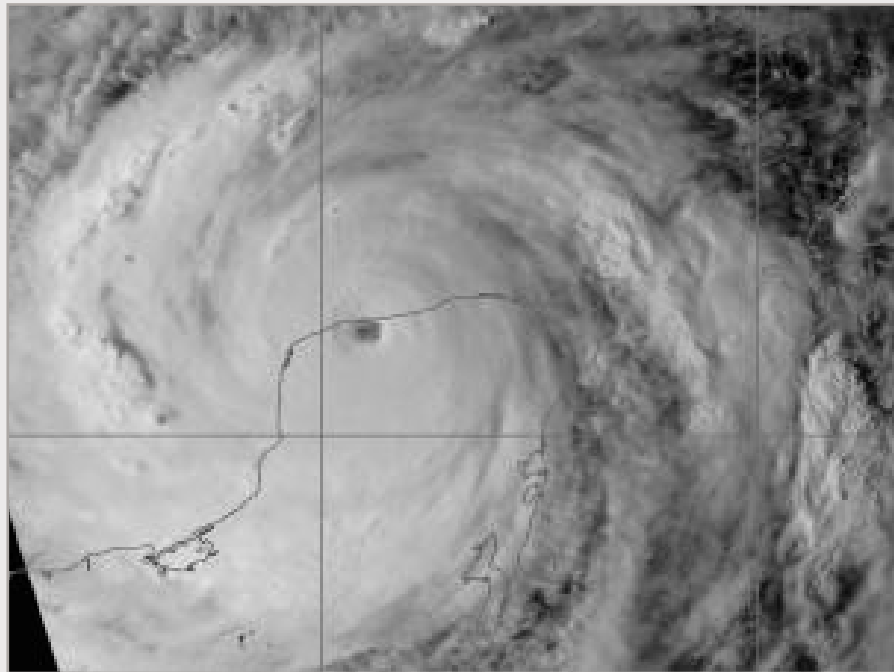


Imagen tomada de:
<http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2002/atlantico/isidore/isidore.html>

¿Vulnerabilidad a los desastres naturales o prevención para una correcta gestión de riesgos? La península de Yucatán es sitio de incidencia de huracanes con cada vez mayores probabilidades de ocurrencia, debido al cambio climático del planeta. Sin embargo, es posible reducir notablemente la vulnerabilidad de la región mediante la modificación del modo de enfrentar la problemática a través de políticas públicas de prevención que cambien el enfoque de manejo de desastres a una correcta gestión de riesgos.

Xavier Moya. Director de la Oficina del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Oficina Península de Yucatán y Tabasco.¹

.....
¹ Ponencia “La gestión de riesgos ligados al agua: experiencias en México y Latinoamérica”, Edificio Central de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, 24 de octubre de 2011.



En la península de Yucatán existe un amplio consenso acerca del gran esfuerzo requerido por parte de los tres niveles de gobierno para mantener el manto acuífero, así como una amplia y decidida participación de los usuarios del agua y de la sociedad organizada para preservar la calidad del acuífero, y garantizar la demanda del recurso para presentes y futuras generaciones.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

LAURA MARGARITA HERNÁNDEZ TERRONES

*Centro de Investigación Científica de Yucatán,
Unidad de Ciencias del Agua;
Presidenta del Consejo de la Cuenca Península de Yucatán*

CAPÍTULO 8

EL CONSEJO DE CUENCA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

*“[...] El viento en sus giros canta, el agua al andar murmura,
la piedra inmóvil se calla.*

*Viento, agua, piedra. Uno es otro y es ninguno: entre sus nombres vacíos pasan
y se desvanecen. Agua, piedra, viento [...].”*

Octavio Paz, Piedra del Sol, 1991:56.

En México, la Comisión Nacional del Agua (Conagua) considera a los Consejos de Cuenca como una parte fundamental de la gestión integrada del agua, y sus objetivos son orientar la participación de los usuarios, de la sociedad organizada, y de las autoridades de los diferentes niveles de gobierno, en la planeación y promoción del desarrollo hídrico de cada región.

El territorio de la Cuenca Península de Yucatán incluye la mayor parte de la superficie del estado de Campeche y la totalidad de los estados de Quintana Roo y Yucatán con una superficie de 138,000 km².

ÓRGANOS AUXILIARES Y FUNCIONALES DEL CONSEJO DE CUENCA

El Consejo de Cuenca ha instalado, desde su creación, distintos órganos auxiliares y funcionales que le apoyan para atender debidamente los temas relacionados con el recurso hídrico: como el saneamiento, las playas, zonas prioritarias, como son el Río Hondo, la zona conurbada de la ciudad de Mérida y el Río Candelaria, por señalar algunos. Figuras 1 y 2.



Espacios de Cultura del Agua. Centro de Investigación Científica de Yucatán-Comisión Nacional del Agua.

Fotografía de Conagua.

Página anterior
Cenote en Tulum,
Quintana Roo.

Fotografía de Robert Supper.



Figura 1. Evolución de órganos auxiliares y funcionales del CCPY

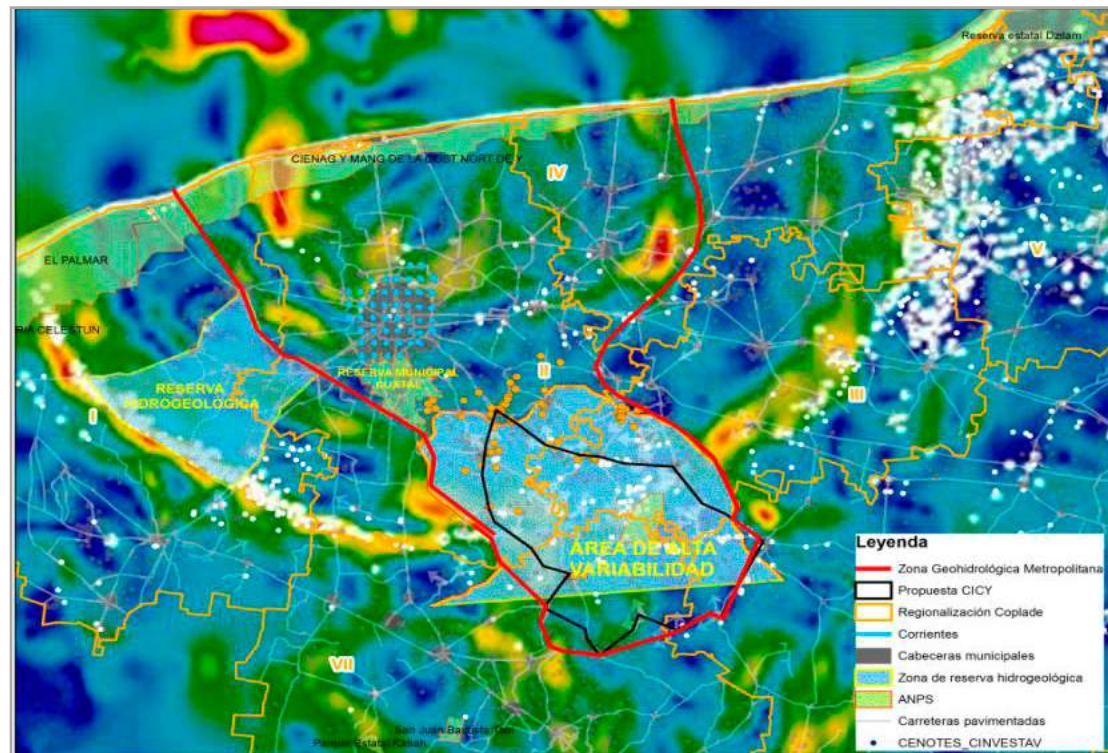


Figura 2. Zona geohidrológica del anillo interno de cenotes que incluye la región metropolitana de Mérida.

En el año 2013 se decretó la Reserva Estatal Hidrológica del Anillo de Cenotes del norte de la península de Yucatán, establecida como Área Natural Protegida del Gobierno del Estado de Yucatán, con el objetivo de garantizar el abastecimiento de una reserva en cantidad y calidad de agua para la ciudad de Mérida (Modificada: Hildebrand, 1991).

Imagen de Eduardo Batllori. Seduma.

Con el fin de lograr el buen uso y la preservación del agua en cantidad y calidad para la Península de Yucatán, el Consejo de Cuenca se compone de:

Órganos auxiliares, integrados por los Comités de Playas Limpias, Comisión de Cuenca de Río Hondo en Quintana Roo, Comisión de Cuenca del Río Candelaria en Campeche, Comité de Cuenca de Tulum en Quintana Roo y el Comité de Aguas Subterráneas para la Zona Metropolitana de Mérida (COTASMEY)

- Órganos funcionales, integrados por la Comisión de Operación y Vigilancia, la Asamblea General de Usuarios y Sociedad Organizada, los Grupos Especializados de trabajo en: saneamiento, humedales, educación, comunicación y cultura del agua y las gerencias operativas).

- Una parte fundamental de la estructura del Consejo de Cuenca son los Comités Estatales de sectores usuarios de aguas nacionales y de la sociedad organizada.

- En la región se llevan a cabo frecuentes foros de investigación científica y desarrollo tecnológico del sistema hidrológico para identificar los trabajos realizados, estimular y fortalecer la vinculación interinstitucional, social y privada, definir necesidades; además de promover espacios de intercambio académico entre investigadores y el sector social y privado para impulsar el cuidado de la cuenca hídrica y su manejo y aprovechamiento sustentable.

Instituciones de reconocido prestigio como la Universidad Nacional Autónoma de México, la

Universidad Autónoma de Yucatán y el Centro de Investigación Científica de Yucatán, han realizado investigaciones tendientes a la valoración de los servicios ambientales, así como la creación de reservas hidrogeológicas en la Península de Yucatán durante varios años (Escolero *et al.*, 2002, 2005; Rebolledo-Vieyra *et al.*, 2008; Pacheco *et al. in prep.*; Hernández-Terrones *et al., in prep.*).

