

Ciclos de inundación y conservación de servicios ambientales en la cuenca baja de los ríos Grijalva-Usumacinta



Alberto J. Sánchez¹, Miguel Ángel Salcedo¹, Rosa Florido¹, Juan de Dios Mendoza², Violeta Ruiz-Carrera¹ y Nicolás Álvarez-Pliego¹

¹Diagnóstico y Manejo de Humedales Tropicales. CICART. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa 86039 Tabasco, México. alberthoj.sanchez@gmail.com

²Recursos Hídricos y Edáficos. División Académica de Ciencias Agropecuarias. UJAT

Resumen. La máxima disponibilidad y reservas potenciales de agua en México están en la cuenca Grijalva-Usumacinta. Sin embargo, este recurso ha sido asociado con inundaciones, insalubridad y tierras improductivas, en lugar de ser un motor del bienestar social y desarrollo económico. Desde el siglo XVII se han registrado severas modificaciones en el flujo de agua, que han cambiado la magnitud de los ciclos de inundación y la salud ambiental de los humedales. Por lo tanto, este escrito describe sucintamente los principales cambios a la red fluvial y sus efectos, para proponer como posible solución, la generación y operación de un modelo alternativo, transdisciplinario y que incluya las diversas escalas espacio-temporales dirigido a un manejo sustentable y equitativo. Este manejo puede ser enfocado a detener la transformación mediante fundamentos sociales, científicos y técnicos, y así, propiciar la rehabilitación de las funciones ecológicas y servicios ambientales que proveen los recursos hídricos y su biota.

Palabras clave: ciclos de inundación, biodiversidad, desarrollo sustentable y equitativo, recursos hídricos

Abstract. The maximum availability and potential reserves of water in Mexico are in the Grijalva-Usumacinta basin. Nevertheless, this resource has been linked to floods, unhealthy and unproductive lands, instead of being a force of the social welfare and economic development. Since the 17th century, severe modifications have been recorded in the water flow, which there have changed the magnitude of the flood cycles and environmental health of the wetlands. Therefore, this paper briefly describes the main changes to the natural drainage of rivers and their effects, to propose as a possible solution, the generation and operation of an alternative, transdisciplinary and multi-scale model aimed at sustainable and equitable management. This managing can be focused to stop the transformation with social, scientific and technical support, and thus, give way to rehabilitation of the ecological functions and environmental services provided by the water resources and their biota.

Key words: flood cycles, biodiversity, sustainable and equitable development, hydric resources

Introducción

El agua es un recurso vital indispensable, por lo mismo su acceso garantizado y equitativo es un derecho social. En este contexto, la gobernabilidad y gobernanza de los recursos hídricos y su biodiversidad asociada es una estrategia impostergable de la agenda de los gobiernos y organizaciones, para que ambos estimulen el bienestar social y crecimiento económico, sin menoscabo de la conservación de sus servicios ambientales y beneficios. No obstante, en México su manejo sustentable y equitativo deberá tanto revertir las modificaciones negativas en los procesos naturales; como ser logrado bajo las presiones generadas por las condiciones actuales de ineludible crecimiento poblacional, de alto grado de extracción y de heterogeneidad espacial de la calidad del agua.

El 2.5% de los recursos hídricos del planeta son de agua dulce almacenada naturalmente en ríos y lagos como recursos hídricos superficiales, en acuíferos, en glaciares y nieves perpetuas, y en suelo y atmósfera como humedad; así como parte de la biota. Esta disponibilidad del agua dulce, explica su limitado volumen superficial renovable ($42,780 \pm 8,500 \text{ km}^3$). En este entorno de que el agua es un recurso renovable limitado, el inevitable crecimiento poblacional y la distribución heterogénea de los recursos hídricos y de la población ayudan a ilustrar, que su escasez y acceso inequitativo, en cantidad y calidad, sobresalgan entre los problemas globales urgentes a resolver.

En el Continente Americano se registra la mayor disponibilidad promedio anual de agua renovable del planeta (47%). Por lo anterior, en América se ubican 11 países con alta disponibilidad de agua renovable per cápita (más de $10,000 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{año}$); entre estos, sobresalen Guayana Francesa, Guyana, Surinam y Canadá, los cuales están entre los 10 países con mayor disponibilidad a nivel global. En esta escala, Brasil con alta disponibilidad ocupa el vigésimo tercer lugar debido a su elevado número de pobladores. En cambio, México se ubica en el octogésimo noveno lugar mundial debido a que está entre los países con disponibilidad baja, con $4,076 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{año}$; pero, está en octavo lugar en extracción de agua por arriba de los citados países (CONAGUA, 2013). Estas cifras muestran la marcada disparidad de la relación entre la distribución espacial de la disponibilidad de agua y la densidad poblacional en un país, en donde, la mayoría del centro y norte del mismo presenta escasez y alto

grado de presión sobre el recurso hídrico.

