



Madera y Bosques

ISSN: 1405-0471

mabosque@inecol.edu.mx

Instituto de Ecología, A.C.

México

Román-Jiménez, Ana Rita; Mendoza-Briseño, Martín Alfonso; Velázquez-Martínez, Alejandro; Martínez-Ménez, Mario Roberto; Torres-Rojo, Juan Manuel; Ramírez-Maldonado, Hugo

Usos y riesgos del agua en la cuenca La Antigua, Veracruz, México

Madera y Bosques, vol. 17, núm. 3, julio-septiembre, 2011, pp. 29-48

Instituto de Ecología, A.C.

Xalapa, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61722838002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# Usos y riesgos del agua en la cuenca La Antigua, Veracruz, México

## Water uses and risks in La Antigua watershed, Veracruz, Mexico

Ana Rita Román-Jiménez<sup>1</sup>, Martín Alfonso Mendoza-Briseño<sup>1</sup>,  
Alejandro Velázquez-Martínez<sup>1</sup>, Mario Roberto Martínez-Méne<sup>1</sup>,  
Juan Manuel Torres-Rojo<sup>2</sup> y Hugo Ramírez-Maldonado<sup>3</sup>

### RESUMEN

El agua en México se considera un recurso escaso y valioso. Este trabajo es un ensayo que toma como caso de estudio la cuenca del río La Antigua, en Veracruz, México. En este lugar la condición y manejo de las tierras se relacionó con atributos del agua en función de usos varios. La cuenca de La Antigua capta una gran cantidad de agua y aún así se perciben problemas relacionados con el vital líquido. Las evidencias y el análisis en este estudio revelan la existencia de un imaginario colectivo compartido entre habitantes, autoridades, analistas y científicos de La Antigua, según el cual el agua es vital, valiosa y escasa. Esta visión se contradice con el comportamiento de las personas respecto del uso del agua y manejo del territorio de la cuenca, el cual corresponde al que se asociaría a un recurso abundante, de bajo costo y sin externalidades significativas en su uso. El escenario descrito no es irracional, más bien representa la respuesta pragmática frente a un fragmento del total del agua existente, alrededor del cual funcionan ciertos procesos culturales que redefinen la disponibilidad y el buen uso del agua que transita en los sistemas sociales. Comprender este escenario es indispensable para ofrecer a los responsables de la política hidrológica de La Antigua, y otros lugares en México y el mundo, explicaciones sobre el poco provecho que otorga enfatizar soluciones tecnológicas para aliviar una aparente escasez, imposible en un recurso con tantas y distintas funciones y valoraciones.

#### PALABRAS CLAVE:

Disturbios ecológicos, gestión de conflictos, manejo de cuencas, paisaje, uso de la tierra, uso múltiple.

### ABSTRACT

Water in Mexico is considered scarce resource. In this essay La Antigua watershed was chosen as a study case. In this site, watershed condition and land management policies were linked to water resource attributes suitable for different consumption uses. La Antigua watershed catches plenty of water; still people perceive problems. Evidence and analysis in this study uncovered a collective belief shared by the public, government, analysts and scientists in La Antigua. The belief sustains that water is vital, valuable and scarce. However, public behaviour contradicts such collective understanding. People choices are more consistent with a plentiful low cost resource, with no significant externalities. La Antigua scenario is not irrational, it represents the practical response towards only a fraction of all water stocks, a fraction which involves cultural processes redefining availability and good use of water moving through social systems. Understanding this scenario is essential to offering reliable insights in

- 1 Colegio de Postgraduados, c.e.: aritacolpos@yahoo.com, mmendoza@colpos.mx, alejvela@colpos.mx, mmario@colpos.mx.
- 2 Comisión Nacional Forestal, c.e.: directorgeneral@conafor.gob.mx.
- 3 Universidad Autónoma Chapingo, c.e.: hugorm@correo.chapingo.mx.

water policies to the decision makers in La Antigua, other parts of Mexico, and the world. Emphasizes that it is better to move away from technological solutions to deal with an imaginary scarcity, which is in fact unreal given a resource with so many and so different functions and valuations.

**KEY WORDS:**

Ecological disturbances, conflict management, watershed management, landscapes, land use, multiple use.

## INTRODUCCIÓN

Las incontables discusiones, tanto casuales como académicas, sobre los perennes conflictos humanos por el agua han sido siempre atraídas por la fuerza de una visión errónea y fragmentada. Casi todas estas miradas se enfocan a temas particulares como la disponibilidad de agua dulce en las redes de distribución ya existentes y plantean estrategias de conservación que se presentan como asuntos de donde pende la vida humana. Es por esa importancia que ameritan acciones conservacionistas que contradicen las cifras objetivas más ampliamente conocidas que las mismas fuentes reportan. En su modalidad más reciente, que es el Foro Mundial del Agua (Conagua, 2004), estas visiones han alimentado injustificables llamados por parte de organizaciones no gubernamentales, como la National Geographic Society (Johns, 2010; López, 2010), hacia acciones solidarias pero finalmente estériles.

De modo general la falta de alguna clase de producto o servicio hídrico se etiqueta como escasez de agua. La mayoría de los argumentos buscan demostrar que el agua es una necesidad humana primordial que se encuentra amenazada (Aguilar, 2001), que no puede satisfacerse adecuadamente por ineficiencias, tensiones e inequidad en su manejo y distribución (Ávila, 2003). También existe el reclamo de que el

acceso al agua es arbitrario, con situaciones en las que se privilegian algunos grupos sobre otros, lo que genera expresiones y posiciones que han llegado a originar conflictos sociales violentos (Barkin, 2006).

El agua ha sido un tema social prioritario y conflictivo, incluso en zonas donde es abundante (Aldana, 2001). Se ha reportado que las zonas tropicales del mundo presentan tantos problemas relacionados con el agua como las zonas áridas. Es claro así que ningún sitio poblado pareciera estar exento de controversias y, cada vez con más frecuencia, se exponen nuevos temas que enmarcan problemáticas locales o regionales que llegan a convertirse en focos de atención nacional e internacional (Vergnes, 2002; Barkin, 2006). Esa paradoja invita a postular la hipótesis de que los problemas hidrológicos no tienen que ver con el agua, sino con la cultura y el comportamiento de las personas.

## OBJETIVOS

El propósito de este trabajo es mostrar que a partir de que la opinión pública construye una percepción fragmentada de los múltiples significados del recurso natural llamado agua, se generan conflictos en las acciones humanas, conflictos que no se reflejan en el estado objetivo del recurso hídrico (la sustancia H<sub>2</sub>O).

Para ello se tomó un caso extremo que es la cuenca de La Antigua, Veracruz, México, donde está disponible, en abundancia, el agua. Como escenario ejemplar se estudiaron tres temas específicos que tienen el potencial de ser generalizados:

Buscar, si la hubiere, algún grado de consistencia entre las formas de uso del agua y las mínimas nociones de raciona-

alidad respecto a la realidad objetiva de su inventario y disponibilidad como sustancia.

