



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES**

MAYORDOMÍA DEL AGUA: PROPUESTA A PARTIR DEL ANÁLISIS DE SUS USOS Y RIESGOS EN LA CUENCA "LA ANTIGUA", VERACRUZ

ANA RITA ROMÁN JIMÉNEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2013

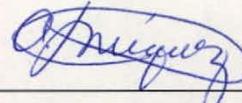
Esta Tesis fue realizada por **Ana Rita Román Jiménez** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para la obtención del grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

POSTGRADO FORESTAL

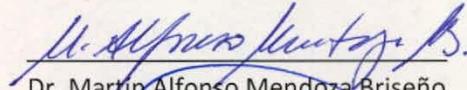
CONSEJO PARTICULAR:

PROFESOR CONSEJERO:



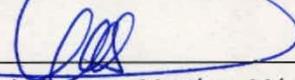
Dr. Alejandro Velázquez Martínez

PROFESOR ASESOR Y DIRECTOR DE TESIS:



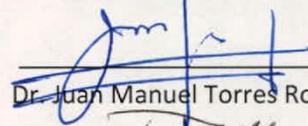
Dr. Martín Alfonso Mendoza Briseño

PROFESOR ASESOR:



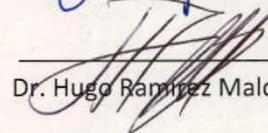
Dr. Mario Roberto Martínez Ménez

PROFESOR ASESOR:



Dr. Juan Manuel Torres Rojo

PROFESOR ASESOR:



Dr. Hugo Ramírez Maldonado

Colegio de Postgraduados

Campus Montecillo

Febrero 2013

RESUMEN

El manejo actual del agua en México contradice la postura oficial respectiva. Para mostrar algunos ejemplos, se analizaron los distintos usos del agua y el suelo en la cuenca La Antigua (2,326.43 Km²) en Veracruz, describiéndola como un estudio de caso. La precipitación anual estimada es abundante, su uso es continuo en las tierras de la región, y aún se considera que existen problemas de abastecimiento de agua. Los objetivos de este análisis fueron: Identificar la consistencia entre las formas actuales de uso del agua y algunas nociones básicas de lógica económica; examinar si existe escasez de agua con base en las expectativas de los usuarios; y mostrar que las inquietudes sobre los temas del agua se pueden enfrentar mejor al introducir el concepto de corresponsabilidad en su manejo usualmente tecnológico. Se analizaron los inventarios hidrológicos de la cuenca y se identificaron en ella unidades de paisaje, para relacionar su condición ecológica con la presencia y los usos del agua. Se creó un modelo descriptivo de las formas de uso del agua; y se asignó al uso y la condición de las tierras una escala de compatibilidad con presencia y calidad de agua, considerando cada opción de uso como un servicio distinto. El análisis mostró inconsistencias en el acuerdo general, compartido por administradores y habitantes, de que el agua es valiosa y escasa. Los actos y el comportamiento públicos con respecto al uso del agua y el territorio, corresponden a recursos abundantes, de bajo costo y sin externalidades significativas. El caso descrito muestra ejemplos administrativamente funcionales porque responden a sólo un fragmento del total del agua existente: El agua corriente que se mueve por la cuenca en redes artificiales a través de sistemas sociales, y es así modificada por procesos culturales. Este escenario de manejo es útil para señalar que las políticas y las soluciones tecnológicas vigentes son incompletas, pues pretender aliviar la escasez del agua como un concepto generalizado, mientras que el análisis en la cuenca muestra que sólo unos pocos productos del agua podrían resultar escasos, y que aquellos que no lo son, requieren manejo para volver a los cauces sin representar riesgos. Ya que el agua tiene muchas distintas presentaciones, funciones y potenciales de valoración, resulta improbable considerarla en su totalidad escasa. Sería más productivo emprender una nueva forma de apreciación de los asuntos del agua, además de la administración hidráulica, que contextualice socialmente los problemas, los usuarios y sus circunstancias locales compartidas. La corresponsabilidad de los actores sociales no cambiará la hidrología de las cuencas, pero sí podría mejorar la comprensión de los hechos del agua, y apoyar en la solución de las principales inquietudes públicas. El principio de corresponsabilidad contribuiría a la comprensión de la naturaleza del agua como un activo natural del cual no somos propietarios, sino depositarios y usuarios comunes. En esta lógica del manejo de los recursos globales de acceso común, las características, formas de uso, conservación, apropiación y mantenimiento del agua pueden definirse mejor a partir de los usuarios, sus percepciones y sus expectativas.

Palabras Clave: manejo del agua, uso múltiple, manejo de cuencas, unidades de paisaje, perturbaciones ecológicas, gestión de conflictos.

ABSTRACT

LAND-WATER STEWARDSHIP THROUGH WATER USES-AND-RISKS ANALYSIS IN LA ANTIGUA WATERSHED, VERACRUZ, MEXICO

Some water management facts in Mexico contradict government statements on the matter. In order to show some examples, land and water uses were analyzed in La Antigua river basin (2,326.43 Km², central Veracruz), describing it as a case-study. Although annual precipitation over the watershed is abundant and water is used permanently in the whole basin's territory, it is still perceived that there are problems in water supply. The objectives of this analysis were: 1) to identify consistency in the forms of water use regarding some basic economic principles; 2) to examine if water is a scarce resource based on people expectations; and 3) to show that most concerns about water issues might be better solved by introducing co-responsibility as a managerial concept complementary to standard methodologies in watershed management. La Antigua's hydrological budgets were analyzed, and landscape units were identified to relate them to water and its uses. A model to describe different forms in water use was created, assigning a compatibility scale to land use and condition, which relate them to water occurrence and quality. Every option in water use was then considered as a different service. This analysis showed some inconsistencies in the public agreement shared by the government about water as a valuable and scarce resource. Public acts and behaviour, regarding land and water uses and management, were much more consistent with plentiful resources, low costs, and no significant externalities. La Antigua case-study shows some functional management examples that respond to just one fraction of raw water: fresh water moving along the watershed through social systems via an artificial network, and thus, affected by cultural processes. This managerial scenario is useful to explain that water policies and technological solutions are incomplete, since they are oriented to alleviate water scarcity as a general concept, whereas this analysis shows that only some services of water might be scarce. And, for the others non limiting uses, water needs proper management before returning to courses in order to avoid risks. Water presents so many different options, functions and valuations, that it turns unlikely to be scarce considering it as a whole. It would be better to promote, along with standard hydrologic solutions, a fresh perspective on water issues. One re-oriented to address to water problems placing them into social context, identifying local users and their shared circumstances. Watersheds hydrology is not going to be changed just by stakeholders' co-responsibility, but it might support a more comprehensive understanding of water facts and also, it might help to offer solutions to public major concerns. Co-responsibility should contribute to acknowledge that water is a socially shared natural asset, not as a property but as a valuable common good. Water forms, availability, uses, conservation, disposition and maintenance might be better defined in the revised context of Commons paradigm, that is, as related to users, their perceptions and expectations.

Key Words: water management, multiple land-use, watershed management, landscapes, ecological disturbances, conflict management.

DEDICATORIA

A Dios: compuesto, como el agua, de tres partes intrínsecamente unidas.

A la memoria de mi madre, la *Profra. Ninfa Jiménez López de Román*, a quien amé entrañablemente y a quien Dios me dio la Gracia de disfrutar 40 años; a mi padre, el *Profr. Manuel Román Castillo*, a quien aún tengo la dicha de mirar; y a mi hijo: *Manuel Enrique Román Jiménez*, fuentes de todo bien e inspiración que actualmente poseo: Sin ellos, este trabajo no habría sido posible.

A mis queridos hermanos *Laura Elena* y *Martín Manuel*; y con ellos, a mis deliciosos sobrinos: *Laura Isabel*, *Ismael*, *Claudia* y *Emiliano*; es un hecho que todos ellos se sienten —y saben— muy bien.

A mis amigas más cercanas, aquéllas que han estado a nuestro lado como extensión de mí: *Laura Elena*, *Mónica*, *Cristina*, *Nora*, *Ofelia*, *Pilar*, *Susana*, *Blanca*, *Genoveva*, *Rebeca*, *Rosita*, *Verónica* y *Leticia*: Las quiero mucho señoras.

Y a la familia extendida: *La original*, los **Jiménez-López**, en la sierra de la mixteca oaxaqueña, uno de mis primeros recuerdos de la belleza del agua y la tierra; y *la destinada*, la de Cristo: las personas que en México, Veracruz y Durango han formado como yo, parte de **Casa**, de **Oración**, de **Amistad** y de **Vida**, una red de afectos y apoyo imprescindibles que, como si acuosa también fuera, al acopiarse, se diluye, circula y permanece.

AGRADECIMIENTOS

A la **Población Económicamente Activa** mexicana; al **CONACyT**; al **Colegio de Postgraduados**; al **Postgrado Forestal**; y a la **SEP**, por la aceptación y el apoyo necesarios para iniciar, llevar a cabo y concluir, este proyecto de educación, de investigación y de vida.