En contraste al norte y centro del país, el sureste, en particular en la cuenca de los ríos Grijalva-Usumacinta la disponibilidad de agua renovable per cápita es alta, ya que en la región hidrológico - administrativa Frontera Sur, en donde está ubicada esta cuenca, se registran 22,185 m³/hab/año (CONAGUA, 2013). Esta alta disponibilidad sumada a la distribución heterogénea de agua en México apoyan que la cuenca Grijalva-Usumacinta pueda considerarse como la principal reserva de agua renovable del país. En este ámbito, los recursos hídricos de esta cuenca baja deberían estar vinculados al bienestar social y crecimiento económico de Tabasco, en lugar de persistir, cada año, como la preocupación sustentada de los pobladores de sufrir inundaciones durante la temporada de flujo alto, en octubre y noviembre. A esta realidad se agregan los efectos negativos provocados por la histórica transformación de la red fluvial y sus ciclos de inundación. Además, la disociación entre las actividades y prácticas cotidianas de la población con la importancia de mantener las funciones de los ecosistemas acuáticos y sus servicios ambientales dificulta, tanto detener o mitigar el dispendio del agua y deterioro de sus ecosistemas, como promover el bienestar social y desarrollo económico en la cuenca, en donde está el 30% de las reservas potenciales de agua del país (CONAGUA, 2011). En esta situación, los programas de investigación científico-tecnológica y de educación son estrategias impostergables para incidir en el conocimiento sobre los servicios ambientales y beneficios que aportan los recursos hídricos, y sobre todo en la apropiación social de los programas de manejo y uso racional.

Inventario de ecosistemas acuáticos en la cuenca baja de los ríos Grijalva-Usumacinta

La descarga promedio anual de los ríos Grijalva-Usumacinta (115,536 Mm³/seg) representa el 28% de la totalidad de los recursos superficiales del país (CONAGUA, 2013), y después de los ríos Misisipi y Atchafalaya, es la tercera en magnitud entre los ríos que fluyen al Golfo de México. En la porción mexicana de la cuenca de los ríos Grijalva-Usumacinta, que tiene una extensión de 8,355,300 ha (CONAGUA, 2013), los ecosistemas acuáticos permanentes ocupan aproximadamente 419,238 ha. En la cuenca baja de estos ríos se han registrado cerca de 450 lagunas continentales permanentes, de las cuales en

la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla hay aproximadamente 110 lagunas en 302,706 ha. Estas lagunas sostienen una actividad pesquera relevante para el estado y mantienen alta diversidad de invertebrados y vertebrados acuáticos representativa de los humedales tropicales de Mesoamérica. El estado de salud de las lagunas de la Reserva y en general de la cuenca no han sido evaluados a pesar de las diferentes presiones antrópicas, entre las cuales sobresalen la fragmentación, drástica reducción de su área y contaminación urbana en la cuenca del río Grijalva; mientras que la pérdida de parches de vegetación acuática sumergida y contaminación por actividades y prácticas rurales y de extracción se observan en las cuencas de los ríos Usumacinta y Tonalá. La importancia de conservar la vegetación acuática sumergida reside en que alberga más de seis veces en número de especies y de organismos que otros hábitat alternativos disponibles, como son troncos hundidos, vegetación distribuida en los márgenes, vegetación flotante y los sustratos limosos sin vegetación, que son los fondos dominantes en espacio (Sánchez et al., 2012a).

Los ecosistemas lagunares-costeros del Yucateco en la cuenca del río Tonalá; y Carmen-Pajonal-Machona-la Redonda, Tupilco-Ostión, Mecocacán, Pom-Atasta y Palizada-del Este en la cuenca Grijalva-Usumacinta suman aproximadamente 918,760 ha de extensión. Los dos últimos sistemas fluvio-lagunares descargan en la Laguna de Términos. Estas lagunas costeras albergan una diversidad de fauna acuática intermedia al compararse con otros sistemas lagunares estuarinos del sur del Golfo de México (Reséndez y Kobelkowsky, 1991; Raz-Guzman et al., 2004). Sin embargo, la fauna distribuida en estas lagunas costeras y fluviales sostiene gran parte de la actividad pesquera artesanal, que en combinación con las agropecuarias, es una de las principales actividades económicas en cuanto al número de personas dedicadas en la cuenca baja Grijalva-Usumacinta. Como ejemplo en los ecosistemas dulceacuícolas y estuarinos en Tabasco en 2013 y en orden de su contribución, la captura de mojarra, robalo, langostino, ostión y jaiba sumaron el 51% de la producción pesquera en peso vivo; mientras que bandera, camarón, mojarra, lisa, robalo y ostión destacaron por su valor al haber contribuido con el 79% del total (CONAPESCA, 2013).

En las zonas de inundación temporal se distribuye vegetación riparia, manglar y herbáceas hidrófitas

como vegetación natural y los pastizales como vegetación introducida. La tasa de modificación del uso de suelo en la cuenca, referida en el caso de la vegetación marginal distribuida en las zonas de inundación temporal, por la introducción de pasto en las zonas de vegetación riparia y manglar debe actualizarse y evaluarse para aclarar sus efectos sobre: (a) las tasas de retención o secuestro de carbono, (b) la pérdida de biodiversidad terrestre y acuática, ya que estas zonas sirven como sitios temporales de reproducción, crecimiento y protección contra depredadores de fauna acuática y de aves durante los cuatro a seis meses de máxima inundación, ya que el nivel del agua aumenta desde 0.4 – 0.6 m hasta 1.5 – 6 m, (c) la modificación de las tasas de erosión y de la calidad y composición fisicoquímica de los suelos, y (d) la alteración de la calidad del agua de los ecosistemas acuáticos costeros. En resumen, la evaluación integrada de los servicios ambientales de estas áreas de inundación y sus efectos en cuanto a la modificación de los ciclos hídricos, la calidad del agua y la disminución de la flora y fauna deben ser programadas y ejecutadas a corto plazo.