Analizar si pudiera ser real la condición de escasez para un amplio número de productos y servicios hídricos, no respecto de la gestión hidrológica de las cuencas, sino vistos estos productos dentro del marco cultural y las expectativas de los usuarios.

Comprender que los conflictos a que da lugar la percepción de escasez del agua, disponible para uso humano, pudiera tener una salida, si se da por descontado que el problema planteado, en términos de ciencia o tecnología, soluble o no, es irrelevante, y que lo procedente es enfrentar los conflictos relativos a sus implicaciones en el espacio de la justicia, el derecho, la equidad y la cultura.

## MÉTODO

### El caso de estudio

La cuenca de La Antigua ha sido definida por la Conabio como región hidrológica prioritaria; está situada en la porción central del estado de Veracruz (19°13'12" - 18°51'00" N; 97°16'12" - 95°55'12" E); con una extensión total de 232 000 643 ha (Fig. 1).

Se considera como punto de partida la peña del Cofre de Perote o Naucampatépetl (4282 msnm). La corriente principal que drena la cuenca recibe varios nombres, según su localización geográfica de occidente a oriente, Santa María, Jalcomulco (Los Pescados) y La Antigua, cuenca que desemboca en el Golfo de México. El volumen medio anual de esta corriente se estima en 2 000 817 millones de metros cúbicos (Arriaga *et al.*, 1998). El clima general es templado (promedio

anual 12 °C a 26 °C) y tiene en conjunto un régimen subhúmedo, la precipitación promedio anual es de 1 800 mm. Existen al menos 25 especies de árboles y arbustos en toda la extensión de la cuenca, formando comunidades vegetales que van desde bosque templado-frío hasta selva baja. Los principales poblados son Coatepec, Xico, Teocelo, Tuzamapan, Jalcomulco y La Antigua, todos en distinto grado de desarrollo urbano. En lo que respecta al manejo de la tierra las actividades económicas más importantes son la agricultura (con la caña y el café como cultivos principales), la industria, la ganadería, la pesca y el turismo (Arriaga *et al.*, 1998; Gobierno del Estado de Veracruz, 2008).

Xalapa de Enríquez, la capital de Veracruz (1250 msnm), se localiza a menos de 50 km de la cima del Cofre de Perote; tiene 421 000 696 habitantes y utiliza 34 579 072 m<sup>3</sup> de agua al año, la mayoría de la cual se capta en la cuenca de La Antigua y luego se conduce y distribuye a la ciudad (CMAS-Xalapa, 2000; Gobierno del Estado de Veracruz, 2008).

En los distintos paisajes de la región la humedad atmosférica, las neblinas, la lluvia, el agua en el suelo, los mantos freáticos y el agua mineral, entre otras formas de presencia del agua, sostienen el clima y los procesos biológicos que enmarcan a esta zona considerada como un gradiente montañoso de ambientes templado húmedos, descendiendo a planicies tropicales secas, con frecuentes microambientes de galería alrededor de las zonas ribereñas. La rica vida silvestre y los recursos bióticos, así como el suelo fértil que se generan, son sostenidos por la humedad y característicos de la cuenca de La Antigua, asimismo son reconocidos culturalmente como elementos importantes de la identidad regional, ya sea como zonas de paseo en la montaña (por ejemplo, los corredores de los parques

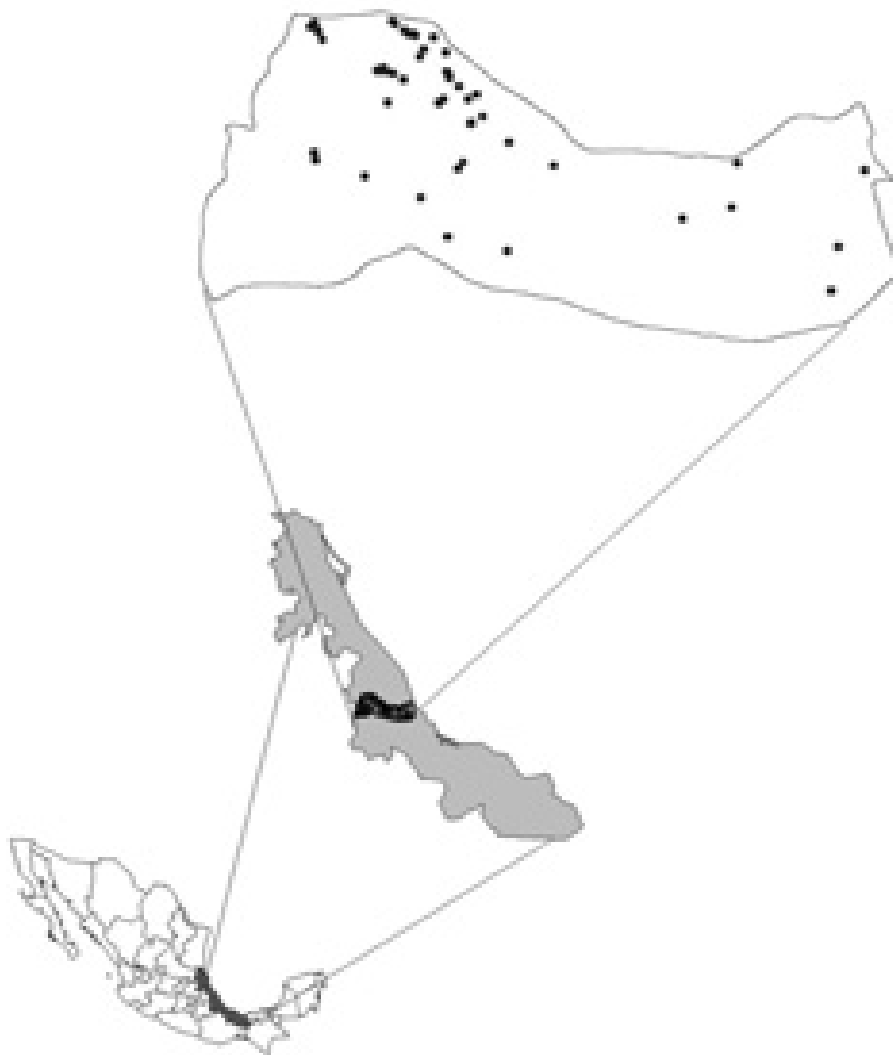


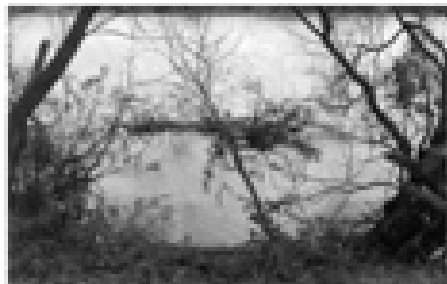
Figura 1. Proyección de la cuenca de La Antigua, su ubicación en el estado de Veracruz y localización de los sitios muestra.

nacionales Cofre de Perote-Pico de Orizaba; desarrollos ecoturísticos como Las Cañadas y Los Cocuyos); los productivos cafetales alrededor de Coatepec; o bien los cañaverales en las partes de planicie (Fig. 2), y las áreas de pesca y

recreación acuática, incluyendo desarrollos de turismo denominado 'extremo', que se presentan a todo lo largo del Río Santa María-Jalcomulco-La Antigua y sus corrientes tributarias (Ayuntamiento de Xalapa, 2005).