A los integrantes de mi **Consejo Particular**: Dr. Mario Roberto **Martínez Ménez**; Dr. Martín Alfonso **Mendoza** Briseño; Dr. Hugo **Ramírez** Maldonado; Dr. Juan Manuel **Torres** Rojo y Dr. Alejandro **Velázquez** Martínez, por su confianza en primer lugar; y después, a lo largo de todo este proceso, por su paciencia y apoyo ininterrumpido, manifestado en respaldo, comunicación, asesorías, estímulo y afecto.

Al **Dr. J. Jesús Vargas Hernández**, mi director de Maestría y, como Coordinador Académico del entonces Programa Forestal, mi jefe a la fecha de inicio de este gran esfuerzo, por su confianza, su amistad y sus siempre atinadas palabras de guía.

A **Francisco Moreno Sánchez** (CENID-COMEF) y **Gabriel Díaz Padilla** (LADIGS-CIRGOC), Investigadores Titulares del **INIFAP**, por su apoyo con los datos del Inventario Nacional Forestal 1990-2000 y el proceso de sus coberturas digitales.

A **mis amigos y compañeros del entonces Programa Forestal**: Dra. F. Ofelia Plascencia E. y Dr. Gregorio Ángeles; Dra. Patricia Hernández y Dr. Manuel González; Dr. Arnulfo Aldrete; Dr. Víctor Cetina; Dr. Armando Gómez; CDC. Virginia Jacobs; Dr. Jesús Jasso; Dr. Marcos Jiménez; Dr. Miguel Á. López; Dr. Javier López U.; CDC. Tangaxuhan Llanderal; Dr. Tomás Martínez; Dr. Carlos Ramírez; CDC. Valentín Reyes; Dr. Héctor de los Santos; Dr. Juan I. Valdez H.; y Dr. René Valdez L. Al **Secretariado** en Forestales: Ma. Eugenia Peña, Beatriz Cano, Guadalupe Sánchez V., y Mayra Díaz. En **Botánica**, al Dr. Edmundo García Moya; y en **Estadística**, al Dr. José Antonio Santizo Rincón (q.e.p.d.); al Dr. José Luis García Cué; y al personal de LAMSA y LAECA. Todos ellos me han brindado saludos y atención, acompañados de una sonrisa.

A las **Familias**: Becerril-Belmares; Domínguez-Becerra; Espinosa-Márquez; Ramírez-Cervera B.; y Almonte-Bryan **en Texcoco**; Román-Jiménez, Pineda, Pacheco, Galván, De Ita-Cabrera, y a Julieta Rodríguez **en Córdoba, Xalapa y Querétaro**; González-Nevárez **en Durango**; Jiménez-Román y Mallén-Reyero **en México, DF**; y a las administraciones de **1999 a 2003 del D.I.F. Texcoco**, por su apoyo *invaluable* en el cuidado y la formación de mi hijo: La familia es lo mejor.

Y sin exclusión, **a todas las personas que me han enseñado algo a lo largo de la vida**, son tantas y tan variadas, que no podría nombrarlas a todas. ¡Me gusta la gente!, aunque a veces no sepa cómo demostrarlo. Agradezco mucho a todos mis compañeros de camino; de juventud y de profesión; de afectos, apegos y desapegos. Cada uno de ustedes me ha acompañado y entrenado para bien, en cada nuevo año que cosecho. **A todos ustedes, ¡Gracias!**

En la fuente (El chorrillo)

1958

La gota de agua que da la nube
como regalo para la flor,
en vapor se desvanece
cuando se levanta el sol,
y nuevamente al cielo sube
hasta la nube que la soltó.

La gotita sube y baja,
baja y sube,
al compás de esta canción:

(Allá en la fuente, había un chorrillo...)
– puente musical y coro –

En el paisaje siempre nevado,
acurrucado sobre el volcán,
hay millones de gotitas
convertidas en cristal.
En el invierno la nieve crece;
en el verano, la funde el sol.

La gotita sube y baja,
baja y sube,
al compás de esta canción:

(A'í va la hormiga, con su paraguas...)
– coro y final –

– Fco. Gabilondo Soler “Cri-Crí”

Los secretos del agua

1994

Una nube que llora,
un espejo que canta,
que suplica en torrente
o grita en catarata,

Que si corre es arrullo
y que si duele, es lágrima...
Me contaron los vientos
los secretos del agua...

Rompe en llanto la nube
cuando el rayo la espanta,
huye, formando cauce,
en rápida avalancha
para hallar en el lago
la canción de la calma.

Me contaron los vientos
los secretos del agua:
Es dolor y es arrullo,
espejo y catarata,
grito, lago, torrente
canción, súplica y lágrima...

Una nube que llora,
un espejo que canta.

– Vicente Garrido

En el principio Habló Dios para crear el cielo y la tierra,
y la tierra no tenía forma y estaba vacía,
las tinieblas cubrían el abismo,
y el Espíritu de Dios agitaba la superficie de las aguas.

In the beginning God created heaven and earth,
and the earth was without form and void,
darkness was upon the face of the deep,
and the Spirit of God moved upon the face of the waters.

Au commencement, Dieu créa le ciel et la terre.
Or la terre était vide et vague,
les ténèbres couvraient l'abîme,
et un vent de Dieu agitait la surface des eaux.

– Libro del *Génesis*, Capítulo 1; versos 1 y 2

When color photographs of the earth as it appears from space were first published, it was a revelation: they showed our planet to be **astoundingly beautiful**. We were taken by surprise. What makes the earth so beautiful is its **abundant water**. The great expanses of **vivid blue oceans** with swirling, sunlit clouds above them should not have caused surprise, but the reality exceeded everybody's expectations. The pictures must have brought home to all who saw them: **the importance of water to our planet**.

– E.C. Pielou, 1998; about the Photograph: *The Blue Planet*

Water can **both** float and sink a ship.

– Chinese proverb

Just tWo H's and one O.

– Antoine Lavoisier's epitaph

Water is the **key ingredient** of mother's milk and snake venom, honey and tears.

– S.A. Lewis, 1996

Water is sometimes sharp and sometimes strong,
sometimes salty and sometimes bitter.
Water is sometimes sweet and sometimes thick or thin;
sometimes health-giving, sometimes poisonous.
*Water suffers changes into as many natures as are the
different places through which it passes.*
Water, as with the mirror that changes with the color of its object,
so it alters with the nature of the place,
Water sometimes starts a conflagration,
sometimes it extinguishes one.
Water is warm and is cold;
carries away, tears down or establishes.
Water empties or fills,
spreads or is still.
Water is the cause at times of life or death,
sometimes in privation
or submerging the valleys in great flood.
In time and with water, everything changes.

– Leonardo da Vinci

Water is not a simple thing: ***It's an elemental force that shapes our existence.***

–Frank R. Spellman, 2008

CONTENIDO

I	HOJA DE FIRMAS	Pág. i
II	RESUMEN	ii
III	ABSTRACT	iii
IV	DEDICATORIA	iv
V	AGRADECIMIENTOS	v
VI	PRESENTACIÓN	vi
1	INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2	OBJETIVOS	4
3	HIPÓTESIS DE TRABAJO	5
4	REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1	<i>Algunos orígenes del debate en torno al agua</i>	6
4.2	<i>La percepción de escasez del agua</i>	7
4.3	<i>El concepto de activo (capital) natural</i>	9
4.4	<i>Las escalas sociales como un contexto para el manejo de recursos naturales</i>	12
5	MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1	<i>Localización geográfica y perfil económico de la cuenca La Antigua</i>	15
5.2	<i>Inventarios del agua en la cuenca La Antigua</i>	17
5.3	<i>Análisis de la condición de los sitios: Una lectura del paisaje</i>	18
5.4	<i>La variabilidad de los ambientes en la cuenca La Antigua</i>	22

6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	Pág. 24
6.1	<i>El área de la cuenca La Antigua y su relación con los usos del suelo</i>	24
6.2	<i>Los inventarios del agua en la cuenca La Antigua</i>	26
6.3	<i>El modelo de usos del agua y su interpretación</i>	35
6.4	<i>Evidencias locales en La Antigua que apoyan el modelo de uso múltiple</i>	39
6.4.1	<i>Percepción pública del uso del agua en la cuenca</i>	39
6.4.2	<i>Usos del suelo y su relación con los usos, servicios y consecuencias del agua</i>	45
7	DISCUSIÓN GENERAL	53
8	CONCLUSIONES	65
9	LITERATURA CITADA	66
10	APÉNDICES	78

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1. Lista de variables de campo para la caracterización y el diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) de los sitios de muestreo para el análisis de compatibilidad entre los usos del suelo y del agua en la cuenca La Antigua, Veracruz.	Pág. 20
Cuadro 2. Volumen escurrido en millones de metros cúbicos (M m ³) y sus extremos promedio anuales, estimados a partir de gasto instantáneo en las estaciones hidrométricas Jalcomulco (1961-2002), Carrizal (1967-2006) y Cardel (1951-2006).	30
Cuadro 3. Ejemplo de atributos del agua en algunas de sus alternativas de uso o sus consecuencias, seleccionadas con base en las opciones presentes en la cuenca La Antigua, Veracruz.	37
Apéndice 1. Algunos atributos físico-químicos del agua potable.	78
Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.	79