Modificaciones de los ciclos de inundación

Las políticas públicas diseñadas para promover el desarrollo económico y bienestar social en la cuenca baja del Grijalva-Usumacinta han alterado los ciclos de inundación naturales. En consecuencia, la red de drenaje natural, el estado de salud ambiental de los humedales fluviales y de biota asociada ha cambiado, ya que los efectos de los ciclos de inundación en el territorio están regidos en el tiempo por los fenómenos hidrometeorológicos (temporadas de sequía y lluvias ocasionadas por tormentas tropicales, huracanes y frentes fríos) y en el territorio por la geomorfología de la cuenca. Las principales causas que han generado estas transformaciones han sido la construcción de infraestructura hidráulica, el crecimiento urbano y la fuerte presión sobre los recursos acuáticos relacionada a actividades primarias. La infraestructura hidráulica se ha construido principalmente para la retención y desviación de agua enfocada a evitar inundaciones y enfermedades; así como para incrementar la producción agropecuaria, dar derecho de vía y producir energía.

Los ciclos de inundación naturales son la principal fuerza que regula el funcionamiento ecológico de los humedales fluviales en la cuenca, ya que inciden en las variaciones espaciales y temporales del volumen y profundidad de las lagunas, canales y ríos; así

como los pantanos que se anegan temporalmente. Estas fluctuaciones del agua regulan, en diversas escalas espaciales y temporales, los ciclos biogeoquímicos, la dinámica trófica y la distribución y diversidad de la biota en los humedales. De hecho, en las depresiones y planicies de los humedales fluviales, las actividades productivas primarias y asentamientos humanos, también dependen de estos ciclos de inundación.

Además, en la cuenca baja de los ríos Grijalva-Usumacinta, la influencia de los ciclos de inundación se intensifica con los marcados excedentes de agua intra-anales en los humedales fluviales (ríos, lagunas y zonas de anegación) que provocan condiciones ambientales contrastantes en estos mismos periodos y que mantienen tanto el funcionamiento ecológico de estos humedales como los servicios ambientales y beneficios que proveen. Por ejemplo, durante la temporada de sequía, en el flujo bajo del ciclo de inundación, la producción natural de las lagunas aumenta y la fauna acuática se congrega en las mismas; mientras que, en flujo alto, la materia orgánica y los nutrientes del agua se dispersan debido al marcado incremento del área de anegación temporal, lo cual favorece la fertilización natural del suelo y agua. Como ejemplo en la cuenca, el aumento temporal del volumen de agua durante el flujo alto coincide con la abundancia de langostinos, cangrejos azules, topenes y pejelagartos, entre otros, ya que representan sitios de refugio, alimentación y reproducción (Sánchez et al., 2012a).

Antes del siglo XVII, el río Mezcalapa y la red hidrográfica de la Sierra, que retoma río abajo el nombre de Grijalva, descargaban independientemente al Golfo de México junto a la laguna de Mecocacán y después de converger en Tres Brazos con el río Usumacinta, respectivamente (Figura 1). Las primeras modificaciones al sistema hidrológico en la cuenca del río Grijalva se registraron a finales de ese siglo con la formación natural o inducida de los “rompidos” o diques. En 1675, en un contexto de cambios de asentamientos y presiones económicas por las incursiones de los piratas, el río Mezcalapa, que descargaba hacia el Norte en el Golfo de México, fue desviado al Este por medio del rompido Nueva Zelandia (Figura 1). Este rompido formó el río Viejo Mezcalapa e interrumpió el flujo continuo en el cauce natural, que por lo mismo se denominó río Seco (Figura 1). En su derivación hacia el Este, el Viejo Mezcalapa confluyó con la red hidrográfica

de la Sierra al Sur de Villahermosa, lo que modificó drásticamente la red fluvial de la cuenca baja del río Grijalva. Después, el rompido Manga de Clavo desvió el río Mezcalapa Viejo para formar el río Carrizal, que recorre al Norte de Villahermosa y desembocaba por el río González al Golfo de México, a través de la Barra de Chiltepec. En 1904, el rompido de la Pigua unió el río Carrizal con el Grijalva al Este de la ciudad de Villahermosa. En 1932 el rompido Samaria disminuyó el caudal del río Carrizal, pero inundó alrededor de 20,000 ha en la Chontalpa, ubicada entre los ríos Cuxcuxapa y González. Por último en 1940, a través del rompido las Cañas fluyó agua de la Chontalpa hacia el río Medellín, que se unió al Grijalva (Figura 1). Estos cinco rompidos interrumpieron la navegación por el río Mezcalapa e inundaron la Chontalpa y modificaron la red de drenaje natural, lo que afectó la economía regional y aisló a las poblaciones de Cunduacán, Jalpa y Nacajuca (Velázquez-Villegas, 1994; Navarro y Toledo, 2004; Salazar-Ledezma, 2008).