Limpieza



Pesca y captura



Navegación



Usos deportivos

Figura 2. Imágenes de los usos del agua en la cuenca de La Antigua, Veracruz.

### Secuencia de análisis

Para cada una de las categorías de ambiente esperadas en la cuenca de La Antigua, según la clasificación de tierras del INEGI (2010), se visitaron en campo al menos tres puntos al azar. Durante esas visitas se calificó al paisaje con estimaciones de opinión experta que interpreta la distancia relativa desde las condiciones actuales hasta las condiciones teóricas espontáneas esperadas en las descripciones del INEGI, que a su vez están tomadas de Rzedowski (2006), enfatizando los atributos significativos para el recurso hídrico. El muestreo de campo además incluyó cifras sobre 48 variables caracterizando el sitio (Anexo 1).

Los registros de campo permitieron construir una matriz de datos que relacionó los usos de la tierra y su compatibilidad con el agua, en un orden jerárquico en que se asignó la compatibilidad hídrica más alta a los sitios con la condición más natural y a las estructuras sucesionales tardías. A los escenarios de sucesión temprana, a las condiciones antropogénicamente transformadas y a los ambientes degradados, se les asignó el menor valor de compatibilidad.

La compatibilidad de los ambientes con el agua no fue analizada estadísticamente, porque el carácter único de los ambientes encontrados no puede tener una disposición geográfica al azar, ni

tampoco uniforme; cada tipo específico fue considerado un muestreo puntual. Los estadísticos que se presentan en este estudio fueron aquellos que no conllevan premisas que no se cumplan en el diseño del acopio de datos. Sobre todo el muestreo no pretende estimar tendencias, medidas representativas ni hacer inferencias, sino funcionar como una red que arrastra y captura la pluralidad de situaciones en la cuenca, y son estas situaciones las que dan lugar a argumentos para contrastar la validez de las explicaciones propuestas en este ensayo.

### El modelo de uso múltiple

Entender el tema del agua sería una tarea posible si se acepta una base de conocimiento teórico sobre la cual realizar ensayos cotejando las explicaciones alternas de los fenómenos que se perciben en el escenario del caso estudiado. Para los fines de este trabajo, este basamento teórico se denotará como el modelo de uso múltiple. Entender la gestión de la cuenca es posible si se le considera como un espacio natural dedicado a la producción concurrente de múltiples bienes, servicios y protección de la seguridad de las personas y sus intereses. En este sentido, la cuenca puede ser entendida y manejada con los elementos teóricos y la tecnología del manejo forestal de uso múltiple (Davis *et al.*, 2000).

El agua es por naturaleza un recurso múltiple que se utiliza parcialmente y que es proveedor de una variedad tan amplia de productos y servicios que algunos de ellos no siempre resultan distinguibles para la población; cada forma de uso del agua es un resultado posible del manejo de la tierra. Cada uno de ellos tiene un tipo particular de obtención, de tránsito, de forma de consumo, que origina a su vez otros productos, servicios y conse-

cuencias que pueden definirse por separado, generando un amplio catálogo de opciones (Román *et al.*, 2005).

En la tabla 1 se presenta un ejemplo del modelo de caracterización del uso del agua en la cuenca, que muestra sin necesidad de mucho detalle, que cada uso o consecuencia tiene atributos particulares que lo distinguen de los otros.

Consideremos aceptable que los procesos químicos espontáneos, los metabólicos y los industriales que descomponen o sintetizan agua dan lugar a un cambio neto despreciablemente pequeño. En la mente del público y en los balances hídricos se pasa por alto el posible papel de la síntesis y la descomposición química del agua, por eso, en la escala humana, el agua como sustancia es infinita e inagotable (De Villiers, 2003). Sus distintos usos simplemente la cambian de lugar y, en el camino, modifican su calidad y disponibilidad.

Si con fines de estudio se sitúa arbitrariamente el principio del ciclo del agua en la precipitación, consideremos también que las entradas de un sistema de abastecimiento regional son relativamente constantes; los límites geográficos y el patrón climático general permiten hacer estimaciones probabilísticas razonablemente confiables; sin embargo, visto en una escala más local, la disponibilidad particular de los volúmenes de agua es variable en tiempo y en espacio. Por eso no es tan importante saber cuánta agua caerá, sino saber de qué manera se desplazará en su forma líquida dentro de los límites de una región. Como la precipitación es un fluido, en un tiempo generalmente corto las tierras bajas acumulan significativamente mayor cantidad de agua que las altas; en cambio, lo que requiere creatividad y planeación a distintas escalas, es la predicción y el control de su trayectoria, lo

Tabla 1. Ejemplo de atributos del agua en algunas de sus alternativas de uso o consecuencias.

	Agua para beber $\S$	Drenaje	Riego	Erosión	Navegación	Generación eléctrica	Deportes
Temperatura ( $^{\circ}$ C)	7 – 15	4-100	10-25	Indistinta	4 – 35	4 – 99	4-30
Altura del tirante	Ninguna	Variable	Lámina del cultivo	>0.5 m	>10 m	>1 m	> 2 m
Volumen	2 L día <sup>-1</sup>	Descarga variable	Depende del cultivo	Desconocido	Indistinto	>1x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Desconocido
Velocidad	0	Indistinta	Indistinta	>1 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	0 – 10 Km h <sup>-1</sup>	>1m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	>1 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
pH	7	3 – 11	5 – 8	3 – 11	5 – 8	3 – 11	5 – 8
Contenido de sales	<0.5 g L <sup>-1</sup>	Variable	Variable	Indistinto	Indistinto	Indistinto	Indistinto
Pureza	Libre de patógenos	Ninguna	Libre de sólidos	Indistinta	Indistinta	Indistinta	Libre de sólidos
Disposición (Ocurrencia) Llave		Tuberías	Sistemas	Superficial o en cauces	Extensión navegable	Diferencial de altitud	Ríos jóvenes
Disponibilidad	Diaria	Continua	Anual	Estacional o por evento	Permanente	Continua	Estacional

FUENTE: Pulido (1998).



cual puede diseñarse aprovechando los atributos del perfil topográfico de la cuenca que es cotidianamente moldeado por el paso del agua.

## LA EVIDENCIA

### El caso de la cuenca de La Antigua

En La Antigua, actualmente no existe regulación local para el manejo del agua, sino que la normatividad está circunscrita al dictado de las leyes federales (DOF, 2004). Empero, han existido iniciativas locales, por ejemplo en el municipio de Coatepec, donde se ha debatido la necesidad de que las acciones en torno al agua y al ambiente se desarrollen en el marco de un consenso público (Ayuntamiento de Xalapa, 2005).

Como en otras cuencas del país, en La Antigua los usos del agua son diversos y sus consecuencias son diferentes en las zonas urbana y rural. Los cuerpos de agua se utilizan para transporte fluvial y el agua que derivan en la producción agrícola, pecuaria e industrial. También están los usos consuntivos, a nivel doméstico y comercial, en los que están incluidos el drenaje en las áreas urbanas, suburbanas y rurales, y las instalaciones que procesan y envasan agua para beber.