La firma del convenio de coordinación entre Semarnat, Conagua, Seduma y el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, permitió que estos esfuerzos se vieran coronados el 28 de octubre de 2013 con el decreto de la Reserva Estatal Geohidrológica del Anillo de Cenotes, establecida como Área Natural Protegida por parte del Gobierno del Estado de Yucatán, con el objetivo de garantizar el abastecimiento de una reserva en cantidad y calidad de agua para la ciudad de Mérida. Es la primera reserva hidrogeológica del país, en uno de los laboratorios naturales más importantes a escala regional, que preservará una superficie de un poco más de mil trescientos kilómetros cuadrados y un volumen de agua de más de 108 millones de metros cúbicos. Las actividades serán reguladas en la zona, para que se desarrollen sin comprometer la calidad del recurso, con el fin de evitar su contaminación y enfrentar el crecimiento poblacional de la zona, y se espera realizar acciones como ésta en otros lugares de la península de Yucatán en los que se detecten sitios con agua de calidad. Figura 2.



Figura 2. Cenote azul, Quintana Roo.

Para una mejor gestión del acuífero ha sido elaborado el Plan Rector del Agua para la Protección, Conservación y Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán (2011), coordinado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) con el apoyo del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, la Conagua y la Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P., con la participación de diversos centros de investigación, instituciones y asociaciones civiles, entre otros, y próximamente aparecerá una nueva versión actualizada.

En 2004 se publica en el *Diario Oficial de la Federación* el decreto que reforma, adiciona y deroga algunas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales que pretende resolver la crisis de gobernabilidad del agua en el país, proponer la descentralización efectiva del sector, atender los daños ambientales vinculados con el agua y mejorar el marco de concesiones y asignaciones de agua (De-

creto Semarnat, 2004). Las reformas realizadas a la Ley de Aguas Nacionales buscan frenar el paternalismo y la concentración de poderes, incrementar la participación pública, atraer el interés de la sociedad sobre los problemas del agua y la necesidad de participación en las soluciones, crear mayores espacios de diálogo entre sociedad y gobierno, fortalecer el empoderamiento de los usuarios locales,



Veleta y henequén en Chablekal, Yucatán. Fotografía de Carlos Alcérreca.

la democracia participativa y asunción de compromisos de la sociedad y mejorar el proceso de planificación hídrica.¹

Para su gestión, además del Plan Rector, el Consejo de Cuenca realizó en 2013 y 2014 un

¹ Araiza J. Noviembre 2012, *Experiencias de la participación social en la gestión del agua en la península de Yucatán*, XXII Congreso Nacional de Hidráulica. Acapulco, Guerrero, México.

ejercicio de Planeación Estratégica en el que se definió la Visión, la Misión y las líneas estratégicas a trabajar en los próximos años. Otro instrumento importante generado en 2013 es la Declaratoria en materia de agua para la península de Yucatán, producto generado en el II Encuentro Regional de Usuarios de Aguas Nacionales y Sociedad Organizada. Figura 3.

INSTALACIÓN DE GRUPO ESPECIALIZADO DEL CONSEJO DE CUENCA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

El Grupo Especializado de Trabajo en Educación, Comunicación y Cultura del Agua (GECCA) del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán se instaló el 8 de agosto de 2014 en la ciudad de Mérida. La reunión estuvo presidida por la presidente, Dra. Laura Hernández Terrones y el secretario técnico, CP. Roberto Pinzón Álvarez, del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán.

Los objetivos del grupo son el promover la participación de los usuarios en la toma de deci-

siones de la problemática hídrica y reconocimiento del valor estratégico del agua; coordinar las iniciativas en relación con la educación ambiental, comunicación y cultura del agua y fortalecer la capacidad de participación y vincular las acciones con la sociedad.

Se eligieron por voto directo, a sus coordinadores estatales: Campeche, Lic. Fernando Sadek Abad; Quintana Roo, Lic. Ana Lilia Córdova Lira, y por Yucatán, Lic. Omar Ancona Capetillo (Servicios de Salud del Estado), quien también funge como coordinador regional. Figura 5.

Una fortaleza del grupo de educación, comunicación y cultura del agua es la experiencia que aportaran las organizaciones, gobiernos que trabajan en temas de educación ambiental y cultura del agua. Los espacios de cultura del agua, que promueve la Conagua y los gobiernos de los estados son un buen ejemplo de educación y concientización en torno al agua (Figura 3). Brinda la oportunidad de que el público en general conozca las características del agua, cómo la utilizamos, cuáles sustancias o elementos la afectan y contaminan, cómo tener agua limpia en casa, y por qué es importante cuidarla.

NUEVOS GRUPOS PARA 2015

En la sesión anual del Consejo de Cuenca, celebrada el 2 de diciembre de 2014 en la ciudad de Mérida, se aprobó la creación de un grupo especializado más, se trata del Grupo Especializado de trabajo en Cambio Climático y Prevención de Desastres, el cual se une al Grupo especializado de trabajo en humedales, instalado en septiembre de 2014. Figura 6.

Figura 5. Coordinación de las iniciativas de educación ambiental, comunicación y cultura del agua, y fortalecimiento de la participación y vinculación de acciones con la sociedad.



Centro Estatal de Capacitación, Investigación y Difusión Humanística SEGEY-Izamal. Exposición Itinerante: "Agua Sagrada". UADY, CCPY. PROMEP-SEP, Gaia Ed. Fotografía de Karla Berrón.



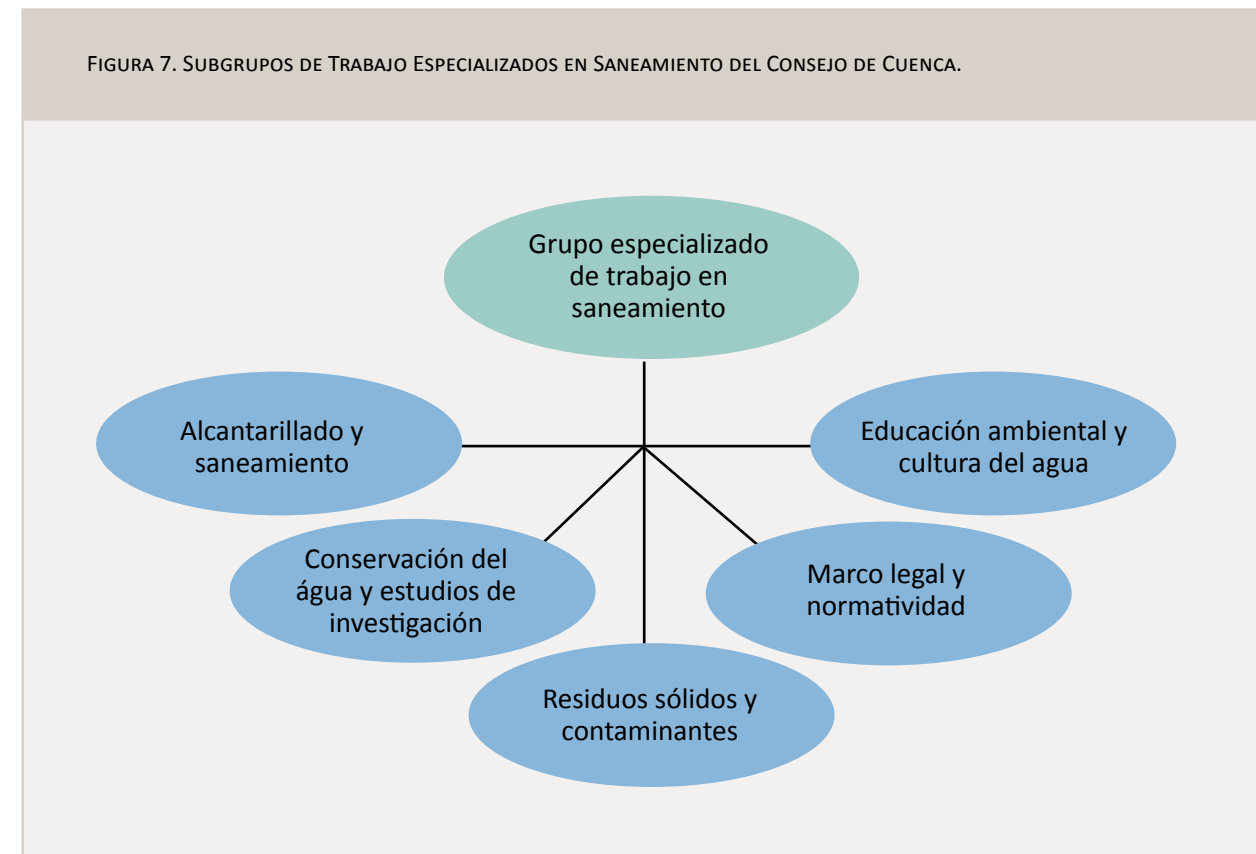
Figura 6. Foros técnicos y científicos para la discusión y análisis de la problemática del acuífero peninsular. Fotografía del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán.

PRINCIPALES CONTRIBUCIONES DE LOS ÓRGANOS AUXILIARES Y FUNCIONALES DE CARÁCTER TÉCNICO DEL CONSEJO DE CUENCA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

En este espacio se destacan las principales líneas de acción y logros de los Comités de Playas Limpias de la región, de las comisiones de Cuenca del Río Hondo y Río Candelaria, así como del Comité Técnico de Aguas Subterráneas de la Zona Metropolitana de Mérida (COTASMEY), los cuales con-