La segunda transformación de la planicie se planeó en la Comisión del Grijalva por decreto Presidencial de Miguel Alemán (1951), en la que se consideró que “los excedentes de agua provocaban inundaciones y enfermedades que impedían el desarrollo de la cuenca del río Grijalva”. Esta aseveración justificó las siguientes funciones de dicha Comisión: 1) controlar inundaciones, 2) favorecer el potencial agrícola mediante el suministro de agua para riego y desecación de zonas pantanosas, 3) facilitar la navegación, 4) generar energía y 5) construir y mantener la red carretera. En la cuenca media se construyeron cuatro presas; en 1964 fue inaugurada Malpaso con 10,596 Mm³ de capacidad de almacenamiento, seguida por la Angostura (12,762 Mm³), Chicoasén (1,632 Mm³) y Peñitas (1,091 Mm³). Alternativamente, la cuenca baja fue intervenida mediante bordos, drenes, cegamientos y re-encauzamientos de cursos de ríos y carreteras. En esta época, para avanzar con el plan hidroagrícola de la Chontalpa fueron taladas cerca de 40,000 ha de bosque tropical perennifolio

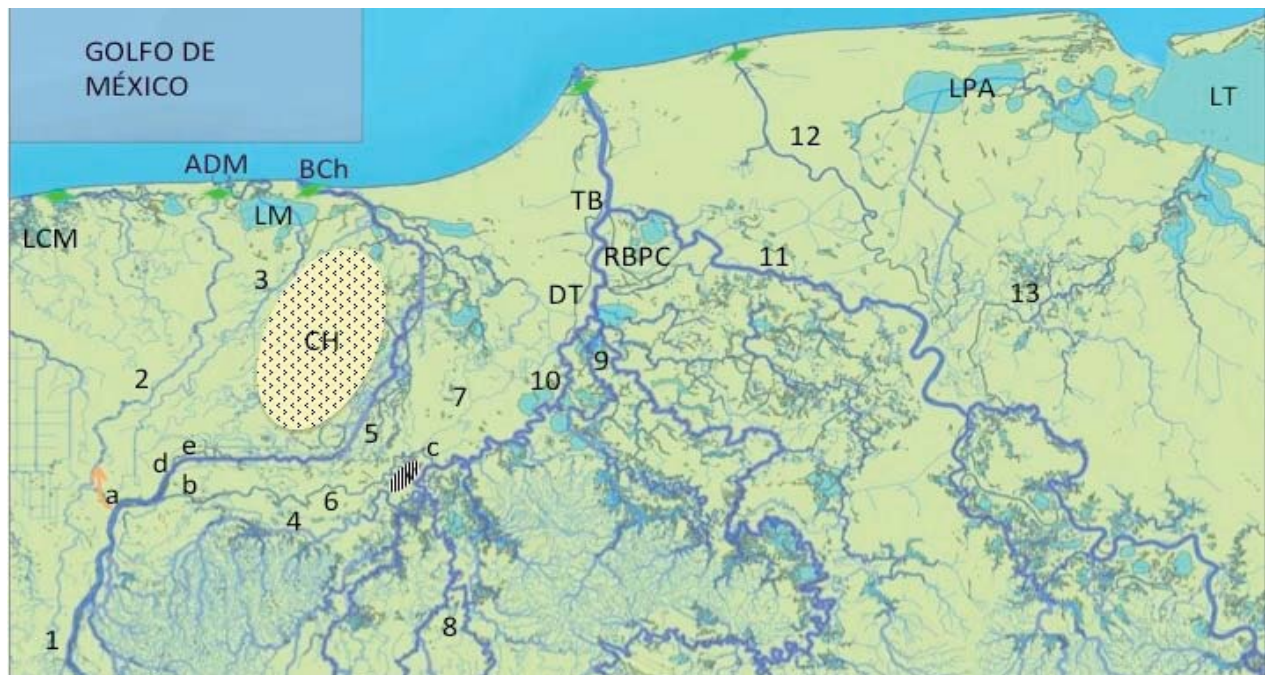


Figura 1. Red fluvial en la cuenca baja de los ríos Grijalva-USumacinta, Sureste de México (modificado de SIALT, 2010); rompidos: a=Nueva Zelândia, b=Manga de Clavo, c=La Pigüa, d= Samaria y e=del Cañas; ríos: 1= Mezcalapa, 2= Seco, 3= Cuxcuxapa, 4= Mezcalapa Viejo, 5=Samaria, 6=Carrizal, 7=González, 8=red hidrográfica de la Sierra, 9=red hidrográfica Tepetitán-Chilapa, 10=Grijalva, 11=Usumacinta, 12=San Pedro y San Pablo y 13=Palizada; lagunas costeras y humedales: LCM= sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, LM= laguna Mecoacán, RBPC= Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, LPA = lagunas Pom y Atasta y LT= laguna de Términos; otros rasgos geomórficos: ADM= antigua desembocadura del Río Mezcalapa, Ch=Chontalpa, BCh=Barra Chiltepec, DT=Dren Tabasquillo, TB=Tres Brazos y flechas verdes = desembocaduras, flecha anaranjada= antiguo cauce del Río Mezcalapa; y zona achurada en negro= ciudad de Villahermosa.

y otras comunidades florísticas del trópico húmedo (Navarro y Toledo, 2004). Entre los efectos de estas transformaciones, también destaca la modificación de la variación natural de los ciclos de inundación, pues ha provocado cambios en las zonas de anegación, con la consecuente pérdida y fragmentación de hábitat, interrupción del rejuvenecimiento cíclico de los suelos y la eliminación del aporte de aluviones.