En la cuenca de La Antigua, el análisis sobre la calidad y disponibilidad variable a lo largo de la cuenca, muestra que el agua es, en general, un recurso abundante y disponible. A pesar de ello existen conflictos de abastecimiento por diferentes razones que tienen que ver más con la calidad del agua que con la disponibilidad de volúmenes suficientes.

Toda la cuenca ha pasado por un intenso proceso de conversión de usos de suelo, donde la cubierta vegetal

natural ha perdido casi por completo su valor, cediendo el paso a usos económicamente ventajosos, como los cultivos de café, caña y frutales, o a la producción de ganado.

Analizando lo que sucede con el agua de riego agrícola, encontramos que esta agua se contamina con agroquímicos y sales naturales en su paso por parcelas y arroyos, independientemente de los aforos (CMAS-Xalapa, 2000). Dado que es ínfima la cantidad de agua de riego que ingresa físicamente al interior de las plantas (Hoekstra y Chapagain, 2008), al volver a la red hidráulica natural las descargas agrícolas harían que el problema urbano fuese la abundancia y no la escasez, de no ser porque esta agua requiere tratamiento para reducir los contaminantes a niveles de inocuidad aceptables.

La zona aún no cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales, y no existe normatividad local sobre sedimentos permisibles, ni vigilancia eficaz sobre el cumplimiento de las normas sanitarias federales sobre la contaminación por uso pecuario.

El comportamiento de los habitantes y principales actores económicos en La Antigua, sugiere que el ambiente actual es aceptable. No se perciben niveles altos de conflicto, ni siquiera ante el riesgo de desastres, porque dicho riesgo no es advertido por la totalidad de la población. Es posible afirmar, como sucede en otras partes del país, que el agua se encuentra incluida dentro del contexto de escaso valor que la sociedad en su conjunto otorga a los ambientes naturales; incluso donde las áreas forestales manejadas de forma tradicional son una opción económica (López *et al.*, 2007).

El único rubro que comúnmente otorga al agua un mayor valor económico

es el consumo humano (doméstico o industrial y los servicios de descarga); quizá porque el esquema de administración permite la vigencia del régimen de propiedad. En Veracruz, como en los demás estados del país, en el marco de la Ley de Aguas Nacionales y de acuerdo con los artículos en materia de aguas de la Ley Federal de Derechos (DOF, 2004), el agua de la cuenca es un recurso de acceso libre hasta que es captada por la infraestructura hidráulica. Los usos consuntivos del agua captada en las obras de cabecera, así como los escurrimientos o los mantos freáticos abajo de la cabecera, se reparten entre los distritos de riego y las instancias públicas de abasto a núcleos de población y, en ambos casos, el agua termina siendo vendida como mercancía a los usuarios demandantes. Cabe anotar que por la disposición de las aguas residuales también se pagan cuotas establecidas por el concesionario según sus propios criterios de operación (CMAS-Xalapa, 2000).

Sin embargo, como hemos revisado, el agua no es solo agua potable ni beneficia a los individuos únicamente porque puede tomarse o sirve para limpiar, es conveniente entonces intentar suscribir sus valores e intercambios no evidentes de manera amplia y no a nivel particular (Meshack *et al.*, 2006). Al respecto, la tenencia de la tierra en México presenta opciones muy interesantes, que son la base para explorar otras opciones de valor del agua desde el punto de vista del manejo comunitario y señalar las diferencias según el uso, sea privado o mancomunado (Bray *et al.*, 2003).

Para mostrar algunas de sus relaciones funcionales y revelar otros valores e intercambios no explícitos del agua, se esquematizan en la figura 3 las estimaciones de oferta de agua de la cuenca de La Antigua, obtenidas con la ecuación del

Modelo General de Escurrimiento utilizado por la CNA y con los porcentajes estimados por IMTA para algunos de los destinos comunes del agua en la cuenca.

Como puede observarse, algunos datos volumétricos no están disponibles, pero el agua se utiliza de múltiples formas en toda la cuenca. Pocas prácticas relacionadas con el manejo del agua tienen costos y precios claramente definidos, asumiendo entonces como precio las cuotas públicas sobre consumo de agua de uso urbano, doméstico, comercial e industrial, y tasas fijas por manejo de aguas residuales. El diagrama también muestra al drenaje como el factor clave, porque hay que considerar que la precipitación, el escurrimiento y las aguas residuales vuelven a los cauces. Los usuarios no son conscientes de que el agua que reciben en casa no es el total del agua que sus actividades demandan y la cual consumen; el agua es también parte del capital natural y por ello acarrea consecuencias generalizadas que sólo pueden mostrarse a escalas amplias.

El usuario tampoco es consciente de que los usos consuntivos del agua son prácticamente los únicos que tienen tarifas de cobro, porque es para ellos para los que las entidades administrativas del agua calculan cuotas de distribución, disposición y desecho (drenaje), de acuerdo con sus propios presupuestos de operación (CMAS-Xalapa, 2000).

Se debe considerar que la sociedad recibe información ocasional sobre intercambios económicos, como subsidios o impuestos, lo cual limita su percepción sobre el valor real del sistema de gestión del agua, cuya factura de este modo se traslada y reparte a través de otros productos y servicios de consumo en los hogares. El hecho importante a destacar aquí es que así como los usos privados del agua tienen consecuencias públicas,

también los intercambios físicos y económicos entre particulares, relacionados con el manejo y la distribución del agua, deberían ser transparentes para la sociedad. Estas circunstancias son coincidentes con otros recursos de libre acceso que incluyen a los océanos y otras áreas naturales manejadas (García, 2009).

Existe entonces la inquietud de las instancias administrativas del agua, de crear esquemas en los que el consumidor sea consciente de que se necesitan cobros mayores, para garantizar el abasto de agua limpia y segura. En este sentido, las posibilidades de alternativas con valor agregado están del lado de la calidad, la oportunidad y el servicio. La