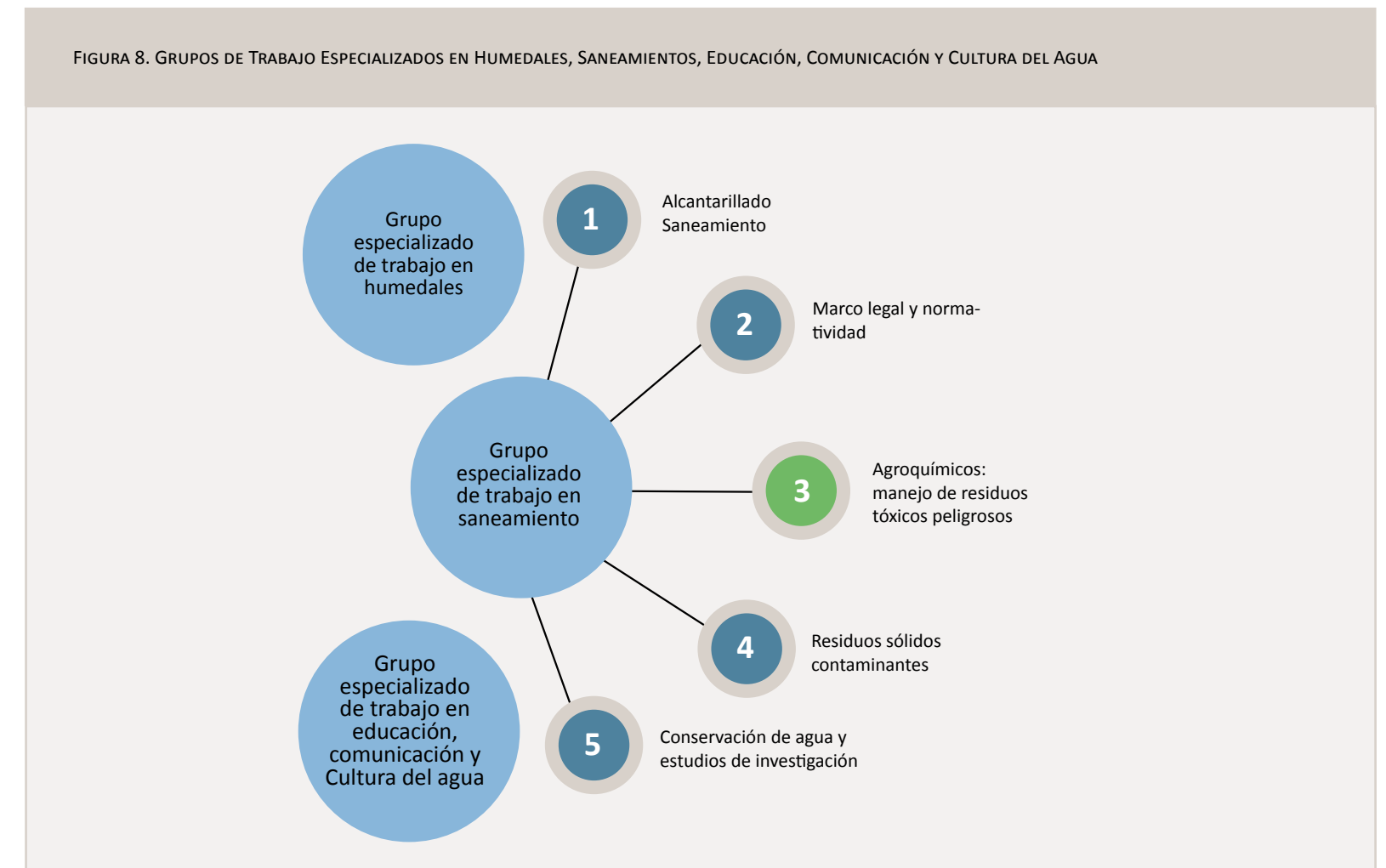
forman los Órganos Auxiliares de apoyo técnico del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán.

De igual manera, se presentan las principales líneas de trabajo y resultados de los Grupos de Trabajo Especializados en Saneamiento (GETS) del Consejo de Cuenca, que son órganos funcionales de carácter técnico, los cuales operan de manera local en cada estado y se integran en un grupo regional de trabajo, mismos que desde el año 2001, se conformaron en 5 subgrupos que se indican en el esquema siguiente. Figura 7.



Cabe aclarar que a partir de diciembre de 2014, la Comisión de Vigilancia (COVI) del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán acordó crear como parte de los órganos funcionales los grupos siguientes: Grupo de Trabajo Especializado en Humedales; Grupo Especializado de Trabajo en Educación, Comunicación y Cultura del Agua; así mismo modificó

la estructura de los GETS, del cual se extrae el subgrupo de Educación Ambiental y Cultura del Agua, que se conforma como un nuevo grupo especializado de trabajo y se introduce en la estructura del GETS el Subgrupo de Agroquímicos: Manejo de Tóxicos Peligrosos. Figura 8.



CUADRO 1. PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO Y CONTRIBUCIONES POR ÓRGANOS

ÓRGANO	TIPO	PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES
COMITÉS DE PLAYAS LIMPIAS	Auxiliar	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión integral de playas • Apoyo a la certificación de playas • Monitoreo de aguas marinas, inspección y vigilancia de descargas clandestinas de aguas residuales. • Educación ambiental y capacitación para el control y vigilancia y monitoreo. • Saneamiento de playas. • Investigación en aguas marinas, epidemiología y toxicología. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación de programas de saneamiento y gestión ambiental de playas. • 3 Playas certificadas en la NMX-AA-120-SC-FI-2006 y 6 playas con Galardón Blue Flag en Quintana Roo. • Establecimiento de programas permanentes de monitoreo de playas por entidad a cargo de la COFEPRIS, Secretaría de Salud • Acciones de educación ambiental por dependencias federales estatales y municipales en los destinos de playa. • Desarrollo de infraestructura hidráulica y saneamiento de aguas residuales en destinos turísticos. • Control y gestión de residuos sólidos en playas. • Realización de estudios de clasificación de aguas marinas en Playa del Carmen, Quintana Roo y Bahía de Campeche con recursos del fondo sectorial Conagua-Conacyt.
COMISIÓN DE CUENCA DEL RÍO HONDO	Auxiliar	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de la educación ambiental y de la aplicación del marco normativo. • Participación ciudadana. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación del programa de gestión de la comisión, con participación de más de 15 instituciones gubernamentales y privadas como: Conagua, Seduma, SESA, CONANP, Consejo Coordinador Empresarial, fundaciones, CAPA, Usuarios

ÓRGANO	TIPO	PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES
		<ul style="list-style-type: none"> • Generación y difusión de la información científica. • Infraestructura para riego y saneamiento. • Ordenamiento del crecimiento poblacional. • Establecimiento de un programa de desarrollo económico. • Disminución de la contaminación. • Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de la cuenca. 	<ul style="list-style-type: none"> del Agua y Sociedad Organizada., entre otros. • Alineación de plan de gestión con el Plan Rector en Materia de Agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la península de Yucatán. • Estudios técnicos de planeación, hidrología y calidad del agua. • Gestión de control de residuos tóxicos en cuenca del Río Hondo. • Apoyo a las iniciativas de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) para la gestión integral de la cuenca transfronteriza del Río Hondo. • Gestión para el control del pez león en los cuerpos de agua de la cuenca del Río Hondo. • Gestión y apoyo a las acciones de saneamiento rural y urbano, y para el suministro de agua potable de la cuenca del Río Hondo.
COMISIÓN DE CUENCA DEL RÍO CANDELARIA	Auxiliar	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el conocimiento de la Subregión Hidrológica Río Candelaria. • Aplicación del marco normativo. • Conservación, preservación 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación del programa de gestión de la comisión. • Realización Campaña de buen uso de agroquímicos con usuarios agrícolas de la cuenca. • Verificación de zonas de riesgo hidrológico en la cuenca.

CUADRO 1. PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO Y CONTRIBUCIONES POR ÓRGANOS

ÓRGANO	TIPO	PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES
		<ul style="list-style-type: none"> y mejoramiento de los ecosistemas • Fortalecimiento institucional. • Mejoramiento de la calidad de vida de la población. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de estudios técnicos en materia de planeación, hidrología y calidad del agua. • Gestión y apoyo a las acciones de saneamiento rural y urbano, así como para el suministro de agua potable de la cuenca del Río Candelaria.
COMITÉ DE CUENCA DE TULUM	Auxiliar	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar el saneamiento del agua y vigilar su calidad. • Mejorar la distribución y aprovechamiento de las aguas. • Promover el uso eficiente del Agua. • Promover el Valor ambiental social y económico del agua. • Impulsar la conservación y mejoramiento de los ecosistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de una red de monitoreo de aguas naturales en la microcuenca de Tulum. • Programa de vinculación del Consejo de Cuenca con las comunidades rurales del municipio de Tulum. • Talleres participativos con las comunidades rurales de la cuenca de Tulum para promover la cultura del agua. • Participación en reuniones del comité del POEL, a fin de emitir recomendaciones para el cuidado del agua en la Cuenca. • Capacitación con los temas de operación de plantas de tratamiento, construcción de humedales y cultura del agua. • Impulso a las acciones del Plan Rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la península de Yucatán. • Gestión y apoyo a las acciones de saneamiento

ÓRGANO	TIPO	PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES
			<ul style="list-style-type: none"> rural y urbano, así como para el suministro de agua potable del municipio de Tulum.
COMITÉ TÉCNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE MÉRIDA, YUCATÁN (COTAS-MEY)	Auxiliar	<ul style="list-style-type: none"> • Impulsar la gestión de los proyectos establecidos en el Plan Rector en el ámbito del COTAS • Contribuir al conocimiento del comportamiento del Acuífero y alternativas de solución. • Proponer adecuaciones a la normativa para la preservación y disponibilidad del recurso. • Promover el saneamiento para garantizar la calidad del agua del abastecimiento futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de un grupo de trabajo técnico y científico para sustentar la propuesta de zona de reserva metropolitana de Mérida. • Participación social y de autoridades. • Coordinación interinstitucional para impulsar iniciativas de saneamiento, control, reservas de agua y definición de actividades económicas permitidas en la Zona de Reserva. • Planeación y promoción de acciones para el desarrollo económico de los municipios en el ámbito territorial del COTASMEY. • Propuesta de Zona de Reserva Estatal Geohidrológica del Anillo de Cenotes. • Impulso al Saneamiento de lodos sépticos y aguas de nixtamal de la ciudad de Mérida con recursos federales, estatales y municipales (67.7 millones de pesos para la construcción de la planta de tratamiento y lecho de secado proveniente de lodos de fosas sépticas y aguas de nixtamal con capacidad de 25 lps para la ciudad de Mérida). Infraestructura que cuenta con suministro de

CUADRO 1. PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO Y CONTRIBUCIONES POR ÓRGANOS

ÓRGANO	TIPO	PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES
			energía fotovoltaica que reduce el costo de energía eléctrica en 95% y contribuye a la conservación del ambiente.
GRUPO ESPECIALIZADO DE TRABAJO EN SANEAMIENTO (GETS)	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> • Alcantarillado y Saneamiento. • Conservación del Agua, estudios e investigación. • Residuos sólidos y contaminantes. • Marco legal y normativo. • Manejo de tóxicos peligrosos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación de planes estatales de saneamiento y gestión ambiental. • Apoyo a la integración del Plan Rector en Materia de Agua Para la Protección, Conservación y Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán (PRMAPCRAPY). • Realización de foros técnicos y científicos para la discusión y análisis de la problemática de la península de Yucatán, cuyos resultados están plasmados en el PRMAPCRAPY. • Propuestas de modificación a la normativa en materia de aguas residuales, control y manejo del agua. • Propuestas de regulación sobre cenotes. • Validación de estudios técnicos de cuencas y acuíferos sobre la disponibilidad de las aguas superficiales y subterráneas. • Participación en la Evaluación y análisis de la problemática de residuos tóxicos en la agricultura e integración de subgrupos de trabajo en el GETS.