CONTENIDO DE FIGURAS

- Figura 1.** Modelo funcional simplificado de un sistema ribereño en el que se identifican sus principales componentes físicos y biológicos; más la acción de los usuarios sobre los componentes del sistema, representada con una línea discontinua (Modificado de Davis *et al.*, 2001) Pág. 10
- Figura 2.** Proyección de la cuenca La Antigua, su ubicación en el Estado de Veracruz y localización de los sitios de muestreo. 16
- Figura 3.** Tipos de cobertura en la cuenca La Antigua, de acuerdo con los datos del Inventario Nacional Forestal 1990 (a) y 2000 (b) del INIFAP, y los sitios de diagnóstico de la condición ecológica, utilizados en este estudio (Fuente: INIFAP, 2003). 24
- Figura 4.** Imágenes de algunos de los usos tradicionales del suelo y el agua en la cuenca La Antigua, Veracruz; (a) y (d) representan ruralidad y (b) y (c) cercanía a sitios con urbanización. 25
- Figura 5.** Volumen escurrido anual promedio ($M m^3$) en la cuenca La Antigua, a partir de registros de gasto instantáneo en tres estaciones hidrométricas, Jalcomulco (1961-2002), Carrizal (1967-2006) y Cardel (1951-2006). 27
- Figura 6.** Volumen escurrido mensual promedio ($M m^3$), en las estaciones hidrométricas Jalcomulco (RHN28134), Carrizal (RHN28125) y Cardel (RHN28003) de la cuenca La Antigua. 28
- Figura 7.** Volumen escurrido (a) mínimo y (b) máximo promedio ($M m^3$), y su distribución mensual en la cuenca La Antigua, a partir de registros diarios de gasto instantáneo de las estaciones hidrométricas Jalcomulco, Carrizal y Cardel. 31

Figura 8. Gasto instantáneo (a) mínimo y (b) máximo ($m^3 s^{-1}$) en las estaciones hidrométricas Jalcomulco, Carrizal y Cardel, que representan los extremos de la oferta de agua disponible en la cuenca La Antigua.	32
Figura 9. Proyecciones del gasto máximo ($m^3 s^{-1}$) para la cuenca La Antigua por análisis Log-Pearson III, a partir de datos diarios de las estaciones hidrométricas Jalcomulco, Carrizal y Cardel, como estimadores del riesgo de inundaciones en períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 200 años.	34
Figura 10. Componentes hidrológicos ($hm^3 a^{-1}$) y sus destinos de uso en la cuenca La Antigua, generados a partir de estadísticos publicados por IMTA (1999), IMTA-CONAGUA (2008) y CMAS-Xalapa (2000a).	43
Figura 11. Algunos ejemplos de usos del suelo en condiciones de paisaje forestal en la cuenca La Antigua, que presentan compatibilidad alta con el manejo del agua, y muestran manejo responsable con fines de uso múltiple.	47
Figura 12. Algunos ejemplos comunes de usos del suelo en la cuenca La Antigua, que presentan compatibilidad baja con los usos posibles del agua, y muestran formas típicas de manejo con fines de uso múltiple.	50

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El agua se ha convertido en un tema social prioritario, incluso conflictivo en zonas en las que tradicionalmente es abundante. Las zonas tropicales del mundo presentan tantos problemas relacionados con el agua como las zonas áridas. Ningún sitio poblado está exento de controversias, y cada vez con más frecuencia se encuentran nuevos temas que enmarcan problemáticas locales o regionales (Barkin, 2006), que llegan a convertirse en focos de atención nacional e internacional (Vergnes, 2002).

En el mundo el agua es un tema de discusión de importancia prioritaria; y en México, por ejemplo, se ha declarado como un asunto de seguridad nacional (Aguilar, 2001), estipulado en el artículo 7 de la Ley de Aguas Nacionales 1992, después de la reforma en 2004 (CNA, 2000; DOF, 2004). Es por eso que parte del presupuesto anual gubernamental se invierte en el mantenimiento de la infraestructura hidráulica y el seguimiento de los niveles de captación de las estaciones hidrométricas en las cuencas del país. A pesar de los esfuerzos, alrededor del 40% del escurrimiento superficial que se deriva a las redes de distribución de agua en el territorio nacional, se vierte en fugas de todo tipo; y una parte de estas fugas, se reincorporan de nuevo a los cauces naturales. Como respuesta, se han incrementado notablemente las campañas en los medios de comunicación que promueven el ahorro del agua como una medida social generalizada en los últimos 10 años (CONAGUA, 2011).

Algunas estadísticas nacionales muestran, sin embargo, una contradicción entre la postura generalizada de que el agua es valiosa, y los hechos relacionados con su manejo (Saldívar, 2003). El uso ineficiente del agua corriente redirigida por las distintas redes de distribución puede llegar a rebasar el 50% en las ciudades, y es simplemente inmedible en el campo (Palacios, 2003b).

Entre tanto, el percibir al agua entubada como un líquido vital estimula los niveles de tensión individual y social (Barkin, 2006); y aunque en apariencia se consigue un efecto de “toma de conciencia” con respecto a su valor, lo que abundan

son señales de negación de la realidad. Los actos humanos cotidianos en torno al uso del agua resultan incongruentes con los reclamos de escasez expresados por la sociedad.

Las incontables discusiones tanto casuales como académicas sobre los conflictos humanos por el agua se han centrado hasta ahora alrededor de una visión desenfocada o fragmentada (Postel y Carpenter, 1997). Casi todas estas miradas se dirigen a temas particulares; el más frecuente de ellos involucra la disponibilidad del agua corriente que debe volverse potable en las redes de distribución existentes.

Los organismos oficiales plantean estrategias de conservación del agua entubada que se presentan al público como asuntos de los cuales depende la vida humana. Expresan que, debido a su gran importancia, la disponibilidad de esta agua amerita acciones conservacionistas que en la realidad contradicen algunas de las cifras objetivas más importantes y ampliamente conocidas que consignan los organismos oficiales en materia de agua natural disponible (Palacios, 2007; CONAGUA, 2011). En sus modalidades más recientes, entre las que se cuentan algunas reuniones multitudinarias como los Foros Mundiales del Agua (CONAGUA, 2004), estas visiones sesgadas han servido para justificar señalamientos que tienden al exceso por parte de Organizaciones No Gubernamentales de renombre mundial como la *National Geographic Society* (Johns, 2010) que han convocado insistentemente a un tipo de acción solidaria muy notoria (López, 2010), pero que finalmente resulta estéril.

Generalmente, la falta de alguna clase de recurso hídrico se generaliza como escasez de agua, y con ello se busca demostrar que el agua es una necesidad humana primordial que se encuentra amenazada (Aguilar, 2001). Se aduce que el acceso al agua dulce en las cantidades deseadas, no se satisface adecuadamente por razones como ineficiencias en el ámbito técnico, tensiones sociales e inequidad administrativa, en su manejo y distribución (Aldana, 2001; Ávila, 2003b). 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 que han llegado a

originar conflictos sociales violentos (Barkin, 2006). La complejidad y grado de fragmentación del tema general, invita a postular la hipótesis de que los problemas hidrológicos no tienen que ver tanto con la presencia o la disponibilidad del agua, como con la cultura y el comportamiento de las personas.

Para ejemplificar el desarrollo de este concepto, se tomó como caso la cuenca La Antigua, Veracruz, donde existen disponibles a costo razonable amplios volúmenes de agua; y en este escenario ejemplo se estudiaron tres temas específicos: Si el uso del agua corriente está realmente relacionado con la percepción de que su disponibilidad es limitada; si alguno de los usos del agua se encuentra en riesgo por escasez; y si modificar en algo la administración técnica o hidrológica del agua contribuiría a solucionar los problemas que se perciben. Con base en ellos, 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 (H₂O), se generan conflictos en las acciones humanas que no reflejan el estado objetivo de su disponibilidad substancial, para lo cual se plantearon los siguientes:

2. OBJETIVOS

- 2.1 Identificar la consistencia de las formas actuales de uso del agua, con algunas nociones mínimas de lógica económica, analizándolas con base en la realidad objetiva de los inventarios hidrológicos y su disponibilidad como sustancia (H₂O) en la cuenca La Antigua, Veracruz.
- 2.2 Examinar la condición de escasez en un cierto número de productos y servicios del agua, no desde el punto de vista único de la gestión hidrológica de la cuenca, sino dentro del marco cultural regional y a partir de las expectativas de los usuarios.
- 2.3 Mostrar que los conflictos por agua, a los cuales da lugar la percepción de escasez del agua confinada para uso humano, pueden tener una salida distinta a las soluciones tradicionales planteadas en términos de ciencia o tecnología.

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

- 3.1 El agua se utiliza libremente en toda la cuenca, sin restricciones de cantidad o calidad, como las que se definen para cualquier otro producto, bien o servicio, en un contexto de eficiencia económica.

- 3.2 Existe al menos un tipo de uso del agua en condición de escasez, es decir, que se ve limitado por los inventarios naturales del recurso.