En la cuenca, la expansión ganadera favoreció la reducción del 95% del millón de hectáreas originales de selva y en menor grado de las comunidades de angiospermas hidrófitas. La construcción del ferrocarril en 1950 y de la red de carreteras en los setentas propició la expansión ganadera, el incremento de la población y la tala de selvas (Tudela, 1989; Salazar-Ledezma, 2008). Los efectos de los cambios de la cobertura vegetal se vinculan a: la pérdida de la diversidad florística y faunística, el incremento de la erosión de suelos, el abatimiento de los mantos freáticos, la disminución de la fertilidad de suelos, la lixiviación de nutrientes, modificaciones microclimáticas y el asolvamiento de los ecosistemas acuáticos son los principales efectos de los cambios en la cobertura vegetal.

Desde finales de la década de los setenta, la dominancia de actividades petroleras transformó ambiental, social y culturalmente la cuenca Grijalva-Usumacinta. En términos ambientales ha generado principalmente alteraciones en la red fluvial por la construcción de vías para transporte terrestre o acuático y la afectación directa de humedales y suelos.

Manejo del agua en el SXXI

La red fluvial se continuó modificando en las últimas décadas por la intensificación de la construcción de infraestructura, la cual se ha desarrollado para aprovechar los recursos de los ecosistemas, el comercio, obras de manejo y derechos de vía por agua, y sistemas de transporte terrestre así como la habilitación de puertos. La construcción de canales y drenes para transporte y el aumento de la desecación de tierras favoreció la expansión de suelos para uso agropecuario (Tudela, 1989). Por ejemplo, en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla la sustitución de la vegetación hidrófita enraizadas emergentes, principalmente tular, espadañal y popal, por pastizales para la ganadería extensiva, es una práctica que alteró el paisaje con una tasa cercana a

1,000 ha por año a finales del siglo pasado (Sánchez et al., 2007). En general, las obras de infraestructura han provocado la pérdida y segmentación del hábitat, la desestabilización de los sistemas de almacenamiento de nutrientes y materiales, alteraciones en los patrones naturales de drenaje, desequilibrio y desaparición de vías de migración, reducción de las zonas inundables, sitios de refugio, de crecimiento y de alimentación de fauna en los humedales de la planicie costera. Entre estas perturbaciones, la desaparición o disminución drástica de la diversidad y extensión de los parches de vegetación acuática enraizada está vinculada tanto con la reducción de la biomasa y diversidad de especies de los epibiontes y fauna acuática asociados, como con problemas sociales por la disminución de la abundancia de peces de importancia pesquera, en zonas en donde ésta es la principal actividad económica. La disminución de la fauna acuática asociada se ha explicado ampliamente, pues la vegetación acuática enraizada provee sitios de refugio, alimentación y reproducción para la mayoría de los crustáceos y peces reportados en este y otros humedales (Sánchez et al., 2012a).

En este siglo, las líneas de acción sobre la gestión y normatividad estatales de los recursos hídricos también se han enfocado al incremento de la infraestructura y disminución de la contaminación de agua. Estas líneas de acción se dirigieron a resolver: (1) el incumplimiento de la normatividad y baja eficiencia de la infraestructura existente, (2) los altos y crecientes costos de construcción y operación de los sistemas, (3) el rezago y obsolescencia normativa para el uso de agroquímicos, y (4) la escasa cultura sobre la importancia del agua y el cuidado del ambiente, ya que la contaminación de más del 40% de las lagunas y ríos del estado, escasa infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, la disminución y abandono de la actividades acuícola y pesquera, así como deterioro ecológico y riesgos en la salud.

La disminución de las zonas de anegación por cambio de uso de suelo aumenta el riesgo de inundaciones, debido a la reducción de áreas de captación de agua durante el flujo máximo del ciclo de inundación en la temporada de lluvias y frentes fríos. En este siglo, la sustitución de zonas de inundación temporal aumentó principalmente por la construcción de infraestructura urbana e hidráulica, para dar respuesta al crecimiento urbano y evitar inundaciones en las ciudades, principalmente en Villahermosa. Por

ejemplo, el Programa Integral Contra Inundaciones (PICI) de la CONAGUA y la Dirección General de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Tabasco incidieron principalmente en la red de los ríos Mezcalapa-Samaria y Carrizal-Medellín. En 2003, el PICI se diseñó para evitar el desbordamiento de estos ríos, ya que en 1999 la inundación en Tabasco afectó a 313,000 habitantes. Después de la inundación de 2007, cuando el PICI estaba aún en operación, se generó el Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT) con el propósito de “disminuir al máximo las condiciones de riesgo y vulnerabilidad a que está sujeta la población, sus actividades económicas y los ecosistemas ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos y posibles efectos del cambio climático, para contribuir así al desarrollo sustentable de Tabasco” (CONAGUA, 2012, p.1). El PHIT continuó con la construcción de bordos y muros de protección en zonas urbanas, la presa derivadora de El Macayo en el río Carrizal, las escotaduras para la dispersión de flujos de los ríos hacia zonas lagunares y el desazolve piloto en el río Samaria (CONAGUA, 2012). El crecimiento urbano junto con las mencionadas obras de derivación de agua y protección contra inundaciones han incrementado tanto la fragmentación como la reducción de las lagunas urbanas y áreas de anegación temporal. Como ejemplos, los efectos de estas alteraciones se describen brevemente en dos lagunas ubicadas en la ciudad de Villahermosa, La Pólvora y El Costeño y en seis lagunas suburbanas. En La Pólvora han provocado condiciones hipereutróficas, disminución de la diversidad acuática, incremento de especies exóticas y riesgos para la salud pública debido a las elevadas concentraciones de coliformes fecales (Sánchez et al., 2012b). Mientras que, El Costeño registró estado hipereutrófico, calidad sanitaria media del agua por las elevadas concentraciones de coliformes fecales; así como baja riqueza, diversidad y abundancia de fauna acuática. En las lagunas suburbanas, la fragmentación y modificación de las áreas de anegación temporal fueron los factores dominantes que generaron las condiciones de peor salud ambiental. En las ocho lagunas, la carencia de los beneficios asociados con la variación esperada del volumen de agua, dada por los ciclos de inundación naturales fueron el común denominador. Las alteraciones socio-económicas y ambientales provocadas por las citadas obras en la Chontalpa, Laguna de Mecocacán y Barra Chiltepec (Figura 1) son aún un pendiente a resolver.