ÓRGANO	TIPO	PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES
			<ul style="list-style-type: none"> • Propuestas de modificación a la Ley de Aguas Nacionales, así como de los estados y reglamentos municipales en materia ambiental e hídrica. • Apoyo a estudios técnicos del acuífero para sustentar las propuestas de zonas de reserva de agua para las ciudades de Mérida, Cancún, Playa del Carmen, Chetumal y Campeche. • Participación en el desarrollo de la planeación hídrica regional. • Conceptualización y apoyo a la realización del proyecto de evaluación de la calidad del agua subterránea de la ciudad de Mérida y su impacto en la zona costera del estado de Yucatán, con el objetivo de conocer las condiciones de calidad del agua subterránea y zonas de descarga, así como la estructura y dinámica del acuífero, a fin de plantear a corto plazo acciones de conservación del recurso hídrico, propiciando un reordenamiento equilibrado en materia de desarrollo y crecimiento poblacional y económico, que minimice los impactos al acuífero y al entorno ecológico del sistema terrestre, de transición y marino adyacente. • Búsqueda de financiamiento de proyectos de

CUADRO 1. PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO Y CONTRIBUCIONES POR ÓRGANOS

ÓRGANO	TIPO	PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES
			<p>investigación con recursos de diversos fondos, como: los sectoriales CNA-Conacyt, Fondos Mixtos, de la Gerencia Operativa, Federales y Estatales de diversa índole y de la Iniciativa Privada y ONG's,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementación de acciones de apoyo técnico para el reúso de las aguas residuales de la actividad porcícola para el saneamiento y reducción de la contaminación del acuífero. Se han autorizado 61 proyectos de biodigestores anaeróbicos con disposición en riego agrícola, los representan 79% del volumen total que generan los usuarios pecuarios registrados en el REPDA. Algunos de ellos aprovechan el gas metano para generación de energía eléctrica. Los proyectos han contado con apoyos de empresas promotoras de tecnología MDL, recursos de Sagarpa, Seduma, FIRCO y de los propios usuarios. • Gestión e impulso para el abasto público del agua en localidades, incrementando y manteniendo las coberturas de servicio por arriba de 98% en los tres estados de la península de Yucatán. • Gestión e impulso al saneamiento urbano y rural, con incrementos significativos en coberturas

ÓRGANO	TIPO	PRINCIPALES LÍNEAS DE TRABAJO	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES
			<p>en zonas urbanas de Quintana Roo y Yucatán, además del incremento de saneamiento rural en el estado de Yucatán en más de 52%.</p>
GRUPO ESPECIALIZADO DE TRABAJO EN HUMEDALES	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario, monitoreo, clasificación y delimitación • Flujos hidrológicos y capacidad de carga • Evaluación, valoración y restauración • Comunicación y educación • Normatividad y regulación 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de equipos de trabajo. • Apoyo a estudios técnico sobre el inventario de humedales. • Diagnóstico de la problemática de humedales. • Grupos establecidos en ámbito estatal a finales de 2014. Actualmente trabajan en la formulación de sus carteras de acciones.
GRUPO ESPECIALIZADO DE TRABAJO EN EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN Y CULTURA DEL AGUA	Funcional	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinar las iniciativas de educación ambiental, comunicación y cultura del agua. • Fortalecer la capacidad de participación y vincular las acciones con la sociedad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de equipos de trabajo. • Coordinación de acciones institucionales en materia de educación y cultura del agua. • Grupo establecido en el ámbito regional a finales de 2014. Actualmente trabaja en la formulación de su cartera de acciones.



Casa con captación de agua de lluvia en Xpuhil, Campeche.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

REFERENCIAS

- Escolero O., Marin L.E., Steinich B., Pacheco J.A., Cabrera S.A., Hildebrand, Alan R., Penfield, Glen T., Kring, David A., Pilkington, Mark, Zanoguera, Antonio Camargo, Jacobsen, Stein B., Boynton, William V. Semarnat. 1991. "Chicxulub Crater; a possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatan Peninsula, Mexico", *Geology*, 19 (9): 867-871, Boulder County, Colorado, The Geological Society of America.
- IMTA, Conagua, FGRA, Semarnat, Gobiernos de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. 2011. *Plan Recto en material del agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la península de Yucatán*, México, México.
- Semarnat. 2004, Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales, *Diario Oficial de la Federación*, México.
- M., Anzaldo J.M. 2005. "Geochemistry of the hydrogeological reserve of Merida Yucatan, Mexico", *Geofísica Internacional*, 44 (3): 301-314, México, UNAM.



Biodigestor anaeróbico de aguas residuales porcícolas en Yucatán. Con él se reduce la contaminación de agua y se produce energía alternativa (FIRCO-Sagarpa. Confederación de Porcicultores Mexicanos). Se trabaja con las granjas porcícolas medianas y pequeñas para la colocación de biodigestores en más de 150 de ellas y se han construido cerca de 30 plantas de tratamiento de agua en los nuevos fraccionamientos y ocho rellenos sanitarios con geomembranas en las principales ciudades del interior del estado para evitar la infiltración de lixiviados (Seduma).

Fotografía, FIRCO- Sagarpa.



Reactor biológico de nixtamal, Mérida, Yucatán. Planta de tratamiento para sanear los lodos generados por las fosas sépticas y aguas de nixtamal y disminuir la contaminación de las aguas subterráneas (Seduma).

Fotografía, Gobierno del Estado de Yucatán.



Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Cancún, Quintana Roo. Comisión Nacional del Agua. En la actualidad se han reforzado acciones en cuanto al tratamiento de aguas residuales urbanas con la construcción de plantas de tratamiento de agua en los nuevos fraccionamientos de la capital yucateca y se observan importantes esfuerzos en Cancún y Playa del Carmen.

Fotografía, Gobierno del Estado de Quintana Roo.



La ciudad de Campeche ya cuenta con un Programa de Manejo Costero Integrado para el Saneamiento de la Bahía de San Francisco de Campeche.

Imagen de Secretaría de Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable del Estado de Campeche.



Amigos de Sian Ka'an, A.C., Quintana Roo, colabora con comunidades, empresarios, autoridades y estudiantes para incrementar la participación de la sociedad en la conservación natural a través de proyectos productivos, el diseño de buenas prácticas ambientales y la educación ambiental, además de llevar a cabo acciones de cartografía del acuífero y de los ríos subterráneos.

Fotografía de Amigos de Sian Ka'an, A.C.



Las Coloradas,
Ría Lagartos, Yucatán.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

PROTECCIÓN DE ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

EDUARDO BATLLORI SAMPEDRO

Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán

EVELIA RIVERA ARRIAGA

*Instituto de Ecología, Pesquería y Oceanografía del Golfo de México
Universidad Autónoma de Campeche*

La planeación del territorio debe ser armonizada con instrumentos políticos, tales como los Programas Directores Urbanos, los Ordenamientos Ecológico Territoriales y los Atlas de Riesgos y Peligros, que permitan identificar zonas de recarga, galerías filtrantes y canales naturales de drenaje de agua pluvial y flujos laminares o escorrentías que alimentan a los diferentes cuerpos de aguadas y humedales.

Esta planeación armónica, integrada y transversal permitirá ordenar los proyectos y obras que de otra forma atentarían contra la recarga de los mantos freáticos, o podrían poner en riesgo a la población asentada cerca de los cauces de ríos en zonas de humedales, o bien en canales de drenaje pluvial.

En este tenor es indispensable que la propuesta peninsular que se ha trabajado a partir del Convenio de Coordinación (signado en 2010) entre los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo sobre el manejo integrado del recurso hídrico se conviertan en realidad. La propuesta considera 1) el reconocimiento del acuífero peninsular con responsabilidades compartidas pero diferenciadas, 2) Un cambio absoluto hacia el uso de agroquímicos verdes, y 3) Una propuesta de modificación al marco regulatorio y normativo regional y por entidad federativa.



Protección de fuentes de abasto por las organizaciones de la sociedad civil. Las ONG han impulsado la declaración como zonas de preservación para la recarga hídrica a las grandes fracturas cársticas, como la de Holbox, que conecta a Yum Balam con Sian Ka'an, entre otras áreas, dentro de los ordenamientos ecológicos que el gobierno del estado impulsa en los municipios de Quintana Roo (Gonzalo Merediz, Amigos de Sian Ka'an).

Fotografía de Robert Supper.

Río Champotón.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

PROPUESTAS DE UNA AGRUPACIÓN CAMPESINA EN TORNO AL APROVECHAMIENTO DE LA SABIDURÍA MAYA ANCESTRAL PARA UN MEJOR MANEJO DEL AGUA

EL AGUA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN
¿HACIA UN NUEVO PARADIGMA?

ATILANO A. CEBALLOS LOEZA
Escuela de Agroecología U Yits Ka'an, Maní

El mito maya de Maní

VIDEO "EL MITO MAYA DE MANÍ"

Mito del cenote de Xcabachen, en Maní. Cuenta la leyenda que llegará el tiempo en que el agua escaseará y el hombre acudirá sediento al cenote, donde encontrará a una anciana acompañada por la serpiente "guardiana del agua". Ella le exigirá como ofrenda entregar a un niño para alimentar al ofidio, a cambio del agua que quepa en una cáscara de cocoyol. Esta historia invita a reflexionar sobre el valor del preciado líquido vital.

Fotografía de Carlos Alcérreca.



Sagrada agua

gracias por estar, ¡ven, ven!

no te desaparezcas.

—Ven camino del sol, ven casa del sol,

ven esquina del cielo,

ven esquina de la tierra.

—Danos tus lágrimas,

la leche de tu pecho,

el sudor de tu frente y de cuerpo.

—Danos tu saliva y tu boca,

que llegue a nosotros tu espíritu,

danos tu cuerpo entero.

—Míranos, escúchanos,

queremos que tú reconozcas nuestros rostros.

Esta es tu casa, este es tu lugar,

queremos beber en tus pechos.

—Papá, Mamá, míranos como verdaderos hijos e hijas,

aquí es tu casa, aquí es tu lugar,

contigo queremos beber nuestra Sagrada Agua.