- 3.3 Las actividades económicas predominantes en la cuenca están relacionadas con el manejo actual del agua, de modo que al menos una mejora en alguno de los usos del suelo, haría más eficiente la gestión del agua en la región.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Algunos orígenes del debate en torno al agua

Mucho se ha hablado en los últimos 20 años de la necesidad de un análisis amplio del manejo del agua, con el propósito de llegar a definir todos los componentes y los procesos involucrados en su acopio y uso (Lal, 2000); y estos esfuerzos se han emprendido en distintas partes del mundo (Gregersen *et al.*, 2000). Utilizar el agua de modo eficiente se considera parte del manejo sustentable, y se han formado para discutir el tema diversos protocolos mundiales que formulan propuestas y presentan posturas (ECLAC, 2004).

Los marcos globales más cercanos a nuestro país, el Protocolo de Montreal y la Agenda XXI, señalan como uno de sus principios la Conservación del Agua y el Suelo (UN, 1992; MPWG, 1997). En respuesta a ellos, distintas agendas nacionales se han orientado a la definición de criterios e indicadores hacia la sustentabilidad (MPWG, 1997; Narváz *et al.*, 2003). Estas agendas tienen programas de seguimiento periódico, y el agua es un tema siempre presente en casi cualquier foro ambiental, a escala local, regional, nacional y mundial (CONAGUA, 2011a; UN, 2012).

Sin embargo, un exceso de información en torno al agua, con tantos temas como puntos de vista hay, resulta tan perjudicial como no tener información, el resultado es el mismo: un clima de incertidumbre. En México además, el argumento más común es que el agua con frecuencia no se encuentra disponible en las cantidades requeridas. Las campañas publicitarias nacionales y el diseño de la política pública sobre agua, tienden a la creación de una conciencia social cuyo objetivo es limitar el uso del líquido (Barkin, 2006; ECLAC, 2009). Además de enfrentar las particularidades del abastecimiento natural, originadas por la ubicación geográfica del país, sus condiciones orográficas, y acentuadas por las variaciones en los patrones de temperatura, precipitación, y otros factores relacionados con el cambio ambiental global (CONAGUA, 2011a). Mientras todas estas acciones se difunden internacionalmente (ECLAC, 2009), el público ignora en realidad la cantidad total

estimada por los organismos oficiales pertinentes, de los recursos hidráulicos disponibles en el país (IMTA-CONAGUA, 2008).

La sociedad desconoce también, el potencial de captura de agua del territorio, así como los volúmenes efectivos aforados (CONAGUA, 2011b); y sobre todo ignora, que los usos más políticamente sensibles, como es el caso de los usos domésticos y comerciales, son tan relativamente pequeños en volumen, con respecto a la hidrometría nacional, que resultan irrelevantes en los balances hidrológicos del país (Palacios, 2007); tanto, que si esos números fueran del dominio público, tal vez la mayoría de la sociedad mexicana no expresaría inquietud, o bien, dirigiría su interés a otros tipos de uso, más allá del agua potable en la ciudades.

4.2 La percepción de escasez del agua

En cambio, la inconformidad nacional aumenta, porque existen problemas de abastecimiento bien localizados, sobre todo en las zonas de México que reciben menos lluvia, y en las áreas urbanas más pobladas del país, lo que dio lugar al reconocimiento oficial de cuencas sobreexplotadas (Arriaga *et al.*, 1998; Palacios, 2007). Como parte de la respuesta a sus reclamos, el público por lo general espera una solución que se origine dentro del ámbito gubernamental, con no más que ciertas contribuciones laterales por parte de los individuos.

Esta carencia de responsabilidad social motiva una realidad que impacta: en el comportamiento colectivo cotidiano no se le da demasiado valor al agua, aunque sea útil; y tampoco se reconocen los valores adicionales que sostiene en el ambiente (Spellman, 2008). Esto es un hecho, a pesar de que no todos los ciudadanos sean conscientes de ello. Las rutas para generar tal conciencia son poco claras y, además, se agregan a la confusión múltiples sesgos particulares reforzados por la cultura de los individuos y por los medios de información (Postel y Carpenter, 1997).

Por ejemplo, para abastecer las áreas urbanas de mayor extensión y concentración humana, se procede a la obtención de mayores inventarios

hidrológicos, a partir de extraer mayor cantidad de metros cúbicos de los acuíferos y modificar los flujos naturales; lo cual reduce drásticamente, e incluso anula, las funciones ecológicas y físicas que esos volúmenes de agua pueden cumplir en otros sistemas del ambiente natural (Davis *et al.*, 2001); esto afecta, al menos, a los usuarios directos de esos sistemas. Mientras, en el entorno urbano, la sociedad se complace con estas extensas maniobras hidráulicas, que incluso se le presentan como méritos administrativos (CONAGUA, 2011a). Este privilegio de unos usos sobre otros, crea un desequilibrio social imperceptible por el individuo; es una solución parcial que no cambia la estructura, de por sí desigual, del reparto del bienestar entre grupos y personas.

El intento de remediar una situación limitada particularmente, como lo es la disponibilidad del agua entubada en los hogares, a partir de rebasar la capacidad de extracción de las aguas subterráneas –cuya naturaleza deja de ser particular (DOF, 2004)–, se etiqueta como técnicamente eficiente, e incluso inevitable, con campañas públicas y fines mediáticos, que frecuentemente siguen patrones publicitarios del tipo de “es la única alternativa, dadas las circunstancias” (Ávila, 2003b; Maganda, 2006), pero que en realidad transfieren los costos del uso del agua a los usuarios y grupos de usuarios menos visibles o representativos; esto es, a los que efectúan usos domésticos (Jhabvala, 2006). El resultado lógico es la inconformidad; ejemplos de este énfasis en la gestión del agua urbana puede revisarse en once distintos casos compilados por Barkin (2006). La transferencia de costos tiene resultados totalmente inadecuados para el sistema nacional de aguas, pero tiene la virtud táctica de aliviar la presión social que implican los conceptos de escasez o de insuficiencia en el suministro, como imágenes mentales colectivas.

Otros mecanismos simples, como la restricción severa de la cantidad usada en la limpieza de bienes y personas; o la prohibición en época seca del riego de jardines, y la exigencia de actividades para “optimizar” el uso del agua, entre ellos, el reúso (con la necesidad adyacente de diseñar o adaptar tecnología para lograrlo), o la limitación de la disposición (a través del uso de dispositivos denominados

“ahorradores”), provocan efectos contrarios: Crean una ilusión colectiva de equidad y justicia, aunque no contribuyan a fomentar la eficiencia en el manejo tecnológico de los sistemas de administración del agua (de Garza, 2006). O bien, abaten severamente el total de bienestar social posible (Martínez, 2008; comunicación personal), este decremento en la calidad general de vida se reparte de modo parcial entre la población, y en general afecta a los grupos de usuarios con la menor probabilidad de expresar reclamos; es decir, los más vulnerables y los más pobres.

Expresar juicios morales en torno a la ineficiencia en el uso del agua es algo tan común que se ha vuelto científicamente imperceptible en los análisis formales del tema, de los cuales Ávila (2002; 2003a) ha editado dos amplias recopilaciones. Desperdiciar agua se considera un error grave, una conducta ecológicamente insensible, cuya remediación depende de reutilizar el agua y cancelar los usos etiquetados como suntuarios. Sin embargo, estos usos caracterizados como lujo excesivo, son considerados altamente deseables por las personas.

4.3 El concepto de activo (capital) natural

Es un hecho real que el ambiente de alta calidad que los humanos apreciamos hoy en día nos separa, pues es muy distinto, del que fuera el hábitat ideal para nuestra especie en condiciones tribales. La lejanía que hemos construido, apartándonos de nuestros orígenes biológicos, crea las barreras culturales que nos aíslan de la comprensión de los asuntos que se derivan de la naturaleza, y entre ellos está el caso del agua. La distancia entre la percepción de lo que sería ideal mantener en la naturaleza y el estilo de vida que se desea (Spash, 2000), genera una paradoja: *la oposición entre el agua y el bienestar de las personas*. Diversos autores han consignado ya, que la percepción humana del concepto de calidad de vida, se aleja del ambiente natural (Turpie, 2003). Sin embargo, a pesar de esta aparente independencia de la naturaleza, las comunidades humanas siguen dependiendo de los sistemas ecológicos, a través de rutas menos evidentes. Lo que enfatiza la importancia de considerarlas dentro de cualquier análisis o planteamiento de manejo

de recursos. Como ejemplo, se presenta a continuación un diagrama que describe un sistema ribereño (Davis *et al.*, 2001), en el que se ha añadido una línea exterior que representa la acción humana sobre el sistema (Figura 1).