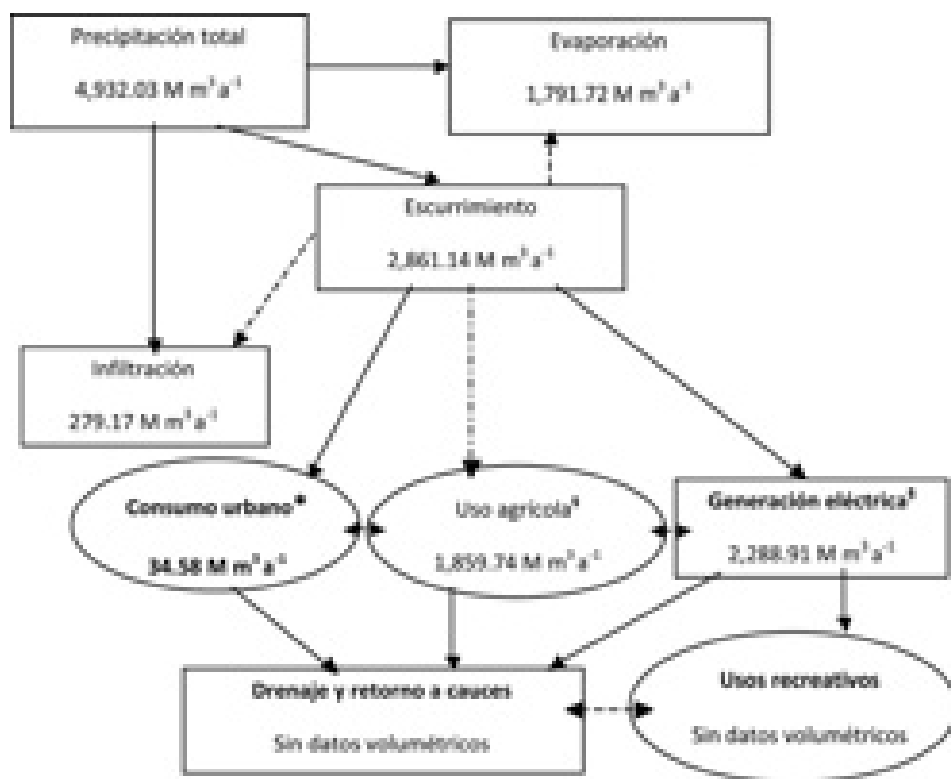


Figura 3. Componentes hidrológicos ( $\text{M m}^3 \text{a}^{-1}$ ) y posibilidades de uso del agua en la cuenca del río La Antigua, generados a partir de estadísticos publicados por IMTA (1999) y CMAS-Xalapa (2000). Los rectángulos representan flujos continuos y los óvalos, discontinuos. En el intercambio de flujos de agua las flechas sólidas implican certeza y las quebradas incertidumbre. Ciertos valores económicos están disponibles solo para los usos en negritas. \* Consumo urbano (2000) de la ciudad de Xalapa de Enríquez, Ver. § Volúmenes estimados a partir de los porcentajes de uso publicados por IMTA (Arreguín, 2003).

circunstancia que no debe ignorarse es que el agua que se recibe puede ser usada por muchas personas antes de tener "consumidor final" determinado, esto sin detrimento del beneficio hacia los consumidores y prácticamente sin impacto a terceros. Además, es esperado que haya opciones variadas para purificar el agua para los fines subsecuentes, luego de haberla empleado en otros fines.

En la cuenca La Antigua se identifican ejemplos claros de una convivencia en torno al agua y sus múltiples facetas. A pesar de la falta de cohesión entre los diferentes puntos de vista de los individuos respecto del ambiente natural, existe un consenso implícito frente a un mosaico de usos de suelo que resultan significativos para la identidad regional. Ya del Ángel *et al.* (2006) han señalado que en la zona existen valores que no pueden ser sustituidos, precisamente porque están ligados a la memoria cultural e histórica de algunos de los grupos de actores sociales involucrados en el manejo de los recursos naturales de la región y que, por lo mismo, para la evaluación de sus percepciones es necesario establecer comunicación en el marco de la identidad regional. Tal situación es comparable con otras cuencas nacionales y por eso adquiere importancia la revisión cercana de algunos ejemplos de usos del suelo que tienen impactos importantes sobre la calidad y la provisión del agua en la cuenca.

### **Usos, servicios y consecuencias del agua en la cuenca de La Antigua**

La desembocadura del río La Antigua, de donde la cuenca toma su nombre, es una localidad turística con valor histórico; los visitantes pueden tomar paseos en lancha, que también es el medio de transporte local entre las colonias de

ambos márgenes del río, y comer en los restaurantes de las orillas de la zona que cuentan con sus propias redes de captura de crustáceos, para el abastecimiento de sus negocios. Dada esta situación se favorece el microclima ribereño, con vegetación en la orilla que mantiene el agua oxigenada, la temperatura más estable, además de proveer sombra y refugio para langostinos y otros crustáceos. Existe también una zona de embarcaderos, donde no existe vegetación ribereña y los impactos mecánicos sobre el terreno del cauce son evidentes. Aunque resulta imperceptible, por el movimiento del río y la mezcla de agua dulce y salina, el drenaje de la ciudad se vierte al agua y no hay instalaciones de remediación o avisos sanitarios. Los terrenos a la margen del río son inundables, en consecuencia, las calles más cercanas son empedradas. Algo que llama la atención es que existe una franja de tierra al lado de la margen baja del río, que se deja libre de construcción y se utiliza como sendero o camino para el tránsito de personas, esta franja es la única zona de amortiguamiento que tiene el cauce y sus dimensiones no son uniformes respecto a las cotas del perfil de aguas máximas.

Todas las anteriores son opciones no evidentes de manejo del agua; los propietarios que toman partido por conservar una imagen de sus casas, congruente con su entorno, proporcionan también, sin intención, hábitat y alimento para aves y descanso y recreación para las personas.

En cambio, las propiedades que remueven la vegetación y la limitan a grandes árboles que proporcionan sombra y flores de ornato confinadas en macetas, muestran charcos, erosión y aportes sedimentarios a las calles durante los aguaceros torrenciales.

La región media de la cuenca, donde el cauce principal fluye por cañadas y sus tributarios son corrientes que van de efímeras a estacionales, presenta una rica configuración ambiental definida por el tipo de uso de suelo preferido como opción económica por los propietarios. Así, encontramos cultivo y beneficio de café a sol y sombra; cultivo y procesamiento de caña de azúcar; árboles frutales y plantíos de hortalizas, huertos, cercos vivos, cría y mantenimiento de ganado menor (cabras, ovejas y aves de corral) y mayor (vacas, toros y caballos). Hay agua en cada una de estos manejos, en muy diferentes formas, no solo como corrientes, canales de intercultivo, desagües, tanques de almacenamiento y fábricas embotelladoras de agua y refrescos; hay además neblina, llovizna, brisa y rocío; microclimas específicos de los ambientes de galería y pendiente que constituyen la forma de vegetación original más conspicua de la región: el bosque mesófilo de montaña. La flora y la fauna asociada a cada comunidad vegetal, proporcionan opciones de cultivo para especies ornamentales no tradicionales, como las orquídeas, los helechos y las cícadas. También es evidente la costumbre tradicional de domesticación de aves canoras y pequeños mamíferos.

Se presentan de manera alternativa algunas opciones turísticas con un enfoque campirano, lo que privilegia lo rústico sobre lo artificial y que convierten al paisaje en un valor agregado, como sucede en poblaciones como Xico, Teocelo, Coatepec, San Marcos y la Hacienda Zimpizahua. Asimismo existen en la periferia las ciudades más grandes, como Xalapa, Coatepec y Huatusco, y zonas habitacionales con mayores ingresos que conservan por decisión de los propietarios la apariencia rural de la región (Fig. 4), pero que llevan a cabo obras de construcción, mantenimiento y arquitectura de jardines, introduciendo

mejoras sustanciales a la condición de los cauces y los caminos.