Porque nosotros, los pueblos originarios de estas tierras,

nos reconocemos tus hijos e hijas.

Oración guatemalteca cuando hay nacimientos de agua.



Sarteneja en el Convento de Maní, Yucatán.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

Para los pueblos originarios de estas tierras peninsulares, el agua llegó a ser considerada como algo sagrado, incluso hubo una divinidad¹ relacionada con ella. Existen también una serie de mitos² que develan la sacralidad de este vital líquido. Más aún, entre las comunidades rurales que mantienen cercanía con la milpa, continúan muy vivos los ritos y ceremonias mayas relacionadas con el agua.³ En algunos espacios geográficos,⁴ los abuelos/as mayas lograron en el periodo Clásico una asombrosa ingeniería hídrica,⁵ la cual les sirvió para recolectar y filtrar agua de lluvia y ser utilizada para los tiempos de sequía.

Es claro que los pueblos mayenses de épocas pretéritas experimentaron dificultades para obtener agua; supieron valorarla al grado de divinizarla y tuvieron que ingeniárselas para recolectarla en las épocas de mayor precipitación pluvial. Los abuelos y abuelas mayas, arropados por una serie de mitos y ritos, fortalecieron su vinculación con ella.

No ha sido suficiente que la ONU haya declarado el acceso al agua potable y al saneamiento básico como un Derecho Humano fundamental. La situación en torno al agua para consumo humano se vuelve cada vez más crítica. La ONU viene alertando que el calentamiento global del planeta avanza más rápido de lo que se pensaba y, a menos que se adopten medidas urgentes, provocará la desaparición de

¹ Entre los mayas peninsulares, Chaac. Tláloc, en el altiplano del país.

² Entre los que más destaca es el de Xnuc de Maní y el agua en una semilla de cocoyol. Otros pueblos milenarios del continente tienen mitos similares, como el pueblo Ayoreo de Bolivia y el mito *La Abuela Grillo*. Por cierto hay un grupo de hombres y mujeres del campo que están pugnando porque el cenote de Xcabachén de Maní sea declarado Santuario de la Memoria del Pueblo Maya.

³ El ChaChaac en numerosos pueblos. El Paapuul en Tipikal, Mama y Santa Elena.

⁴ Sobre todo por la Sierrita o Puuc.

⁵ Los *chultunes* son espacios recolectores de agua de lluvia. Los *buuté* son ingeniosos almacenes de agua que se deslizan por la orografía y se acumulan en lagunas artificiales, para que posteriormente se filtren a estos reservorios pétreos.

30% de las especies animales y vegetales; millones de personas se verán privadas de agua y proliferarán las sequías, los incendios y las inundaciones(ONU, 2010).⁶

La civilización actual ha dado un giro de 180 grados a la cosmovisión indígena en torno al agua; este vital líquido se está transformando en un factor de inestabilidad planetaria. Por poner unos datos: un africano utiliza 10 litros de agua al día, un europeo occidental 150 y un norteamericano 425 litros. Se estima que para el año 2020 serán 3 mil millones de personas las que tendrán insuficiencia de agua, y 2 mil millones sin saneamiento básico, ocasionando que 85% de las enfermedades se produzca por este hecho (Leonardo Boff, 2010),⁷ provocando así una celeridad por el control sobre ella. El agua se ha convertido en una mercancía, cuya privatización llega hasta los más recónditos e insospechados lugares.⁸ Muy cerca de nosotros está el drama de la comunidad de Baca, al norte del estado de Yucatán, cuya contaminación del agua fue más que evidente, y ante tal hecho nadie se hacía responsable, hasta que la unión y reclamos del pueblo hizo que se tomaran las medidas necesarias para solucionar el problema.⁹

El agronegocio y el hidronegocio avanzan cada vez más sobre el campo, concentrando tierra y renta, expulsando a las familias campesinas y lanzándolas errantes, sin tierra, acampadas, engrosando las periferias violentas de las ciudades, o bien, desplazándolas a su suerte.¹⁰

⁶ ONU, 2010 en: VI Foro Mundial del Agua, Marsella, Francia, 2012. (http://www.unesco.org/phi/fileadmin/phi/infocus/Foro_Mundial_del_Agua_2012/12_DERECHO_HUMANO_AL_AGUA_Y_AL_SANEAMIENTO.pdf; <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/#UnfBOZ01jAU>; <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=9188#.VEZwjGP5T1U>.

⁷ “Repensar el Agua”, Disertación magistral, Universidad Nacional del Rosario, Argentina (http://www.uned.es/catedraunesco-educam/Agua_rosario.pdf).

⁸ *Carta Pastoral: “Danos hoy el agua de cada día”, elaborada por el obispo de Aysén, Chile Luis Infanti (2008), denuncia que algunas multinacionales están privatizando el casquete polar ártico, una de las mayores reservas de agua de consumo humano.* En la XVIII Jornada Anual de la UNESCO (2014) se reconoce a Obispo Luis Infanti por su contribución al cuidado del agua (<http://www.caritaschile.org/detalle.php?id=25748>).

⁹ *Diario de Yucatán*, <http://yucatan.com.mx/yucatan/solucionan-el-problema-de-agua-contaminada-en-baca>

A partir del acompañamiento a un grupo de mujeres de San Simón, municipio de Santa Elena, comunidad enclavada en la región Puuc, donde el acceso al agua está a unos 100 metros aproximadamente, la Escuela de Agricultura Ecológica U Yits Ka'an elaboró un proyecto sobre cosecha de agua lluvia en estanques de ferrocemento; filtración y purificado de esta agua en tinajas de barro para consumo humano, y el re-uso de aguas grises o jabonosas, para el establecimiento de pequeños huertos en las casas de aquella comunidad.

El proyecto incluía la visita y conocimiento de las antiguas técnicas de nuestros abuelos/as mayas, especialmente en la ciudad de Uxmal, para conocer los distintos espacios donde los abuelos y abuelas recolectaban el agua de lluvia: *chultunes* y aguadas artificiales,¹¹ en las que confeccionaron ingeniosos espacios para filtrar y recolectar agua, llamados: *Buuté*.

La escuela realizó varias pruebas para llevar a cabo este proyecto; dichas pruebas se realizaron en Valladolid (estanque recolector de agua de lluvia), Maní (estanque para aguas jabonosas) y Comitán, Chiapas, y Ticul (elaboración de tinajas con filtro). Se lograron hacer varias de estas tinajas y se utilizaron no sólo en Maní sino también en otros sitios de la Península.

El proyecto incluía además la capacitación a grupos de campesinos/as en alfarería, y/o la recuperación de esta actividad, en las comunidades con herencia alfarera. También se proyectó la construcción de hornos para la cocción de las tinajas y filtros de barro, así como la instalación, en una segunda fase, de letrinas secas para disminuir el uso de agua y aprovechar las excretas humanas, para composta.

Desafortunadamente, dicho proyecto en su conjunto no fue aprobado y solamente se difunde la elaboración de las tinajas.

La Escuela de Maní participa, juntamente con Iowa-Yucatán Compañeros de las Américas, en la difusión de un modelo demostrativo de la contaminación

¹⁰ La comunidad guatemalteca de la Nueva Esperanza es un claro ejemplo de esto que venimos diciendo (<http://www.eluniversal.com.mx/primer/37620.html>).

¹¹ La aguada Chen Chan Akal de Uxmal Yucatán, que tiene una forma serpentina.

del suelo y del manto freático en la Península. El objetivo es el mismo: crear conciencia sobre el cuidado del agua de nuestro subsuelo. Además, se pretende que los participantes puedan analizar muestras de agua traídas desde sus comunidades: el pH, el nitrato y nitrito nitrógeno, el cloruro, el fosfato, oxígeno disuelto, y por *E. coli* y los coliformes fecales.

Los índices de contaminación del agua en la Península son verdaderamente alarmantes, entre otras causas,¹² por el uso indiscriminado de agroquímicos.¹³ Sin ningún pudor ético, las autoridades favorecen estas prácticas agrícolas. Más alarmante resulta cuando esos agroquímicos están prohibidos en otras partes del planeta.¹⁴

Es peor aún, cuando hay gobiernos coludidos con multinacionales privatizadoras del agua. Los pueblos originarios han mostrado valentía en la defensa del agua, así lo han manifestado en el pasado reciente: Bolivia y su lucha por no privatizar el agua potable y la comunidad mazahua en el centro del país. La Escuela de Maní, junto a un nutrido grupo de personas que caminan por los senderos de la Teología Mayanese, está pugnando para que el cenote de Xcabachén de Maní sea declarado Santuario de la Memoria del Pueblo Maya. No sólo por los tios de cerámica hallados en su interior, que datan del Preclásico, sino por los mitos mayas que se entretienen en sus entrañas y que le dan identidad y fortaleza a la cultura maya.

Por los caminos de la Teología Indígena Mayanese hemos reflexionado y compartido sobre el valor de este vital líquido, junto a otros pueblos hermanos: Chiapas, Quintana Roo, Campeche, Yucatán y Guatemala; señalamos con toda claridad en el año 2008: "O volvemos al camino racional y espiritual del uso sus-

¹² Fecalismo al aire libre. Sumideros conectados al manto freático. Proliferación de pozos de absorción pluvial.

¹³ Hay un interesante estudio "Atlas de riesgo por contaminantes orgánicos persistentes. COPs (pesticidas) y su relación con cánceres en Yucatán, México", coordinado por Ángel G. Polanco Rodríguez y varios colaboradores. Mérida, 2011 (Agencia informativa Conacyt <http://www.conacyt.gob.mx/agencia/index.php/ciencias/68-investigacion-en-yucatan-impacto-de-plaguicidas-y-su-relacion-con-canceres>).