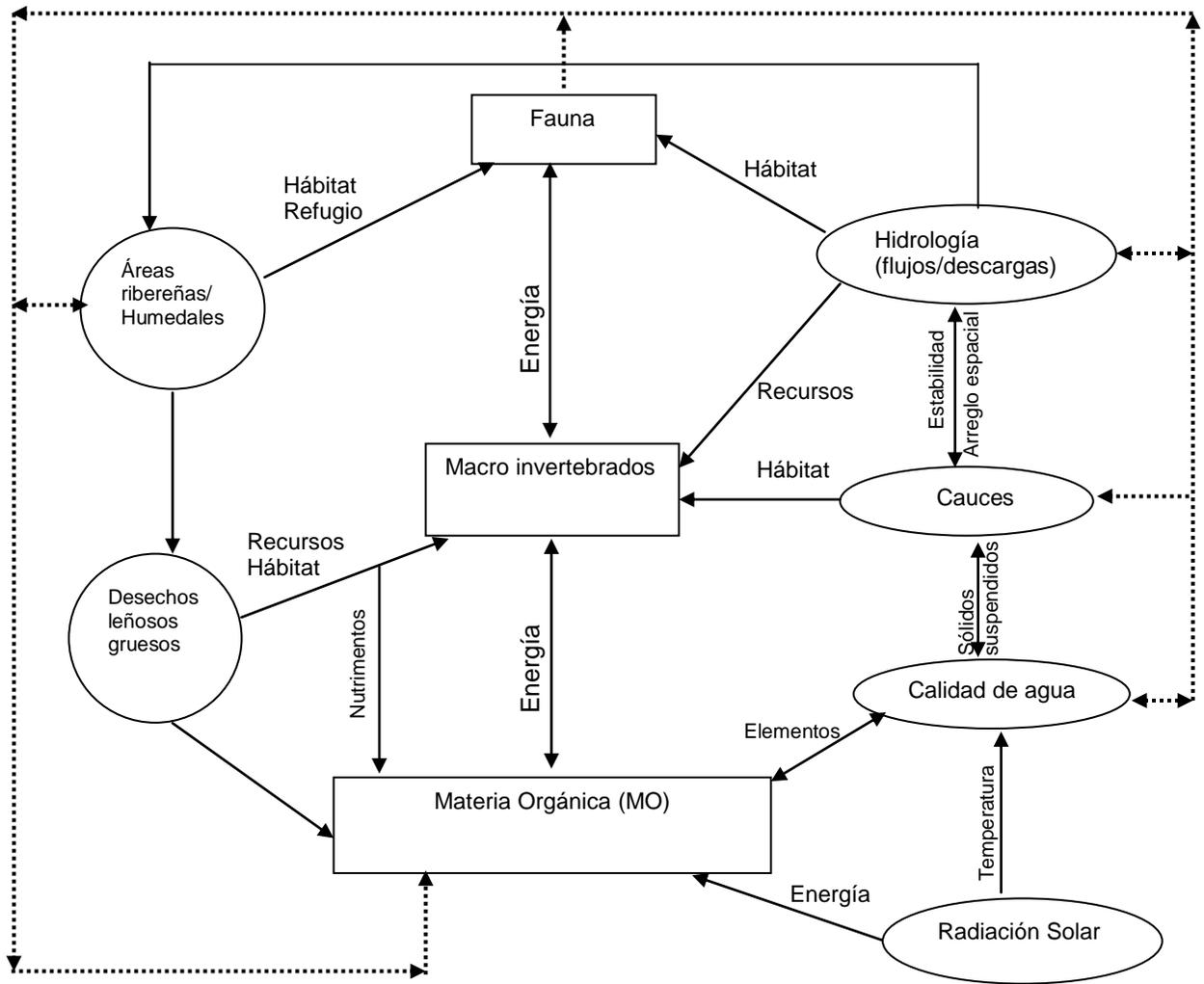


Figura 1. Modelo funcional simplificado de un sistema ribereño en el que se identifican sus principales componentes físicos y biológicos; más la acción de los usuarios sobre los componentes del sistema representada con una línea discontinua (Modificado de Davis *et al.*, 2001).

El propósito de agregar la acción antrópica es mostrar que la inclusión del componente humano circunscribe las funciones ecológicas del agua, convirtiéndolas en un sistema semi-cerrado, en el cual es posible que los usuarios tengan efectos direccionales sobre las funciones biológicas y físicoquímicas del sistema (Lyons *et al.*,

2000). Este hecho por sí solo, basta para dar bases al análisis social, además del ecológico en los asuntos relacionados con el manejo del agua; y para promover la búsqueda de acciones de manejo consecuentes, acotadas local o regionalmente, y un tanto independientes de los usuales límites administrativos políticamente definidos.

La comunidad humana utiliza, deriva, distribuye y devuelve el agua a sus cauces, interconectando componentes que de otro modo, no estarían relacionados directamente de forma inmediata. Su efecto es mayor y más importante en las áreas sensibles a perturbación, como las zonas ribereñas (Kreutzweiser y Capell, 2001) y los humedales, sean tropicales o templados, como las praderas de montaña (Olander *et al.*, 1998). Algunos autores han señalado que el potencial de afectación se multiplica, por ejemplo, si estas zonas están localizadas en laderas (Davis *et al.*, 2001), caminos rurales (Lugo y Gucinski, 2000), o áreas suburbanas anexas a ciudades (Basnyat *et al.*, 2000; Bren, 2000).

El agua es por lo tanto, un buen ejemplo de cómo ciertos activos naturales podrían llegar a convertirse en algún tipo de valor social. Y se han realizado algunos intentos, como los esquemas para el análisis de pago por servicios ambientales (Torres y Guevara, 2009). Sin embargo, las rutas para delimitar esta conversión no son aún lo suficientemente claras: Esto es clave porque afecta la importancia que se concede al ambiente natural, *no sólo como proveedor de servicios ambientales*, sino simplemente por el hecho de existir, y ser la matriz contenedora de procesos vitales planetarios, que paradójicamente resultan lejanos e imperceptibles, en las condiciones modernas de vida de las comunidades humanas dominantes.

Rees y colaboradores (2007) han señalado que el capital natural es un prerrequisito para la vida cuyo valor total es infinito; si entendemos esta expresión como un postulado filosófico nos dice que, independientemente de la porción natural del capital social, existen materiales y procesos vitales para la economía y para la vida humana misma. Mucho del carácter público de los recursos naturales, y de las influencias ambientales que proceden de los entornos silvestres, conduce a la existencia de externalidades que pueden favorecer, por ejemplo, a los productores y

consumidores de alguna industria, pero perjudicar a otras personas en su vida, salud, bienes o intereses, o en el entorno probabilístico en el cual toman sus decisiones. Por supuesto, parte de aquello que es necesario aclarar, es a qué o a quién dirigir la compensación o la inversión en la restauración del capital natural; lo lógico económicamente sería hacerlo como si tal pago hubiera ocurrido en un mercado físico en estado de equilibrio, o bien crear instrumentos normativos o voluntarios que simulen tal comportamiento. Este tipo de externalidades son las que comúnmente emergen en los análisis sobre economía ambiental, y los convierten en asuntos complejos de política pública.

4.4 Las escalas sociales como un contexto para el manejo de recursos naturales

El componente humano es parte integral del uso de recursos, aunque hasta hace poco se soslayaba con frecuencia su importancia en los planteamientos de manejo con un fuerte perfil técnico (Eckman *et al.*, 2000). Cuando se valúan los activos naturales es particularmente difícil incorporar los conceptos de funciones ambientales, porque sus patrones y procesos resultan abstracciones para la generalidad del público que requiere escuchar sobre acciones prácticas; o para las entidades administrativas que desean traducir esas prácticas a valor monetario. La dificultad aumenta porque los patrones y procesos del ambiente ocurren a través de escalas variables, espaciales y temporales (Norgaard *et al.*, 2007).

Se ha observado, por ejemplo, que en ambientes con incertidumbre acerca de la propiedad de los recursos, éstos son usados como acceso libre en la práctica, dejando a los usuarios sin responsabilidad por la apropiación del recurso en cuestión, ni sus consecuencias (Engel *et al.*, 2006; Meshack *et al.*, 2006). Esta situación genera un acopio completamente irregular, y en algunas ocasiones puede llegar a agotar o degradar los recursos (García, 2009). A pesar de la lógica de esta descripción, no todos los recursos naturales responden de la misma forma a la extracción intensa o al

abuso que puede generar el libre acceso, y en bienes como el agua no es fácil delimitar los umbrales críticos con claridad.

En términos de la certidumbre en la propiedad, se estipula que en México el agua es un bien nacional, es decir que legalmente el dueño es la Nación; sin embargo, el derecho a usarla es de dominio privado, en modalidad particular o colectiva. Se posee el acceso al agua, porque se posee la tierra; y sus derechos de uso quedan consignados en un registro nacional al cual rige la Ley Federal de Derechos, entre los cuales uno más, es el del uso del agua (CNA, 2001). Este reglamento aplica para las aguas superficiales, mientras las subterráneas son sujetas a permisos federales de extracción, que se suponen acordes a los lineamientos del organismo protector y distribuidor del agua, con fines de conservación y mantenimiento de los almacenes naturales del recurso (Palacios, 2003a; DOF, 2004). Sin embargo, a pesar de ser el agua un bien llamado estratégico y escaso, se considera capital de cambio por otros bienes prioritarios, como la energía eléctrica; y se disponen concesiones irrestrictas, a precios simbólicos (pesos por miles de metros cúbicos), a los rubros de manufacturas primarias (insumos y materias primas); y secundarias (alimentos procesados; y consumibles, como celulosa y papel). Además de acceso libre y gratuito a la agricultura; la ganadería; y la industria, cuando se trata de tránsito o devolución, por ejemplo en procesos de enfriamiento, y desecho luego de lavados o tratamientos (CNA, 2000; DOF, 2004). El Reglamento de Derechos (modificado en 2006) agregó en condiciones competitivas de uso, una tarifa de hasta 0.12 pesos por metro cúbico de agua superficial para los Distritos de riego, si se excede el volumen concesionado (LFD, 2006).