Para dar continuidad al PHIT, pero con recursos del FONDEM 2010, el Río Tabasquillo se transformó en un dren (Figura 1) para “restaurar el flujo hidráulico”, mediante su dragado y ampliación en un tramo cercano a 17 km. Además, el dren se interconectó con un canal de alivio que permite con una escotadura, el paso del agua del río Medellín, que deriva del Carrizal. La evaluación de los efectos en la hidráulica, fisicoquímica del agua y biodiversidad en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla es otro asunto sin resolver, sobre todo que el Río Carrizal recibe influencia urbana directamente.

La disminución de las zonas de anegación aumenta el riesgo de inundaciones, debido a la reducción de áreas de captación de agua durante el flujo máximo del ciclo de inundación en la temporada de lluvias y frentes fríos. En el primer lustro de este siglo, la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) aplicó, mediante un método participativo, el Diagnóstico de los Problemas Hídricos del Estado de Tabasco, el cual integró a profesionistas, directores operadores e investigadores especializados en la gestión del recurso hídrico del estado (Armenta et al. 2008). En dicho Diagnóstico UJAT, nueve problemas, seleccionados de una lista de 64 recabados (Cuadro 1), ofrecen una visión más detallada que las cuatro líneas de acción incluidas en el PRODEMA.

Cuadro 1. Diagnóstico de la UJAT de los Problemas Hídricos del Estado de Tabasco (modificado de Armenta et al., 2008)

-
1. Falta de planeación para programas hídricos en general, y en particular de infraestructura y preventivos para el control de inundaciones
 2. Incremento de la contaminación relacionada al mínimo tratamiento y saneamiento de agua
 3. Escasa cultura y educación en el uso del agua
 4. Desarrollo integrado de programas administrativos y operativos, que prevengan contaminación, deterioro de ecosistemas acuáticos, disminución de recursos y asolvamiento de ríos
 5. Deficiencia en los servicios de disponibilidad y abastecimiento de agua potable
 6. Inadecuada aplicación de normas y reglamentos
 7. Carencia de información histórica, sistematizada, confiable y accesible
 8. Excesivo uso de agua para actividades agropecuarias
 9. Manejo sustentable y equitativo de la cuenca
-

En la base a los nueve problemas mencionados más la evaluación de los impactos ambiental, social y económico, así como de su persistencia de cada una de las 38 causas y 25 alternativas de solución registradas en el mencionado diagnóstico UJAT se seleccionan aquellas alternativas con mayores impactos social, económico y ambiental; así como mayor posibilidad de realizarse (Cuadro 2).

Cuadro 2. Alternativas de solución obtenidas en el Diagnóstico de la UJAT de los Problemas Hídricos del Estado de Tabasco (modificado de Armenta et al., 2008)

1. Desarrollar cursos obligatorios en educación básica sobre los recursos hídricos
2. Desarrollo de índices bióticos y abióticos para determinar la calidad del agua
3. Integrar a la población en un programa de cultura y concientización del agua
4. Aplicar programas de ordenamiento ecológico
5. Generar planes de investigación científica a largo plazo
6. Diseñar marco normativo actualizado estatal
7. Generar mecanismos de corresponsabilidad social
8. Establecer una red de colaboración interinstitucional y transversal de sitios de monitoreo de indicadores de la calidad del agua
9. Prever normativamente la participación ciudadana en la fiscalización y vigilancia en el uso del recurso hídrico
10. Diseñar y aplicar programas de planeación a mediano y largo plazo

A partir de los nueve problemas y estas diez alternativas fueron propuestas las siguientes seis líneas de acción enfocadas a promover el manejo integral de los recursos hídricos en el territorio tabasqueño ubicado en la cuenca baja de los ríos Grijalva-Usumacinta: (1) planeación y organización para gestión integrada, (2) educación y cultura en el uso favorable del agua, (3) programas de manejo y monitoreo integrado de los recursos hídricos, (4) políticas y normatividad, (5) programas de fomento a la investigación y desarrollo tecnológico, y (6) participación social.