¹⁴ El Paraquat, por ejemplo, que nos llega en los comercios bajo el nombre de gramoxon.

tentable de los recursos naturales, particularmente del agua, recursos que han sido dispuestos para todos y todas, o seremos cómplices de nuestra propia destrucción. Esas voces mayas del pasado nos susurran al oído que otro mundo es posible, aunque cueste esfuerzo y sangre llegar a él, como de hecho está sucediendo hoy día. Como bien lo ha dicho Eduardo Galeano, 2006.¹⁵

Las antiguas voces, que todavía nos dicen que somos hijas e hijos de la tierra y que la madre no se vende ni se alquila. Mientras lluevan pájaros muertos en la Ciudad de México, y se convierten los ríos en cloacas, los mares en basureros y las selvas en desiertos, esas voces porfiadamente vivas nos anuncian otro mundo que no es este mundo envenenador del agua, del suelo, el aire y el alma... Sólo recuperando esas voces antiguas tendremos fuerzas para decirle al mundo, que la Sagrada Agua es manantial de vida, fuente de sabiduría y derecho de las naciones pobres y originarias de estas tierras amerindias.¹⁶

En el Mensaje Final del Encuentro Teológico Mayanse de 2008, se señaló con toda claridad:

Nosotros, pueblos mayas, hijos e hijas del maíz, nos reconocemos también hijos e hijas de la Sagrada Agua, y por esto: Denunciamos a todos los que comercian y prostituyen tu ser. Demandamos a todas las empresas y multinacionales que usan y abusan irracionalmente de tus manantiales y ríos. Apelamos a la conciencia de todos los hombres y mujeres de la Madre Tierra, a respetar y cuidar a nuestra sagrada agua. Exigimos a nuestros gobiernos leyes que se apliquen para que el agua siga siendo un derecho humano y no una mercancía. También les exigimos que no vendan el derecho que los

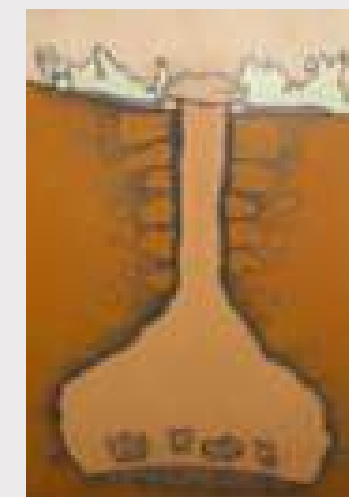
¹⁵ Galeano, Eduardo, *El libro de los abrazos*, Siglo XXI, México, 2006 (<http://www.portalalba.org/biblioteca/GALEANO%20EDUARDO.%20El%20Libro%20de%20los%20Abrazos.pdf>).

¹⁶ "El agua entre los antiguos mayas". Ponencia para el 18° Encuentro Ecuménico de Teología Mayanse, por Atilano Ceballos.

pueblos originarios tenemos al uso de nuestras fuentes de agua. Exigimos a las empresas nacionales y extranjeras respeto a los derechos ancestrales que tenemos los pueblos originarios para conservar nuestra vida.¹⁷

No cabe duda, un enorme manto negro se ciñe sobre el agua en nuestra tierra maya... ¿Urge un nuevo paradigma en torno de ella?, o ¿rescatamos aquel que nos legaron los abuelos y abuelas que asentaron sus esperanzas en esta planicie?

A partir del acompañamiento a un grupo de mujeres de San Simón, Yucatán, donde el acceso al agua se encuentra a unos 100 metros aproximadamente, la Escuela de Agricultura Ecológica U Yits Ka'an elaboró un proyecto sobre cosecha de agua de lluvia, filtración y purificación para consumo humano, que incluye la visita y conocimiento de las antiguas técnicas y espacios de nuestros abuelos y abuelas mayas, como los chultunes y aguadas artificiales, entre otros.



Corte transversal de un chultún.

¹⁷ 18° Encuentro Ecuménico de Teología India Mayense. Sibac Há, Chiapas. 2008. Hace unos días, en Quintana Roo se hizo una proclama en defensa del agua: *Espiritualidad del agua: "El Agua es el alma de nuestra Madre Tierra"*. Bacalar, Quintana Roo, 14 de octubre de 2012.



Maqueta de chultún.
Elaborada por Ana Rosado
y Luis Cruz.

Modelo elaborado para el Cuarto intercambio cultural entre jóvenes mayas y nativos americanos (Valladolid, agosto de 2015) como parte del programa educativo llevado a cabo desde hace ya varios años por U yits Ka'an y el INAH-Uxmal con el arqueólogo José Huchín.

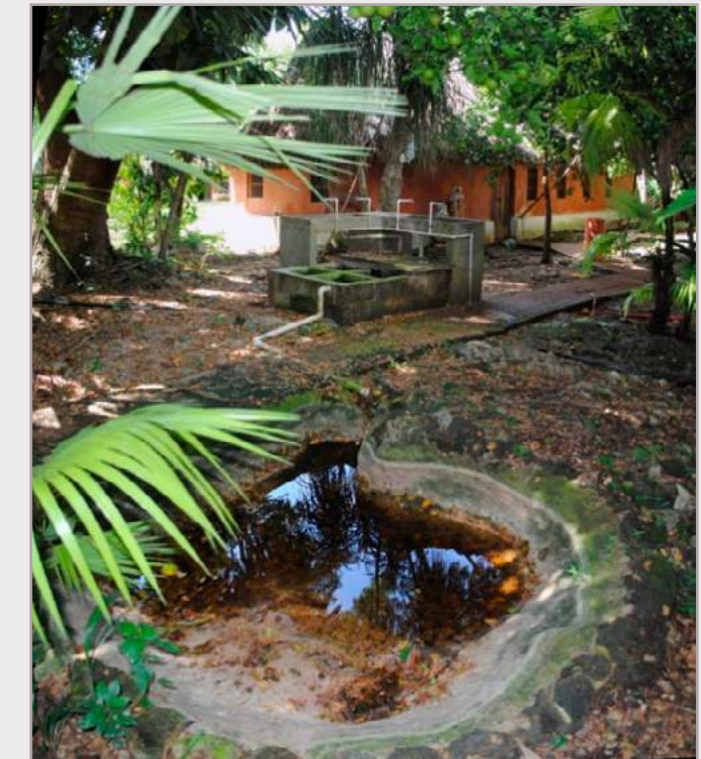
Fotografía de Mónica Chávez.



Escuela Agroecológica
U yits ka'an, Maní, Yucatán.
Fotografía de Mónica Chávez.



La Escuela Agroecológica U yits Kaan, con subse-des y promotores en Yucatán que influyen en varias partes de la Península, difunde un modelo demostrativo de la contaminación del suelo y del acuífero para crear conciencia sobre el cuidado del agua en comunidades mayas. Además de promover el empleo de biodigestores para controlar y aprovechar los desechos porcícolas, el tratamiento de aguas jabonosas, la captación de agua de lluvia y la agricultura con semillas criollas libres de pesticidas.



Escuela Agroecológica U yits ka'an. A la izquierda, biodigestor y a la derecha tratamiento de aguas jabonosas.

Fotografías de Carlos Alcérreca.

OTROS ESFUERZOS DIRIGIDOS HACIA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE DEL AGUA, REALIZADOS CON LA PARTICIPACIÓN ACTIVA DE MAYAS Y CAMPESINOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



Centinelas del Agua. Solidaridad, Quintana Roo. Es un proyecto pionero en materia de educación ambiental sobre ríos subterráneos. Promueve la conservación del sistema hidrogeológico de la península de Yucatán y de los ecosistemas que dependen del mismo, por medio de talleres de educación ambiental que muestran alternativas de uso responsable del agua a diferentes sectores de la sociedad, como centros educativos, círculos empresariales, comunidades mayas, entre otros.

Fotografía "Yucatán Informa".



Niños y Crías, A.C. Educación ambiental y capacitación para el monitoreo físico-químico y bacteriológico del agua. Pozo recuperado en el municipio de Mérida, Yucatán que permite disponer de agua de calidad cuando se interrumpe el flujo de corriente eléctrica y promueve la valoración del recurso.

Fotografías: Neyra Silva.

La agrupación agrícola y forestal orgánica Kool-Kab, en la región de los Chenes (pozos) de Campeche, fue galardonada con el Premio Ecuatorial 2014 que otorga el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Trabajan en la conservación de los bosques, la educación ambiental, en las estrategias de reducción de riesgo de desastres a nivel comunitario y defienden el patrimonio ancestral y el derecho a la salud libre de plaguicidas.¹

¹<http://yucataninforma.org/2014/07/07/premio-mundial-iniciativa-ecuatorial-otorgado-por-la-onu-grupo-de-mujeres-mayas-de-campeche/>





Reserva Biocultural Kaxil Kiuic, Yucatán. Almacenes de agua en la Reserva Biocultural Kaxil Kiuic. Los haltunoob y los akaloob han sido fuentes de agua para el abastecimiento del líquido durante milenios en la región Puuc, y su rescate preserva una tradición maya que facilita los proyectos de reforestación y restauración de áreas degradadas, además de ser de gran utilidad para abastecer a una amplia gama de vida silvestre en momentos importantes de su ciclo de vida.

Fotografía de James M. Callaghan.



Cenote Xlakah del Parque Nacional Dzibilchaltún, Yucatán.

Fotografía de Carlos Alcérreca.

EPÍLOGO

Hemos visto a lo largo de las páginas de este libro diferentes ópticas en torno al *Manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán*, de acuerdo con las perspectivas y metodologías de especialistas de varias disciplinas y promotores de trabajo campesino, herederos del rico conocimiento maya ancestral en evolución y adaptación a las circunstancias del entorno. Todos ellos en conjunto nos han mostrado un acuífero de gran belleza, pero también de gran vulnerabilidad y complejidad para el mantenimiento de la cantidad y calidad de sus aguas.

La historia vertida en sus páginas nos ha mostrado las innegables bondades y facilidades brindadas por el avance de las tecnologías aplicadas por los habitantes de la región para abastecerse del vital líquido de manera cada vez más sencilla y rápida, pero también su contribución a la devaluación general del agua, a su dispendio y contaminación en ascenso en los últimos tiempos, aun por gran parte de los herederos directos de la cultura maya, que en el pasado veían en el agua un elemento y un don sagrado.

Los datos vertidos en este documento nos han mostrado la llegada del siglo XXI con un notable incremento de nuestros desechos, dirigidos casi en su mayoría sin tratamiento hacia el acuífero, los cuales regresarán de una u otra manera a nuestras personas, algunos altamente tóxicos para la salud humana y la de los seres vivos en general. La tendencia puede dirigir nuestros recursos hídricos hacia un estado cada vez más crítico, lo cual nos debe llevar a preguntarnos sobre el bienestar del que queremos gozar en un futuro no tan lejano como para pensar solamente en la toma de medidas de prevención y solución de la problemática del acuífero peninsular para las nuevas generaciones, como acostumbramos pensar.