No resulta igual que un particular afecte a otro vecino, en el caso de la competencia por recursos, que el que una comunidad de particulares afecte a otra o a más. El uso común de los bienes naturales bajo regímenes de propiedad colectiva o mancomunada también es un asunto de escalas. Una comunidad se define como un grupo de personas que viven en un área delimitada geográficamente, con una historia común y con patrones definidos de relación (Fellizar Jr., 1994). Esto en términos

económicos significa que sus integrantes tienen un interés común en cómo se manejan sus recursos naturales, y que cada uno tiene algo que ganar o perder en el caso de una decisión sobre ellos (Young *et al.*, 2007). Este es el caso de las familias, las empresas, los ejidos, las colonias y por extensión del concepto, también el de los municipios, los estados y los países; sólo que mientras más amplia es la escala, más se diluye la noción de derecho común y de equidad en el reparto de costos o ganancias.

Un ejemplo de acceso caótico en escala local, son los usuarios que coexisten sin detentar una propiedad común definida, como los asentamientos irregulares en las zonas periféricas de las ciudades. Estos asentamientos suburbanos, se instalan muchas veces en cauces o cañadas, que en otro tiempo fueron acceso o límite natural del agua. Muchos de estos asentamientos, se regularizan *a fortiori* con el paso de los años, convirtiéndose muchas veces en riesgo social para bienestar e índices de desarrollo humano (CONAGUA, 2011a).

La importancia del aspecto social en los conflictos sobre agua plantea la necesidad de analizar dos orientaciones divergentes: el acercamiento metodológico propio de la tecnología; y la interpretación inevitable del tema hidrológico como un asunto de ética, equidad y buena conducta entre personas y grupos de usuarios. El presente documento describe el caso concreto de los usos del suelo y el agua en la cuenca La Antigua, Veracruz para ejemplificar este análisis; el cual muestra que a pesar de que la disponibilidad del recurso genérico agua (H₂O) sea abundante, pueden llegar a generarse conflictos por algunos usos competitivos o incompatibles con calidad, más que cantidad de agua; y que dichos conflictos con frecuencia se derivan de una percepción sesgada de escasez, que se centra mayoritariamente en el agua urbana.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización geográfica y perfil económico de la cuenca La Antigua

La cuenca La Antigua ha sido definida por la CONABIO como una 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" W); con una extensión total de 232,643 hectáreas (Figura 2).

Se considera su punto de partida la peña del Cofre de Perote o Naucampatépetl (4,282 m s.n.m.) y la corriente principal que drena la cuenca recibe varios nombres, según su tránsito y localización geográfica de occidente a oriente, Arroyo Blanco, Santa María, Los Pescados, Jalcomulco y La Antigua, que desemboca en el Golfo de México. El volumen medio anual de esta corriente se estima en 2,817 millones de m³. (Arriaga *et al.*, 1998).

El clima general es templado (promedio anual 12 a 26°C) y tiene en conjunto un régimen subhúmedo, la precipitación promedio es de 1,800 mm anuales. Existen al menos 25 especies de árboles y arbustos de interés comercial en toda la extensión de la cuenca, formando comunidades vegetales que van desde el bosque templado-frío, en las partes altas de las montañas, hasta la selva baja que se encuentra cerca de la desembocadura (Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández, 2003; Rzedowsky, 2006).

Los poblados más conocidos son Jalcomulco, Coatepec, Xico, Teocelo, Tuzamapan, Cardel, Paso de Ovejas 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).

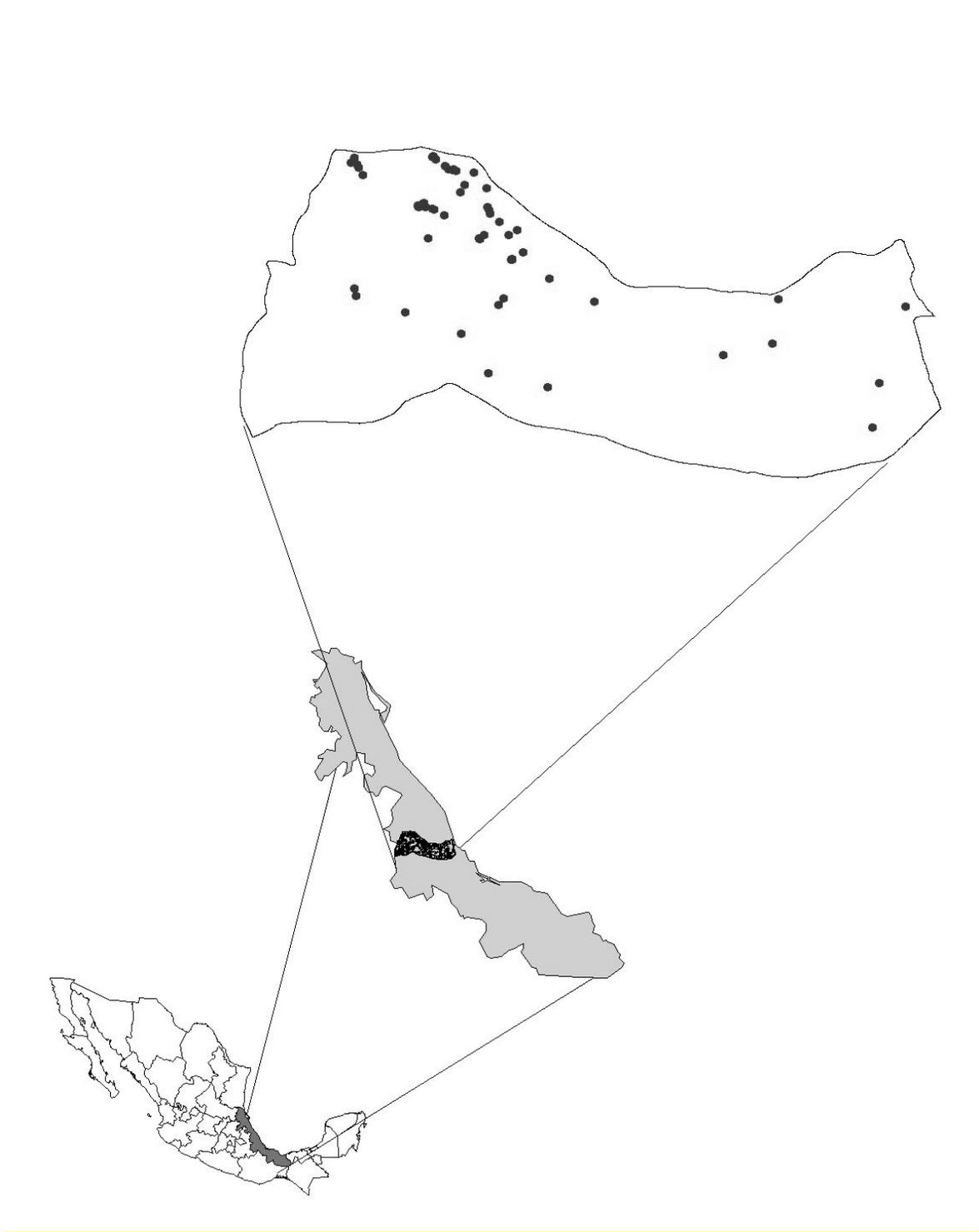


Figura 2. Proyección de la cuenca La Antigua, su ubicación en el Estado de Veracruz y localización de los sitios de muestreo.

Xalapa de Enríquez, la capital de Veracruz (1,990 msnm), se localiza a menos de 50 Km de la cima del Cofre de Perote, el parteaguas de la cuenca; tiene 421,696 habitantes, y utiliza en promedio 34'579,072 m³ de agua al año, la mayoría de la cual se capta en la cuenca La Antigua, y luego se conduce y se distribuye a la ciudad (CMAS-Xalapa, 2000a; Gobierno del Estado de Veracruz, 2008).

5.2 Inventarios de agua en la cuenca La Antigua

En el área de estudio dentro de la cuenca y su zona de influencia, existen tres estaciones hidrométricas de la Red Hidrométrica Nacional que cuentan con registros diarios acopiados durante varios años. La primera estación es “Jalcomulco” (RHN 28134), sobre el afluente del mismo nombre, que es otro de los conocidos para la corriente principal que aguas abajo desemboca en La Antigua, Ver. Esta estación aforadora es la de mayor elevación en el perfil altitudinal de la cuenca, se localiza en los 19°19'54” Lat. N y los 96°45'18” Long. W y cuenta con registros de 1961 a 2002.

En la parte intermedia de la cuenca, se localiza la estación “Carrizal” (RHN 28125), asociada al Distrito de Riego No. 35 que se sitúa hacia el sur, en la zona tropical seca más cercana a la ciudad de Xalapa de Enríquez, Ver., y deriva agua para riego de los cultivos y praderas de la región. La estación está situada en los 19°19'13” Lat. N y los 96°38'50” Long. W, y cuenta con registros diarios de gasto instantáneo desde 1967 hasta el 2006 (IMTA-CONAGUA, 2008).