Sin embargo, existen grandes diferencias entre las formas de manejo del agua por los pobladores en las distintas localidades de la región, cuyos impactos son inadvertidos. Veremos que el cultivo de café a sol en laderas resulta opuesto al cultivo del café orgánico, que promueve la integración de elementos arbóreos para sombra, así como monte bajo y vegetación rasante con fines de fertilización natural. Los puntos intermedios son los cafetales a sombra, que se manejan en una forma netamente agrícola, con fertilización química y remoción de los elementos vegetales ajenos al cultivo. Los sedimentos aportados por el café a sol, hacia los cauces y zonas bajas, son permanentes y aún no cuantificados, aunque se ha observado que disponen de una mejor infraestructura de caminos. Por otra parte, los cafetales bajo sombra manejan mejor el suelo, pero requieren una intervención adicional de técnicas de ingeniería civil para el mantenimiento de los accesos internos y hacia la red de caminos de las localidades, acciones que, o bien no se consideran necesarias o no se cumplen, sobre todo por inercia social local dado que forman parte de una sección menos visible del desarrollo, donde no existe una necesidad inminente de cambiar el entorno rural.

Un caso similar resulta en algunos sitios que poseen un alto valor sociocultural, como las ermitas o los panteones, que están situados en zonas propias del drenaje natural de la cuenca, intercalados topográficamente con los centros de población y que por su carácter promueven el tránsito continuo de visitantes pero también de desechos, con los conocidos efectos de compactación y aportes sedimentarios en las laderas y los caminos. Otras actividades cotidianas de los asentamientos humanos que interac-



Paisaje forestal de transición



Cafetales en bosque mesófilo



Parcelas en descanso en selva baja



Captura de crustáceos en área ribereñas

Figura 4. Algunos ejemplos de usos del suelo en condiciones de paisaje forestal que presentan compatibilidad alta con el manejo del agua y que muestran manejo responsable con fines de uso múltiple.

túan con los cauces incluyen baños y lavado de ropa en los ríos; sin contar con que los drenajes se vierten en ellos, esto de forma continua y por cierto sin ser notados por el público, porque el tránsito de las aguas se encarga de las primeras etapas de la filtración de los efluentes.

El uso pecuario presenta los mayores riesgos y es un verdadero conflicto en el manejo del agua de toda la cuenca. No existen restricciones sanitarias para el acceso del ganado a los cauces; el libre abrevadero aporta una contaminación biológica en las riberas y

cauces de las zonas altas e intermedias de la cuenca. Así, aunque existen algunos ejemplos de ganado estabulado no puede contarse con un control adecuado de sus residuos biológicos.

La actividad ganadera realizada en pastizales naturales de alta montaña es particularmente negativa; la fragilidad y el grado de daño del suelo de las praderas de montaña y el estado de los caminos asociados al tránsito de animales dan lugar a los ejemplos más graves de deterioro vistos en la cuenca (Fig. 5).



Caminos rurales



Apacentamiento



Usos fragmentados de la tierra



Usos pecuarios

Figura 5. Algunos ejemplos comunes de usos del suelo en la cuenca de La Antigua que representan compatibilidad baja con los usos posibles del agua, y al mismo tiempo muestran formas típicas de manejo con fines de uso múltiple.

A la contaminación biológica se agrega la contaminación química de la agricultura más tecnificada, que requiere cuidados regulares a extensos monocultivos de caña de azúcar, además de los residuos producto de la refinación del jarabe obtenido para su comercialización. Esta opción económica es muy atractiva por sus ganancias, pero también agrega tensión al estado de los caminos y terrenos en ciertas épocas del año. Los usos y costumbres de la región están tan arraigados, que aún hoy son parte del paisaje y no parece existir una justifica-

ción social para negociar un aporte especial de cuotas de mantenimiento a las carreteras federales, a los caminos vecinales y a las brechas y drenajes intercultivos; el contenido bioquímico y la frecuencia de las descargas de los ingenios a los cauces es desconocido en la región, a nivel del habitante común.

De manera independiente al uso, apropiación, mantenimiento y conservación del recurso hídrico total, al moverse por la cuenca el agua natural sigue siendo parte del entorno y el paisaje, con

numerosos aportes al mantenimiento de la vida silvestre y los procesos ecológicos que sostienen a las ricas cubiertas naturales de la región.

El agua entubada, por otro lado, aporta valor a través de la vida y actividades de la población y los productos de la economía regional. Aún en los aspectos negativos, como la disposición de aguas de desecho y los riesgos de seguridad relacionados con la posibilidad de eventos catastróficos, como inundaciones o deslaves, la cuenca de La Antigua mantiene condiciones habitables y soporta sistemas sociales y económicos en pleno funcionamiento sin haber un régimen que maneje el agua dentro de márgenes mínimos (como se esperaría si se tratara de un producto simple); y en ausencia de una administración basada en racionalidad gerencial estricta o un mercado definido, para cualquiera de sus opciones de uso. En general, las actividades sociales y económicas funcionan de manera continua, aunque llegan a existir conflictos creados por luchas entre grupos de usuarios cuando estos desean algún tipo de agua en el mismo perfil temporal.

## DISCUSIÓN

Ejercer presión mediática y discrecionalidad al aplicar un precio a pagar por el agua potable entubada, hace aparecer la venta no como un servicio, sino como la garantía del cuidado de una sustancia vital y eso estimula los niveles de tensión individual y social. En apariencia se persigue un efecto de “toma de conciencia” con respecto al agua, pero lo que abunda es un comportamiento contradictorio que puede llevar a usar agua potable de alta calidad para lavar la ropa. La incongruencia de los actos humanos cotidianos niega las posiciones ideológicas que se suponen generales: Si

el agua entubada fuera costosa (valor monetario) o realmente importara su calidad (valor social), no se dispondría tan liberalmente de ella en usos como la limpieza y el transporte de desechos. El agua que realmente es costosa tiene marca, viene embotellada con cerradura hermética y sus propiedades físicas, químicas y biológicas tienen garantía sanitaria. Esta agua también sirve para lavar un auto, pero no la usamos para ese fin porque resultaría demasiado costoso. En términos de racionalidad económica hablamos de la misma razón por la cual es tan escaso el empleo del oro para cables eléctricos o en utensilios de cocina, a pesar de ser un material tecnológicamente idóneo para esas dos aplicaciones.

El concepto importante a resaltar aquí es que el agua entubada (valor administrativo), la que nuestro manejo doméstico, estilo de vida y tecnología actuales convierten en indispensable, no es el agua que en realidad necesitamos (valor intrínseco). Las verdaderas funciones ecológicas y ambientales del agua no son cumplidas, ni en la cuenca de La Antigua ni en otras, por este líquido que cursa el territorio en tuberías (Robert, 2002).

Hacer juicios morales en torno a los asuntos de manejo del agua es algo tan común que se ha vuelto imperceptible en los análisis serios del tema, donde incluso se emiten como declaraciones de responsabilidad social (Ávila, 2002). Desperdiciar agua entubada se ha elevado a la categoría de pecado ecológico, cuya expiación consiste en el reciclado del agua y en la renuncia a los usos etiquetados como suntuarios. Así, al etiquetar lo que se ha percibido como dispendio y ostentación, se priva a otros del disfrute en el uso del agua, se deja de crear riqueza en el sistema económico y se aleja la atención del público y las autori-



dades de los verdaderos asuntos importantes que son el desecho del agua y la responsabilidad social compartida de su tránsito por las cuencas, donde el principal e ineficiente consumidor es la agricultura de riego (Fig. 4).