En conclusión, las modificaciones realizadas en la cuenca del río Grijalva, configuraron la red de drenaje natural integrada por los ríos Viejo Mezcala, Carrizal, González y Samaria que actualmente descargan por un lado al Golfo de México por la barra de Chiltepec y por otro se unen al río Grijalva (Figura 1). En esta zona de la cuenca se han producido transformaciones de los ciclos de inundación, las actividades productivas, la calidad del agua, y

biodiversidad de plantas y animales acuáticos. Al Sur y Este de la misma cuenca, la red hidrográfica de la Sierra converge con el río Grijalva al Sur de la Ciudad de Villahermosa; mientras que la red Tepetitán-Chilapa-Bitzal desemboca en Pantanos de Centla, antes de que el río Grijalva confluya con el río Usumacinta en Tres Brazos, en donde se unifican en un cauce para desembocar mezclados en el Sur del Golfo de México (Figura 1). En contraste con el río Grijalva, la modificación de los ciclos de inundación en las redes hidrográficas de la Sierra y Tepetitán-Chilapa-Bitzal, y del río Usumacinta ha sido en menor escala, pues hasta el presente se ha concentrado en la construcción de canales de paso y drenes para facilitar: (a) la navegación de pequeñas embarcaciones asociadas con la extracción de gas y (b) el asolvamiento de zonas de anegación para ganadería. Esta menor perturbación por infraestructura hidráulica no significa que sea impostergable y relevante dimensionar sus efectos. Al igual que el río Grijalva, las redes hidrográficas de la Sierra y Tepetitán-Chilapa-Bitzal, así como el río Usumacinta reciben múltiples descargas agropecuarias y de aguas domésticas sin tratamiento en su cauce y persiste la intención de represar al menos el río Usumacinta. La construcción de barreras que impiden el flujo natural de los ríos y organismos, en este caso del Usumacinta, seguramente modificará los ciclos de inundación naturales (Figura 2) con las consecuencias ambientales, biológicas y sociales mencionadas reiterativamente en el texto.

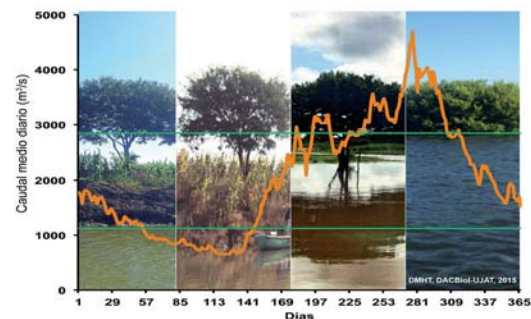


Figura 2. Variación intra-anual del nivel de agua en los humedales en el río Usumacinta en relación al ciclo natural de inundación. Como ejemplo, el caudal promedio anual del Río Usumacinta calculado del 2000 al 2010 (línea anaranjada) con datos de la Dirección Local Tabasco, SubGerencia Técnica CONAGUA se sobrepuso con la secuencia estacional fotográfica (Allan Cruz) de la fluctuación estacional del nivel de agua en el humedal Chashoc (UTM 630918 m E; 1973603 m N), que está interconectado al Río Usumacinta.

CONCLUSIONES Y RETOS PARA EL MANEJO INTEGRAL

En una cuenca en donde el recurso hídrico es el más abundante y está ubicada en la región del país con mayor capital natural; el agua debería convertirse en un detonador más del bienestar social y crecimiento económico mediante un manejo sustentable y equitativo. En este sentido, tanto la información actualizada de los procesos naturales y los efectos antropogénicos, como la evaluación del efecto de la alteración de ciclos de inundación, de la calidad del agua y de la biota en la cuenca alta y media del río Grijalva es indispensable, y representa un pendiente impostergable y un compromiso con una población en crecimiento y asentada en una zona de alta vulnerabilidad y riesgo por las variaciones hidrometeorológicas naturales y los actuales efectos del cambio global. Por lo mismo, y con la experiencia adquirida por la inadecuada convicción de transformar ambientalmente la cuenca baja, la infraestructura hidráulica existente y en planes de construcción para la producción de hidroenergía, retención y desvío de agua para controlar las inundaciones, seguramente será revisada y sustentada en estudios transdisciplinarios que incluyan tanto los derechos de los pobladores, como la complejidad de las multiescalas de variación ambiental y biológica.

La factibilidad de los programas de manejo sustentable y equitativo en la cuenca necesitan basarse en una propuesta alternativa a largo plazo, acordado por los diferentes sectores sociales, y dirigido en una fase inicial, a garantizar el mantenimiento de la variación natural de los ciclos de inundación del río Usumacinta y redes hidrográficas de la Sierra y Tepetitán-Chilapa-Bitzal. Este modelo interinstitucional y sectorial será más viable, si se elabora con el sustento en un programa de investigación-intervención transdisciplinario, que sopesa en su dimensión la multiplicidad de factores, escalas espacio-temporales y procesos culturales, ambientales, sociales y económicos que suceden en la cuenca y que tenga como pauta el desarrollo equitativo y sustentable. Entre las decisiones a discutir, la remoción de presas es una opción que, a pesar de las opiniones encontradas, ha representado un proceso exitoso en la rehabilitación de zonas costeras; un ejemplo es el caso de la destrucción de la presa Arase en Japón (Inumina, 2013). Además, en escalas espaciales menores, la innovación y aplicación de biotecnología y energías renovables sustentables representan deto-

nadores en los programas de repoblación de plantas y animales acuáticos y rehabilitación de los ecosistemas acuáticos, así como en disminuir presiones ambientales, dadas entre otras causas, por las demandas de infraestructura y energía de las poblaciones humanas asentadas en la cuenca.