Las acciones de reparación y prevención de los daños por nuestras actividades a llevarse a cabo deberán considerar diversos escenarios, como la posibilidad de disminución de la recarga de los acuíferos, a la par de una probable disminución de la precipitación, pues no podemos soslayar los antecedentes regionales de sequía periódica que la

historia ha registrado en el pasado. A lo anterior se añaden los posibles efectos del cambio climático global actual, del que si bien no somos los principales responsables en torno de las emisiones contaminantes a la atmósfera que participan de manera protagonista, como región ni como país, sí contribuimos de manera importante a que éste se incremente con la tala de la vegetación a una tasa superior a la media nacional. Lo cual sabemos que influye en la precipitación anual, en la temperatura, y complica la perspectiva futura de acceso al agua de calidad al sumarse los esperados incrementos poblacionales a nivel peninsular.

Las voces de mayas y campesinos son importantes en este libro y se manifiestan preocupados, principalmente los adultos mayores, por el avance en el mercantilismo del agua y el fomento al individualismo que ya no toma en cuenta la unión de esfuerzos para la preservación del recurso y para mejorar la calidad de vida en comunidad. Así como por la falta de aplicación de las leyes estatales y federales de protección del acuífero, junto con la desigualdad social en la distribución y el acceso al líquido de manera suficiente, saludable, aceptable, asequible y físicamente accesible, con la presión y continuidad requerida a lo largo del día y el saneamiento de los desechos de todos los habitantes de

la región. Tal y como lo marcan los compromisos adquiridos por nuestro país frente a los organismos internacionales.

Sin duda hemos avanzado en los últimos años respecto de la cobertura de infraestructura de agua potable en los tres estados, pues contamos con un porcentaje de cumplimiento importante. Sin embargo, el reto es grande, ya que numerosas personas, principalmente habitantes de zonas rurales, continúan marginados, aun los que han tenido que migrar a la periferia de las ciudades por la falta de empleos en el campo. Mientras que el gasto en el agua embotellada que necesitan comprar continúa siendo muy oneroso respecto al salario de los estratos sociales con menos recursos, y el porcentaje de drenaje y tratamiento adecuado de los desechos generados aun no cubre a la totalidad de los centros de población rurales y urbanos de la península.

Frente a estas problemáticas y al impacto que generan las actividades de los tres estados en el acuífero peninsular, y de acuerdo con los compromisos de la *Agenda del Agua 2030*, así como el *Programa Nacional Hidrico 2014-2018*, los expertos han propuesto una planeación armónica e integral del territorio y de las zonas de reserva geohidrológicas que lo componen. Además de manifestar la importancia de los instrumentos políticos y de los

convenios de coordinación y participación de las distintas dependencias involucradas, de fomento económico, agropecuario, industrial y también el pesquero, ante los severos efectos de la contaminación que llega a los recursos marinos. Además de la colaboración de las ONG, empresarios y centros de investigación, entre otros grupos que vislumbren el crecimiento económico y el impacto ambiental a largo plazo, con el establecimiento eficiente de una red de monitoreo de la calidad del agua en todo el territorio y de mecanismos de información pública sobre su estado.

Sin duda la apertura de las necesarias fuentes de trabajo para los habitantes de la región no deberán arriesgar la capacidad de depuración, regeneración de los ecosistemas y la conservación del ciclo hidrológico, y para ello deberá aplicarse con firmeza el marco jurídico regulatorio con incentivos y sanciones por parte de las autoridades para desalentar a quienes produzcan, usen o descarguen sustancias tóxicas al acuífero, haciendo hincapié en las industrias. Además de las restricciones para la aplicación de técnicas de alto riesgo, dentro de ellas el fracking o perforación de pozos para llegar al gas o petróleo y la inyección de miles de litros de agua, ya prohibido en numerosos lugares del mun-

do por lo pernicioso que resulta para los recursos hidrológicos. Más aún en la península de Yucatán, que debe ser enfáticamente reconocida como una región cuyas características particulares la hacen altamente vulnerable al equilibrio en la entrada de las aguas marinas a su plataforma, junto con la facilidad de contaminación del acuífero por lo que sea vertido en su superficie.

La solución, se ha dicho en repetidas ocasiones, es sin duda la participación y coordinación de todos los niveles de gobierno y de la sociedad en su conjunto, para llevar a cabo de manera inmediata una adecuada gestión integral del agua como el recurso limitado que es, y tratado como un asunto de seguridad ligado al desarrollo de la península de Yucatán a largo plazo, que tome muy en cuenta el costo e impacto en la salud de sus habitantes.

Sin duda el Consejo de Cuenca de la Península de la Yucatán tiene un papel y un peso de gran relevancia que requerirá ser fortalecido en su organización, marco jurídico y en los recursos necesarios para ejercer la planeación incluyente, en la búsqueda de una adecuada gestión del agua que contemple la conservación del ciclo hidrológico, el aprovechamiento sustentable del agua y el mejoramiento en la calidad de vida de sus habitantes en

igualdad de condiciones, con énfasis en las notables particularidades de su acuífero y cultura regional ancestral, que la hacen tan especial respecto al resto del país.

La recuperación del aprecio del agua a través de programas didácticos de educación ambiental, permanentes y a largo plazo, será necesaria en la búsqueda de la participación de una sociedad informada en la prevención y solución de la problemática de nuestros acuíferos, para un eficiente consumo del agua y el adecuado destino de los desechos que generamos en nuestros hogares, centros de trabajo, de educación y esparcimiento, entre otros, con el apoyo y fomento al estudio e implementación de tecnologías que contribuyan a su extracción de acuerdo con su capacidad, su tratamiento y recirculación, con las normas internacionales establecidas. A la par de la generación de compromisos para la disminución del uso de elementos tóxicos, la prohibición del uso de semillas transgénicas, el fomento al empleo de productos biodegradables y a la agricultura orgánica, entre otras cosas, que contribuyan al desarrollo regional de bajo impacto ambiental. Al respecto, es necesario subrayar la propuesta de varios autores sobre la potencialidad de la sabiduría de los herederos de la

cultura maya en torno al manejo de los recursos naturales, adaptado a las condiciones locales. Saberes que en conjunto con los conocimientos científicos y las nuevas tecnologías, en un verdadero diálogo en el que mayas y campesinos sean protagonistas de la construcción del futuro de sus propias comunidades, podría facilitar la conservación de los ecosistemas que mantienen la continuidad del ciclo hidrológico y el óptimo aprovechamiento del agua.

Por último, y no por ello menos importante, en una región de incidencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos como lo es la península de Yucatán, será de gran importancia la continuidad y ampliación de los programas de fortalecimiento de las capacidades de sus habitantes, en particular de las poblaciones más vulnerables, para hacer frente de la mejor manera posible a estos eventos periódicos mediante políticas públicas de prevención que modifiquen la manera de enfrentar el manejo de desastres, para dirigirlos a una correcta gestión de riesgos, con la aplicación de las medidas de adaptación al cambio climático necesarias, como las ya planteadas en la estrategia nacional del mismo nombre.

Bello paisaje de la Laguna de Chuinán, Campeche, deteriorado por los residuos sólidos dejados por sus visitantes.

Fotografía de Carlos Alcérreca.



SEMBLANZA DE LOS AUTORES

José Luis Acosta Rodríguez

Maestro en Ingeniería Hidráulica y director técnico del Organismo de Cuenca Península de Yucatán, de la Comisión Nacional del Agua. Ha realizado estudios hidrológicos, de operación de redes meteorológicas, climatológicas y piezométricas de aguas subterráneas, con determinación de la calidad del agua y normatividad hidráulica y ambiental.

Eduardo Batllori Sampedro

Doctor en Ciencias Geográficas y secretario de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán. Sus líneas de investigación son la historia, el uso social de los ecosistemas húmedos costeros y el impacto que generan las actividades humanas en el régimen hidrobiológico.

Santos Cabrera Sansores

Maestro en Ingeniería Ambiental. Labora en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus líneas de trabajo son la calidad y la contaminación del agua subterránea para el consumo humano y otros usos, como el agrícola, de abrevadero y recreativo.

Atilano Ceballos Loeza

Presbítero y director de la Escuela Agroecológica U yits Ka'an, la cual promueve la educación maya-campesina, principalmente en comunidades de Yucatán, con el objetivo de elevar su bienestar, liderazgo, el cuidado del ambiente, la identidad cultural maya, la equidad de género y el comercio justo.

Mónica Chávez Guzmán

Doctora en Estudios Mesoamericanos y etnohistoriadora. Trabaja en la Unidad de Ciencias Sociales-CIR, de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus investigaciones se dirigen al manejo maya peninsular de los recursos naturales en estudios de larga duración, así como el desarrollo sostenible y el patrimonio biocultural.

María del Rosario Domínguez Carrasco

Doctora en Estudios Mesoamericanos, licenciada en Arqueología. Labora en el Centro de Investigaciones Históricas y Sociales de la Universidad Autónoma de Campeche. Líder del Cuerpo Académico Arqueología, Etnohistoria y Ecología Humana de la Red Temática PROMEP para la Conservación de Materiales de Interés Histórico y Artístico.

Ana Duarte Duarte

Doctora en Antropología Social. Trabaja en la Unidad de Ciencias Sociales-CIR de la Universidad Autónoma de Yucatán. Entre sus líneas de estudio en el sureste mexicano destacan: el sujeto político y relaciones de poder, subjetividad y cuerpo colectivo, identidad e identidades, indigenismo y decolonialidad, saberes y territorialidad de los pueblos mayas peninsulares, así como medios audiovisuales.

Amarella Eastmond Spencer

Doctora en Desarrollo Rural e investigadora de la Unidad de Ciencias Sociales-CIR, de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus líneas de trabajo son la sociología del desarrollo, la sociología ecológica, la justicia ambiental y la cultura maya ante el cambio climático global, así como el impacto socioeconómico de la biotecnología vegetal en México.

Celene Espadas Manrique

Doctora en Ciencias y Biotecnología de Plantas. Labora en la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán y ha trabajado en el análisis espacial de la distribución de especies en la península de Yucatán, su relación con el clima y los posibles escenarios de cambio climático.

Betty Faust-Wammack

Doctora en Filosofía, etnóloga y antropóloga. Es investigadora honoraria de la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán y ha estudiado el manejo de los recursos naturales por los mayas peninsulares por varias décadas. Sus investigaciones incluyen las adaptaciones de las poblaciones al cambio climático y la educación ambiental.