La importancia del aspecto social en los conflictos sobre agua hace necesario el estudio de dos orientaciones que divergen: la racionalidad propia de la tecnología tradicional con fines utilitarios y la interpretación inevitable del tema hidráulico como un asunto de justicia, equidad, ética y buena educación.

Se ha formado en la mente del habitante la creencia de que la vida social mejoraría si cambiara el manejo del agua en sus marcos culturales, jurídicos o tecnológicos. Esta persistencia de nociones culturales da lugar a imaginar escasez y deterioro ambiental, con su consecuente alud de reclamos dirigidos de manera errónea hacia la gestión de la hidrología de la cuenca y las políticas públicas sobre el agua.

Postulemos entonces que el interés y la percepción individual de los diversos grupos y actores sociales en La Antigua es lo que ocasiona que existan conflictos por agua en una región donde este recurso es abundante, continuo y disponible. Por eso, dado que el agua es un conjunto múltiple de productos y servicios, las claves para manejarla están en su naturaleza múltiple y dinámica, lo que debe conducirnos al análisis de los recursos hídricos en escalas amplias, en busca de opciones de acopio, cursos de acción y temporalidad en su tránsito territorial.

El análisis ejemplificado con la cuenca de La Antigua es extensible a las unidades de paisaje de todo el país, considerando las particularidades regionales de cada cuenca. La inclusión de las

condiciones biofísicas y sociales propias de otras localidades puede ayudar a mostrar las claves de conflictos potenciales y reales en otras regiones de México.

Los impactos más graves del agua tienen su origen en su naturaleza transitoria. El agua es acopiada, almacenada, vertida, utilizada y revertida a cauces y tuberías, sobre todo en amplias fracciones de territorio ajenos al acceso y a la cotidianidad del usuario. Su estado cambia desde donde empieza su tránsito, en la alta montaña, hasta su desecho al mar. El agua escurre y se ensucia, estos hechos limitan su utilidad, el concepto clave es la limpieza. El bien clave es la calidad. Otras circunstancias claves son servicio y oportunidad.

Por lo anterior, los retos actuales en el manejo del agua están del lado de las ciencias humanas, de los consensos sociales, de las habilidades objetivas de comunicación, negociación y conciliación. Ya que el sesgo científico que había predominado en el análisis de la compleja problemática hidrológica ha sido rebasado, es de esperarse que los esfuerzos se canalicen ahora a la apropiación social de los conceptos claves de la naturaleza del agua, que se desarrollen estrategias verbales adecuadas, que se involucren la literatura y las formas de expresión plástica, no con fines de manipulación emotiva, sino de aprendizaje y negociación reales, entre grupos y actores sociales.

Los eventos de escasez son evidentes y manifiestos en la incomodidad que muestran las personas que tienen que recurrir a medidas extremas como acarrear agua en cubetas, pagar o recibir, de instancias públicas, camiones cisterna que les lleven agua a su colonia. Estos eventos dramáticos contrastan con el enorme dispendio que los sistemas de

riego agrícola cotidianamente usan (Hoekstra y Chapagain, 2008) y para los cuales existen remedios tecnológicos con cuya aplicación, generaría una mejora que aunque mínima en la eficiencia, multiplicaría la disponibilidad de agua potable para los hogares. Esta escasez es real, se ve en el esfuerzo por conseguir el líquido y en el deterioro de la calidad de vida de quienes viven con poca agua, no porque utilicen innovaciones tecnológicas en sistemas ahorradores, sino por subsistir sin los servicios para los que el agua es esencial. Entonces, el problema no es el de una sustancia líquida que por cierto es gratuita al caer del cielo, el problema hidrológico es la injusticia en el reparto de la riqueza, fenómeno social que se da incluso en este ejemplo tomado de la cuenca de La Antigua, donde los menos favorecidos de la sociedad también están recibiendo un menor capital cultural y de conocimiento, lo que de mejorar y adecuarse a las diversas condiciones particulares permitiría deslindarse del Estado y las instituciones que manejan el agua pública y tomar directamente toda el agua necesaria de las fuentes naturales de acceso libre y a costo mínimo, o bien modificar sus costumbres para aplicar de manera escalonada el reemplazo del agua desde usos no críticos, para usarla prioritariamente en hidratación y alimentación.

No podemos pedir de los habitantes más desafortunados en La Antigua que tengan el conocimiento y los recursos tecnológicos para el manejo del agua, como los que se tienen en Israel o en una estación espacial. Tampoco podemos esperar que los habitantes de La Antigua cambien su cultura e identidad para copiar las prácticas de ahorro extremo de agua de los nómadas de la península arábiga o el continente africano. En cambio, podemos, razonablemente, plantear la urgencia de algunos cambios en

los lineamientos del desarrollo económico y cultural del pueblo mexicano y podemos también sugerir procesos comparativos que modifiquen las leyes y su aplicación en México, sobre todo en lo relativo a un mejor perfil de justicia social. Esos ajustes no modificarán la hidrología de la cuenca de La Antigua, pero sí permitirán a quienes padecen, ver que sus quejas son atendidas.

## CONCLUSIONES

El agua está utilizándose libre y continuamente sin apego a mínimas nociones de racionalidad respecto a la realidad objetiva de sus inventarios y disponibilidad como sustancia esencial.

Aunque existen cantidades ilimitadas de agua, disponibles y a costo razonable, la escasez es real ante situaciones concretas en un amplio número de productos y servicios hídricos, debido sobre todo al marco cultural y a las expectativas de los usuarios.

Los conflictos a los que da lugar la noción de escasez podrían tener una solución, pero es improbable que ésta sea tecnológica o científica, es más probable que estos asuntos de percepción ocurran indefinidamente, aunque sería posible insertarlos en un esquema administrativo aceptable con algunos esfuerzos bien dirigidos a resolver, entre los actores sociales involucrados, sus asuntos de justicia, equidad y cultura.

## REFERENCIAS

- Aguilar Z., A. 2001. El agua, asunto de seguridad nacional. Entrevista a Adolfo Aguilar Zinser. Nota de Juan A. Zúñiga M. La Jornada. Domingo 22 de julio de 2001, p. 10.