La marcada diferencia de transformación hidráulica, modificación de los ciclos naturales y de salud ambiental de los humedales asociados con la red fluvial Mezcalapa- Cuxcuxapa- Mezcalapa Viejo- Samaria- Carrizal- González- Grijalva en comparación al río Usumacinta y redes hidrográficas la Sierra y Tepetitán-Chilapa no excluye que los impactos sobre las funciones ecológicas de estos últimos ríos y sus humedales, también deben ser medidos sistemáticamente para producir indicadores e índices que faciliten su seguimiento social, económico, cultural y ambiental, ya que la cuenca del río Usumacinta, es de las que provee más servicios ambientales en el planeta.

AGRADECIMIENTOS. Los resultados provienen principalmente de los proyectos: 1) Diseño del Instituto de Investigaciones Hidráulicas y Energéticas de Tabasco, FOMIX-TAB-2002-C01-6941; 2) Diagnóstico ambiental de los embalses artificiales del campus de la DACBiol en la cuenca baja de los ríos Grijalva – Carrizal UJAT-2009-C05-23 PFICA; 3) Biodiversidad acuática en la zona costera del sureste de México: Fase I primera lista regional de especies en el sur del Golfo de México PROMEP-103.5-12-2152, red recorecos; y 4) Calidad ambiental en lagunas suburbanas del Municipio Centro, Tabasco UJAT-2012-IA-13 y PROMEP/103.5/13/7044.

REFERENCIAS

Armenta, A., Neme, S., Sánchez, A.J., Baena, G.L., Macías-Valadez, M.E., Vega, P., Barajas-Fernández, J., Álvarez-Rivero, P. y Susunaga, R., *Diagnóstico de los problemas hídricos del estado de Tabasco*, In: Sánchez, A.J y Barajas-Fernández, J., (eds) Diseño del Instituto del Agua de Tabasco. Gestión Integral del Recurso Hídrico, Fondo Editorial UJAT, Villahermosa, 2008, pp. 49-58.

CONAGUA., *Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México, 2011, pp.1-85.

- CONAGUA., *Libro blanco del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PIHT)*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/LIBROS%20BLANCOS/CONAGUA-01%20Programa%20Integral%20de%20Tabasco%20\(PIHT\).pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/LIBROS%20BLANCOS/CONAGUA-01%20Programa%20Integral%20de%20Tabasco%20(PIHT).pdf), 2012, pp. 1-91.
- CONAGUA., *Estadísticas del Agua en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, www.conagua.gob.mx. 2013, pp.1-165.
- CONAPESCA, *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*, SAGARPA, http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de_pesca, 2013.
- Inumina, S., *Removal of the Arase Dam: Japan's First Attempt to Dismantle a Hydroelectric Dam and Restore the Original River Environment*, In: Nature and Our Future: The Mekong Basin and Japan, Mekong Watch, <http://www.mekongwatch.org>, 2013.
- Navarro, JM. y Toledo, H., Transformación de la cuenca del río Grijalva, *Revista Noticias AMIP*, 4[16], pp.11-22, 2004.
- Raz-Guzman, A., Sánchez, A.J., Peralta, P., Florido, R., Zoogeography of Hermit Crabs (Decapoda: Diogenidae, Paguridae) from Four Coastal Lagoons in the Gulf of Mexico, *J. Crust. Biol.*, 24, pp.625-636, 2004.
- Reséndez, A. y Kobelkowsky, A., Ictiofauna de los sistemas lagunares costeros del Golfo de México, México, *Universidad y Ciencia*, 8[15], pp.91-119, 1991.
- Salazar-Ledezma, FL., De señor a tributario: Historia breve del Gran Mazapa, *Península*, III[1], pp.11-34, 2008.
- Sánchez, A.J., Salcedo, MA., Florido, R., Armenta, A., Rodríguez-Leal, C., Galindo, A. y Moguel, E., *Pantanos de Centla, un humedal costero tropical*, In: de la Lanza, G., (ed) Las aguas interiores de México, conceptos y casos. AGT Editor, Ciudad de México, 2007, pp. 399-422.
- Sánchez, A.J., Florido, R., Macossay-Cortez, A., Cruz-Ascencio, M., Montalvo-Urgel, H. y Garrido-Mora, A., *Distribución de macroinvertebrados acuáticos y peces en cuatro hábitat en Pantanos de Centla, sur del Golfo de México*, In: Sánchez, A.J., Chiappa-Carrara, X. y Pérez, B., Recursos Acuáticos Costeros del Sureste. CONCYTEY, Mérida, 2012a, pp. 416-443.
- Sánchez, A.J., Salcedo, MA., Macossay-Cortez, A., Feria-Díaz, Y., Vázquez, L., Ovando, N. y Rosado, L., Calidad ambiental de la laguna urbana La Pólvera en la cuenca del río Grijalva. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*, 3[3], pp.143-152, 2012b.
- SIATL., *Simulador de flujos de aguas de cuencas hidrográficas Versión 2.1*, INEGI, http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/, 2010.
- Tudela, F., *La modernización forzada del trópico húmedo: El caso de Tabasco*, CINVESTAV-IFIAS-UNRISD-COLMEX, Ciudad de México, 1989, pp. 1-475.
- Velázquez-Villegas, G., *Los recursos hidráulicos del Estado de Tabasco*, UJAT, Ciudad de México, 1994, pp.1-242.