Finalmente, en la desembocadura de la corriente se encuentra la estación “Cardel” (RHN 28003); sobre el río La Antigua, en el cruce con el Ferrocarril Interoceánico (Km 428+800 origen en México, D.F.), a 300 m de la población Villa Cardel, dentro del municipio de La Antigua. Sus coordenadas geográficas son: 19° 21'42” Lat. N y 96° 22' 24” Long. W; y cubre un área drenada de 2,234 Km² (223,400 ha.), cuenta con registros diarios de gasto instantáneo de 1951 a 2006 y tiene también una estación climatológica que opera el Sistema Meteorológico Nacional, para registrar temperatura, lluvia y evaporación (IMTA, 1999).

En cada estación, los registros diarios de la línea de agua se realizan con un

Limnógrafo Rossbach, y con ellos se calculan curvas de gastos, las cuales estiman volumen de flujo por segundo a partir de lecturas de altura de tirante; este cálculo se basa en la relación física flujo/volumen, y con ella se estima el escurrimiento superficial en metros cúbicos. Los registros se integran en los archivos del Banco Nacional de Aguas Superficiales del IMTA, conocidos como BANDAS, que pueden consultarse en la página web del organismo.

Con los registros diarios de gasto instantáneo de las tres estaciones especificadas se estimaron los volúmenes mensuales, y se elaboraron gráficas de disponibilidad de agua en estos puntos de la cuenca, para examinar de modo general si existe la condición de riesgo por falta de abastecimiento (escurrimiento mínimo), o por exceso de flujo en avenidas extraordinarias (escurrimiento máximo y riesgo de inundación).

También, se realizaron estimaciones de proyección del escurrimiento máximo instantáneo, utilizando el modelo de distribución Log Pearson Tipo III aplicado a datos hidrométricos, de acuerdo con la metodología desarrollada por la División de Análisis Geográfico nacional del Centro de Ciencias del Agua de Oregon (USGS-OWSC) por sus siglas en inglés (OSU, 2007). Se utilizaron los datos de gastos máximos anuales disponibles en cada una de las estaciones hidrométricas ya especificadas; se ordenaron de acuerdo al modelo, y se aplicó la transformación logarítmica para estimar la curva de escurrimientos máximos instantáneos en períodos de 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 200 años; estos valores representan el riesgo de inundación en las tres diferentes estaciones de aforo de la cuenca La Antigua.

5.3 Análisis de la condición de los sitios: Una lectura del paisaje

El agua se encuentra en una matriz contenedora, que es la tierra que circunscribe sus distintos almacenes, subterráneos o superficiales (lagos, ríos, arroyos, acuíferos) y también las estructuras artificiales creadas para almacenarla, derivarla y utilizarla (presas, canales de derivación, estaciones de bombeo, canales de

riego y desagüe). Cada uno de los sitios con los cuales se asocia un almacén o vía de tránsito del agua, tiene una caracterización particular, que influye en la configuración de los flujos del agua y su disponibilidad (Lal, 2000; Andrade, 2004).

En el manejo y la administración del agua, uno de los aspectos más importantes a considerar es el uso de las tierras en las cuales se encuentran las comunidades humanas que la utilizan; de acuerdo con ese uso, las tierras y el agua, pueden mostrar distintos grados de perturbación, además de que su régimen de apropiación les confiere un carácter jurídico y administrativo. Estos aspectos antes soslayados, se han reconocido como claves en el manejo del agua (Brooks y Eckman, 2000; CONAGUA, 2011a).

Para examinar la relación de las tierras con el uso actual y potencial del agua en la cuenca, se diseñó un diagnóstico de la condición de los sitios, que reflejara su relación con el manejo del agua. Se ubicaron aleatoriamente sitios de muestreo en la extensión de la cuenca, y al visitarlos, se establecieron al menos tres puntos en cada una de las categorías de ambiente descritas para la cuenca La Antigua, según la clasificación de tierras del INEGI (2010).

Durante estas visitas se calificó al paisaje con estimaciones subjetivas, las cuales representan la distancia relativa desde las condiciones actuales hasta las condiciones teóricas esperadas según las descripciones de INEGI, que a su vez están tomadas de Rzedowski (2006), enfatizando los atributos significativos de las tierras con respecto al agua. El muestreo de campo incluyó valores cuantitativos o cualitativos, según el caso, para un conjunto de 48 variables que fueron creadas y ensambladas *ad hoc* para la caracterización y el diagnóstico de los sitios de muestreo. La lista de variables se muestra en el Cuadro 1, y los cuadros de registros de estas variables en el campo se incluyen en el Apéndice 2, para cada uno de los sitios de muestreo y sus respectivos puntos, distribuidos a lo largo de la cuenca.

Cuadro 1. Lista de variables de campo para la caracterización y el diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) de los sitios de muestreo para el análisis de compatibilidad entre los usos del suelo y del agua en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Control	Hidrológicas	Edáficas y fitográficas	Usos de suelo
Fecha	Tipo de cauce	Tipo de suelo	Uso de suelo
Punto en mapas	Temporalidad del cauce	Horizontes	Manejo de la vegetación
Punto GPS	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
		Estado de salud de la comunidad vegetal	
Localidad	Árboles muertos en pie	Indicadores de disturbio	Mantenimiento y obras
Altitud	Macro-residuos leñosos	Sotobosque	Drenaje del camino
Pendiente	Remansos	Arbustivas	Temporalidad del camino
Exposición	Erosión del cauce	Arbóreas	Pendiente del camino
Conglomerado	Estabilidad del cauce	Altura	Uso de suelo adyacente
Componente	Estado de salud del cauce	Diámetro	Grado de urbanización
Tipo de cobertura		Radio de copa	Obras de drenaje
		Área basal (m ²)	Condición del camino
		Regeneración	

Estas variables de campo permitieron construir una matriz de datos que relacionara los usos de la tierra y su compatibilidad con el agua en un orden jerárquico en el cual se asignó el grado más alto de compatibilidad, a los sitios con la condición más natural, así como a las estructuras sucesionales tardías; mientras que a los estadios de sucesión temprana, a las condiciones transformadas antrópicamente, y a los ambientes degradados se les asignó el menor valor de compatibilidad.

El grado de compatibilidad de los ambientes con el agua no fue analizado estadísticamente debido al carácter individual y a la distribución particular de cada uno de ellos, y porque no se consideraron sitios experimentales sino ambientes únicos en su localización geográfica, que no presentan una disposición espacial inducida externamente, ni completamente al azar, ni estadísticamente uniforme. Cada tipo específico de sitio fue considerado como un conjunto delimitado de valores de muestreo.

Por esta razón no se presentan valores de parámetros estadísticos en este estudio; tampoco se requirieron las condiciones clásicas subyacentes que usualmente garantizan ortogonalidad, y otros supuestos estadísticos experimentales tradicionales en el análisis paramétrico de conjuntos de datos. No existe una hipótesis para probar, en el sentido probabilístico del término. Y sobre todo debe aclararse, que el muestreo de campo no se realizó para estimar magnitudes, mostrar o extrapolar tendencias, ni hacer inferencias; sino para representar con el mayor detalle posible, toda la variabilidad que existe en las situaciones donde los usos del suelo afectan los depósitos de agua en la cuenca. Es a partir de las comparaciones cualitativas de estas situaciones de manejo y uso, que se generan los argumentos para contrastar la validez de las explicaciones propuestas *a priori* en el estudio, y que han sido expresadas como hipótesis de trabajo en este documento.

Desde hace algunos años, con respecto al manejo de recursos naturales, se han realizado análisis que utilizan grandes volúmenes de datos generalizados, como los estadísticos macroeconómicos, disponibles por país y continente en organismos como

la FAO, la ONU, y la Comunidad Europea; y en México, como el INEGI y la CONABIO. Este manejo de variables categóricas descriptivas, que caracterizan a otras que no se pueden representar con magnitudes equiparables, recibe el nombre de meta-análisis y se ha utilizado por ejemplo, para el análisis del decremento de la biodiversidad asociado al crecimiento urbano y su impacto sobre la seguridad alimentaria (Ashworth *et al.*, 2009); y también en el análisis del efecto que los hábitats fragmentados ejercen sobre la biodiversidad. En este tipo de análisis se utilizan estadísticos generales en el presente, y se proyecta su variabilidad en macro-escenarios y en perfiles de cambio temporal (Aguilar *et al.*, 2006).

Los únicos datos usados para realizar estimaciones y proyecciones en este estudio, son los referentes a los inventarios de flujos de agua disponible. De acuerdo con la segunda hipótesis de trabajo, se utilizan para explorar si existe la condición de escasez, entendida como falta de volumen suficiente de agua líquida, para el abastecimiento de la demanda urbana de agua potable calculada por el principal centro de población de la cuenca, la ciudad de Xalapa, Ver., y que como se ha expresado antes, se estima en alrededor de 35 millones de metros cúbicos (CMAS-Xalapa, 2000a).

5.4 La variabilidad de los ambientes en la cuenca La Antigua

Para ilustrar la caracterización de los ambientes de la cuenca del río La Antigua, se creó, con el apoyo del LADIGS-CIRGOC, la representación digital de coberturas basada en los datos de los Inventarios Nacionales Forestales 1990 y 2000 del INIFAP.