- Aldana, A. 2001. Entrevista al Dr. Álvaro Aldana, director general del IMTA en el Foro El agua: drama de hoy, pesadilla de mañana. Nota de María Rivera. La Jornada. Domingo 10 de junio de 2001, p. 14.
- Arreguín C., F.I. 2003. Situación tecnológica de México ante el reto del tratamiento de aguas residuales. *In*: J. Alvarado L. ed. Memorias del curso internacional sobre Manejo Integrado de Ecosistemas. CP-INSTRUCT-CIDA. Montecillos, México, p: 87-112.
- Arriaga C., L., V. Aguilar S., J. Alcocer D., R. Jiménez R., E. Muñoz L. y E. Vázquez D. coords. 1998. Regiones hidrológicas prioritarias: fichas técnicas y mapa (Escala 1:4 000 000). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México, D.F., p: 91-101.
- Ávila G., P. 2003. De la hidropolítica a la gestión sustentable del agua. *In*: G.P. Ávila. Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional. El Colegio de Michoacán-SUMA-Semarnat-IMTA, p: 41-53.
- Ávila G.P. (ed.). 2002. Agua, cultura y sociedad en México. El Colegio de Michoacán. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Zamora, Mich., 456 p.
- Ayuntamiento de Xalapa. 2005. Apartado sobre recursos naturales locales. Iniciativas. <http://www.xalapa.gob.mx>
- Barkin, D. (coord.). 2006. La gestión del agua urbana en México: Retos, debates y bienestar. UDG/CUCSH. Guadalajara, Jal., 336 p.
- Bray, D.B., L. Merino-Pérez, P. Negreros-Castillo, G. Segura-Warnholtz, J.M. Torres-Rojo y H.F.M. Vester. 2003. Mexico's Community-Managed Forests as a Global Model for Sustainable Landscapes. *Conservation Biology* 17(3):672-677.
- CMAS-Xalapa. 2000. Archivos de aforos y presupuestos para el uso y mantenimiento de la red de distribución de agua para la ciudad. Comisión Municipal de Agua y Saneamiento. Xalapa, Veracruz.
- Conagua. 2004. Cuarto Foro Mundial del Agua, México, marzo de 2006, Documento conceptual. Comisión Nacional del Agua, World Water Council. México, 13 p. [Http://www.aneas.com.mx/contenido/Concepto.pdf](http://www.aneas.com.mx/contenido/Concepto.pdf). Consultado el 26 de abril de 2010.
- Davis, L.S., K.N. Johnson, P. Bettinger y T. Howard. 2000. Forest management: to sustain ecological, economic, and social values. McGraw-Hill, Nueva York. 804 p.
- Del Ángel P., A.L., M.A. Mendoza B. y A. Rebolledo M. 2006. Población y ambiente en Coatepec: Valor social de la cubierta vegetal. *Espiral XII* (36):163-193.
- De Villiers, M. 2003. Water: The fate of our most precious resource. Updated. McClelland & Stewart. Toronto, ON. 453 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2004. Ley de Aguas Nacionales. H. Congreso de la Unión. Tomo DCVII; núm. 22. Jueves, 29 de abril de 2004. México, DF, p: 27-95.
- García M.E. 2009. Gestión de Recursos Mancomunados. *In*: Memorias del VI Simposio Internacional de Pastizales. Monterrey, N.L. 4-7 de noviembre de 2009.

- Gobierno del Estado de Veracruz. 2008. Anexo Estadístico del 4o. Informe de Gobierno. [http://portal.veracruz.gob.mx/4\\_INFORME\\_GOBIERNO\\_ANEXO\\_ESTADISTICO.PDF](http://portal.veracruz.gob.mx/4_INFORME_GOBIERNO_ANEXO_ESTADISTICO.PDF).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010. Tipos de vegetación presentes en México y superficie que ocupan, 2002. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/soc/sis/sisep/t/glosario/default.aspx?t=mamb122&e=00&i=>. Visitado el 25 de abril de 2010.
- Hoekstra, A.Y. y A.K. Chapagain, 2008. Global average water footprints of primary crops (m<sup>3</sup>/ton) over the period 1997-2001. <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Productwaterfootprint-statistics>. Consultado el 26 de abril de 2010.
- Johns, C. 2010. El Número del Agua. National Geographic en Español, 26(4):ii.
- López-Vergara, O. 2010. Foro, El Número del Agua. National Geographic en Español, 26(4):iii.
- López P., C., M.J. González G., J.R. Valdez L. y H.M. de los Santos P. 2007. Demanda, disponibilidad de pago y costo de oportunidad hídrica en la Cuenca Tapalpa, Jalisco. *Madera y Bosques* 13(1):3-23.
- Meshack, C.K., B. Ahdikari, N. Doggart y J.C. Lovett. 2006. Transaction costs of community-based forest management: empirical evidence from Tanzania. *African Journal of Ecology* 44(4):468-477.
- Pulido A., R. 1998. Algunas propiedades físico-químicas del agua. UACH. Chapingo, México. 45 p.
- Robert, J. 2002. Las aguas arquetípicas y la globalización del desvalor. In: P. Ávila G. Ed.. Agua, cultura y sociedad en México. El Colegio de Michoacán-IMTA, p: 33-47.
- Román-Jiménez, A.R., M. Mendoza, M. Martínez, A. Velázquez, J.M. Torres y H. Ramírez. 2005. Water Management in "La Antigua" (Veracruz): A multiproduct model approach in Mexican Forestry. In: J. Parrota, H.F. Maître, D. Auclair y M.H. Lafond Eds. Extended Abstracts of IUFRO Division 1 World Conference. USDA/FS-CIRAD-INRA. Montpellier, France. IUFRO World Series 15:125-127.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1a. ed. digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 p.
- Vergnes, J. 2002. Crisis del agua y acciones internacionales. In: P. Ávila G. ed. Agua, cultura y sociedad en México. El Colegio de Michoacán-IMTA. Zamora, Mich., p: 407-432.

Manuscrito recibido el 29 de abril de 2010.

Aceptado el 27 de marzo de 2011.

Este documento se debe citar como: Román-Jiménez, A.R., M.A. Mendoza-Briseño, A. Velázquez-Martínez, M.R. Martínez-Ménez, J.M. Torres-Rojo y H. Ramírez-Maldonado. Usos y riesgos del agua en la cuenca La Antigua, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 17(3):29-48.

Anexo 1. Lista de variables de campo.

<i>Control</i>	<i>Hidrológicas</i>	<i>Edáficas y fitográficas</i>	<i>Usos de suelo</i>
Fecha	Tipo de cauce	Tipo de suelo	Uso de suelo
Punto en mapas	Temporalidad del cauce	Horizontes	Manejo de la vegetación
Punto en SGP	Anchura de cauce	Pedregosidad	Manejo del cauce
Error	Línea verde (cm)	Compactación	Manejo del agua
UTM X	Velocidad del agua	Erosión	Fauna
UTM Y	Oxigenación	Estado de salud del suelo	
Corriente	Cobertura (%)	Tipo de comunidad vegetal	Tipo de camino
Localidad	Árboles muertos en pie	Estado de salud de la comunidad vegetal	Mantenimiento y obras
Altitud	Macro-residuos leñosos	Indicadores de disturbio	Drenaje del camino
Pendiente	Remansos	Sotobosque	Temporalidad del camino
Exposición	Erosión del cauce	Arbustivas	Pendiente del camino
Conglomerado	Estabilidad del cauce	Arbóreas	Uso de suelo adyacente
Componente	Estado de salud del cauce	Altura	Grado de urbanización
Tipo de cobertura		Diámetro	Obras de drenaje
		Radio de copa	Condición del camino
		Área basal (m <sup>2</sup> )	
		Regeneración	