José Salvador Flores Guido

Doctor en Ciencias (Biología), profesor emérito de la Universidad Autónoma de Yucatán e investigador emérito del Sistema Nacional de Investigadores. Es jefe del Departamento de Botánica de la Licenciatura en Biología y del programa Etnoflora Yucatanense del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la UADY. Cuenta con más de 25 publicaciones en revistas nacionales y extranjeras, además de 30 libros.

William J. Folan

Arqueólogo y director emérito del Centro de Investigaciones Históricas y Sociales de la Universidad Autónoma de Campeche; con más de treinta años de trabajo en la zona de Calakmul. Ha sido director de proyectos de investigación básica en México, Canadá y Estados Unidos de Norteamérica.

Joel D. Gunn

Doctor en Antropología, etnólogo y arqueólogo. Labora en la Universidad de Carolina del Norte, Greensboro, en Estados Unidos de Norteamérica, y sus líneas de trabajo se dirigen al cambio climático global y su impacto en la hidrología en diferentes culturas, en investigaciones de larga duración, así como el desarrollo sostenible en las tierras bajas mayas.

Laura Hernández Terrones

Doctora en Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, con Maestría en Ingeniería Ambiental, ingeniera civil. Presidenta del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán e investigadora titular en la Unidad de Ciencias del Agua del Centro de Investigación Científica de Yucatán. Estudia la dinámica de elementos traza, la calidad y el uso sostenible del agua.

Esteban Krotz Heberle

Doctor en Filosofía, con Maestría en Antropología Social. Labora en la Unidad de Ciencias Sociales-CIR y es docente en la Facultad de Ciencias Antropológicas de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus líneas de investigación son la teoría y la historia de las ciencias antropológicas, la antropología política y jurídica, los problemas del desarrollo y la filosofía intercultural.

Hilaria Mass Collí

Licenciada en Antropología Social y maestra de lengua maya. Trabaja en la Unidad de Ciencias Sociales-CIR, de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus investigaciones giran en torno de la cultura, la religión y las tradiciones orales mayas.

Jacinto May Hau

Ha participado en los trabajos de campo del Proyecto Calakmul de la Universidad Autónoma de Campeche, donde ha realizado el levantamiento topográfico de las estructuras y rasgos culturales, así como el mapeo del sitio arqueológico de Cobá.

Gonzalo Merediz Alonso

Maestro en Ecología e Hidrogeología. Es director de Amigos de Sian Ka'an, A.C. en Quintana Roo. Sus líneas de investigación son la ecología de poblaciones, la hidrología cárstica, la conservación del agua, las políticas de manejo, el desarrollo sustentable y la educación ambiental.

Daniel Murillo Licea

Doctor en Ciencias Sociales. Labora en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. Sus líneas de estudio giran en torno al agua y los pueblos indígenas, la gobernanza del agua en el México contemporáneo y la comunicación para el desarrollo.

Jorge Victoria Ojeda

Doctor en Antropología e Historia, arqueólogo. Es investigador de la Unidad de Ciencias Sociales-CIR, de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus líneas de investigación son el intercambio, las aportaciones, la interetnicidad y los espacios de convivencia entre los grupos africanos, mayas y los españoles.

Roger Orellana Lanza

Doctor en Biología (Ecología) y profesor honorario del Centro de Investigación Científica de Yucatán. Ha trabajado en el manejo de los recursos naturales, la ecofisiología y la prospección de escenarios de cambio climático, así como sus efectos en la vegetación en la península de Yucatán.

Daniela Ortega Camacho

Química de la Unidad de Ciencias del Agua del Centro de Investigación Científica de Yucatán. Participa en la línea de investigación de calidad y uso sostenible de agua, con análisis de muestras ambientales, implementación de métodos analíticos y procesamiento de datos de proyectos.

Julia Pacheco Ávila

Doctora en Ciencias de la Tierra. Labora en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus líneas de trabajo son la detección y cuantificación de la problemática ambiental en relación con el recurso hídrico, para proponer soluciones mediante el desarrollo y la adaptación de tecnología.

Ángel Polanco Rodríguez

Doctor en Ciencias Ambientales. Trabaja en el Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi, de la Universidad Autónoma de Yucatán; con líneas de investigación en torno al manejo y conservación de los recursos naturales, la contaminación del agua por orgánicos persistentes y sus impactos en la salud pública.

Evelia Rivera Arriaga

Doctora en Política Marina y Manejo Costero. Trabaja en el Instituto de Ecología, Pesquería y Oceanografía del Golfo de México de la Universidad Autónoma de Campeche, y colabora con el Instituto de Ecología y Cambio Climático y el PNUD en la Coordinación Nacional de la VI Comunicación Nacional de Cambio Climático. Sus trabajos incluyen el manejo integrado de las zonas costeras, la educación ambiental y el desarrollo sostenible.

Rafael Robles de Benito

Maestro en Ecología Humana. Es director de la Reserva de la Biósfera de Ría Lagartos, de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Sus líneas de investigación son el desarrollo sostenible, la gestión de proyectos, el cambio climático y la educación ambiental.

Laura Elena Sotelo Santos

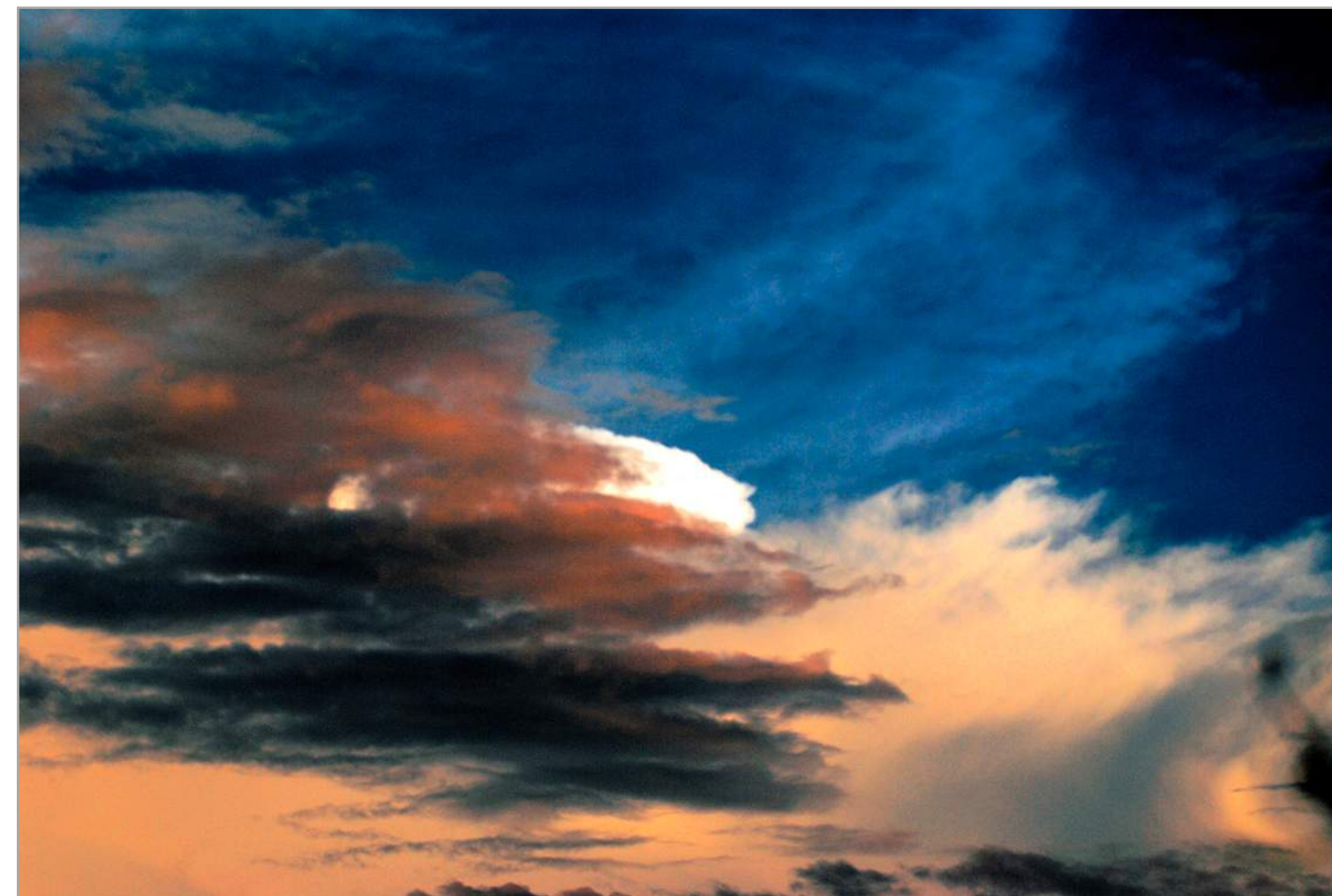
Doctora en Estudios Mesoamericanos e historiadora. Es investigadora titular del Centro de Estudios Mayas de la Universidad Nacional Autónoma de México, con líneas de trabajo en torno de la religión y la iconografía aplicada a códices. Es profesora de la Facultad de Filosofía y Letras y tutora en el Doctorado en Estudios Mesoamericanos.

Beniamino Volta

Arqueólogo y candidato a doctor del Departamento de Antropología de la Universidad de California, San Diego, en Estados Unidos de Norteamérica. Sus líneas de investigación se dirigen a los patrones de asentamiento poblacional de manera comparativa, dentro de ellos el estudio del antiguo urbanismo maya.

Terance Winemiller

Doctor y director del Departamento de Sociología, Antropología y Geografía de la Universidad de Auburn, Montgomery, en Estados Unidos de Norteamérica. Sus principales líneas de investigación incluyen la geografía cultural, la arqueología maya, los patrones de asentamiento y la aplicación de métodos de teledetección y mapeo satelital.



Nubes en el atardecer.
Fotografía de Carlos Alcérreca.

**EL MANEJO DEL AGUA
A TRAVÉS DEL TIEMPO
EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**

Se terminó de editar en enero de 2016.
La edición estuvo a cargo de Libro de Piedra Editores
migelanmx@hotmail.com
La corrección ortotipográfica fue realizada
por Alejandrina Garza de León.
En su composición se utilizaron tipos de las familias
Adobe Garamond Pro, Hypatia Sans Pro, y Calibri.
El tiraje en disco compacto interactivo consta de 2000 ejemplares.

Mérida, Yucatán, México.

Contraportada:
Cenote Holaktún,
Quintana Roo.
Fotografía de James Balog.