Esta representación digital se creó para dos escenarios temporales, 1990 y 2000. Los datos del inventario de las bases de datos propiedad de INIFAP fueron organizados en dos coberturas digitales sobre el polígono de la cuenca, de acuerdo con la digitalización del mapa INEGI 14E, en escala 1:250,000. La digitalización del mapa se realizó en el laboratorio de SIG del Postgrado Forestal del CP campus Montecillo, a cargo del Dr. René Valdez Lazalde.

Posteriormente, las representaciones digitales se crearon en el LADIGS del Centro Regional Golfo Centro, sitio experimental Xalapa del INIFAP, a cargo del MC. Gabriel Díaz Padilla, con el polígono digital de la cuenca y los datos de coberturas vegetales facilitados por el laboratorio de Geomática del CENID-COMEF de INIFAP, a cargo del MC. Francisco Moreno Sánchez.

Una vez distribuidos los sitios de muestreo sobre el mapa físico, se examinaron las coberturas digitales, y de acuerdo con la variabilidad de ambientes, se desarrolló la metodología de análisis para relacionar los usos del agua como opciones de uso del suelo con objetivos múltiples, detallada en el apartado 5.3 de este documento. La notable abundancia de microambientes, guió la cantidad de puntos establecidos en cada uno de los sitios de muestreo distribuidos al azar (Apéndice 2).

De esta manera, se ilustró la existencia de gran cantidad y variedad de coberturas, no solo porque se pueden delimitar como unidades de información geográfica distintas, sino porque aún dentro de cada cobertura, existen clases distintas de usos. Por eso se decidió crear una base conceptual amplia (gran cantidad de sitios, puntos y variables) sobre la cual plantear la gestión de la cuenca como un espacio natural dedicado a la producción concurrente de múltiples bienes y servicios, así como de áreas para la protección de la seguridad de las personas y sus intereses, de acuerdo con los planteamientos contemporáneos de manejo de recursos naturales (Orr, 1995).

Algunos de estos planteamientos se han enfocado a la definición de marcos teóricos de análisis para el manejo de recursos naturales con fines múltiples entre los que destacan el manejo de cuencas (Lamy *et al.*, 2002; Newbold, 2002), y la tecnología del manejo forestal de uso múltiple (Davis *et al.*, 2000; Loomis y Richardson, 2001). El uso de estos elementos teóricos permitió plantear y cotejar algunas explicaciones alternas a las proporcionadas por el análisis de inventarios de agua, para los escenarios y fenómenos que se reflejaron en el escenario del caso estudiado.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 El área de la cuenca La Antigua y su relación con los usos del suelo

La cuenca ha estado sujeta a un ritmo intenso de conversión de ambientes (cambios de uso del suelo), que privilegia los usos agrícolas, en relación con las actividades económicas principales de la región, dando paso a ambientes modificados, planificados por los propietarios con fines agroindustriales, agropecuarios y ecoturísticos. La Figura 3 muestra el cambio relativo de las coberturas, tal como lo reflejan las bases de datos del Inventario Nacional Forestal, de 1990 (Figura 3a) al 2000 (Figura 3b).

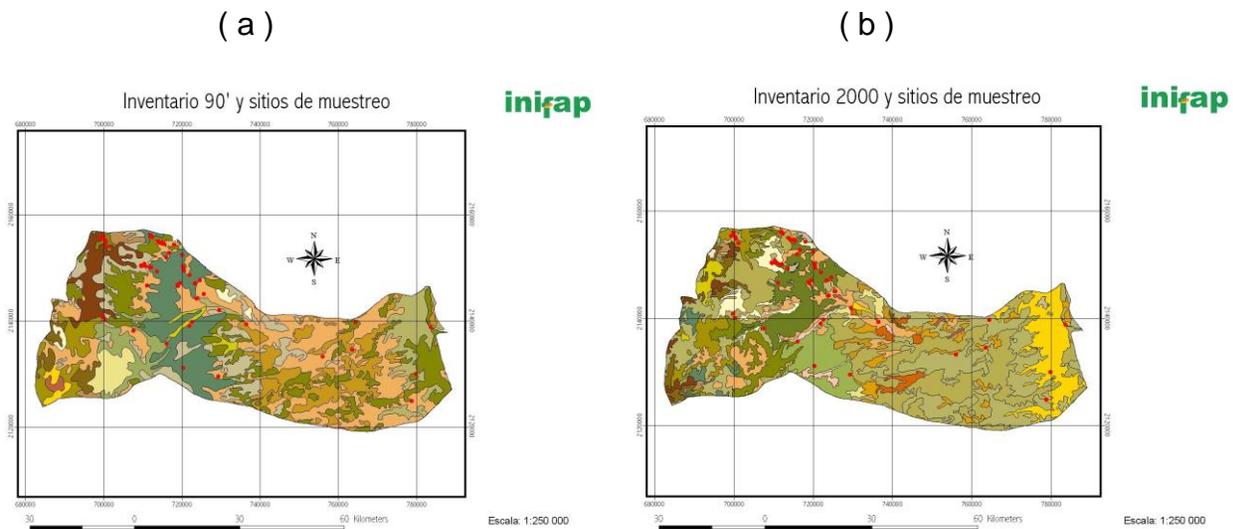


Figura 3. Tipos de cobertura en la cuenca La Antigua, de acuerdo con los datos del Inventario Nacional Forestal 1990 (a) y 2000 (b) del INIFAP y los sitios de diagnóstico de la condición ecológica, utilizados en este estudio (Fuente: INIFAP, 2003).

Estos cambios en los usos del suelo, modifican la condición de las tierras en formas que la sociedad no nota de inmediato, pero que afectan los intercambios físicos y energéticos de los terrenos. Además de que obedecen también, al grado de transformación con fines urbanísticos que la cuenca ha exhibido en los últimos 30 años, tal como ocurre en otras regiones del país.

Sin embargo, los usos y costumbres locales, no cambian de un momento a otro, y así, seguimos encontrando ejemplos tradicionales de usos del suelo y el agua. Estos usos son diversos, y sus consecuencias son diferentes en las zonas urbana y rural (Figura 4).



(a) Limpieza



(b) Pesca y captura



(c) Navegación



(d) Usos deportivos y recreación

Figura 4. Imágenes de algunos de los usos tradicionales del suelo y el agua en la cuenca La Antigua, Veracruz; (a) y (d) representan ruralidad y (b) y (c) cercanía a sitios con urbanización.

Los cuerpos de agua se utilizan para transporte fluvial (Figura 4c), en la producción agrícola, pecuaria e industrial; a nivel doméstico (Figura 4a) y comercial, lo que incluye el drenaje en áreas urbanas, suburbanas y rurales. Además, existen algunas plantas o instalaciones locales que procesan y envasan agua para beber.

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 sostienen el clima y los procesos biológicos que enmarcan a esta zona como un gradiente montañoso de ambientes templado húmedos descendiendo a planicies tropicales secas, con frecuentes microambientes de galería alrededor de las zonas ribereñas (Figura 4b).

La rica vida silvestre y los recursos bióticos como el suelo fértil, perseveran sostenidos por la humedad; y son característicos de la cuenca La Antigua, y reconocidos culturalmente como elementos importantes de la identidad regional (por ejemplo, los Parques Nacionales “Cofre de Perote” y “Pico de Orizaba”), ya sea como zonas de paseo de montaña o en desarrollos ecoturísticos, como en “Las Cañadas” y “Los Cocuyos”, en los alrededores de Huatusco). También, como cafetales productivos (desde Huatusco hasta Coatepec); como cañaverales en las planicies, o como áreas de pesca y recreación acuática, las cuales incluyen algunos desarrollos de deporte extremo (por ejemplo “Veraventuras”; “Jalcomulco Extremo”, etc.), para la práctica del descenso deportivo en vías fluviales rápidas (*rafting*) en las zonas de alta corriente (Figura 4d) a lo largo del Río Santa María – Jalcomulco; y algunas de sus cañadas y corrientes tributarias (Gobierno del edo. de Veracruz, 2008).

La presencia del agua en los ambientes se observa en forma múltiple y variada, proveyendo bienes y servicios muy distintos, que muchas veces se complementan, pero algunos son menos evidentes que otros para la población. Cada una de sus formas de uso está ligada a las tierras, como lo están también las consecuencias de su falta o exceso. Cada una de sus expresiones fluye y se utiliza de modo específico, que es distinguible de las demás; y en general, circula por separado y de modo particular, en toda la extensión de la cuenca (Román-Jiménez *et al.*, 2005).

6.2 Los inventarios del agua en la cuenca La Antigua

La oferta de agua disponible para cualquier uso puede representarse de varias maneras; la más común de ellas es mostrar la disponibilidad del agua en términos de

volumen escurrido y su variación en el tiempo. La Figura 5 resume, para cada estación hidrométrica, la disponibilidad promedio anual de agua (volumen escurrido en millones de metros cúbicos, $M m^3$) durante un período variable de años, lo suficientemente amplio como para explorar la variación de la oferta hidrológica en las partes media y baja de la cuenca La Antigua.

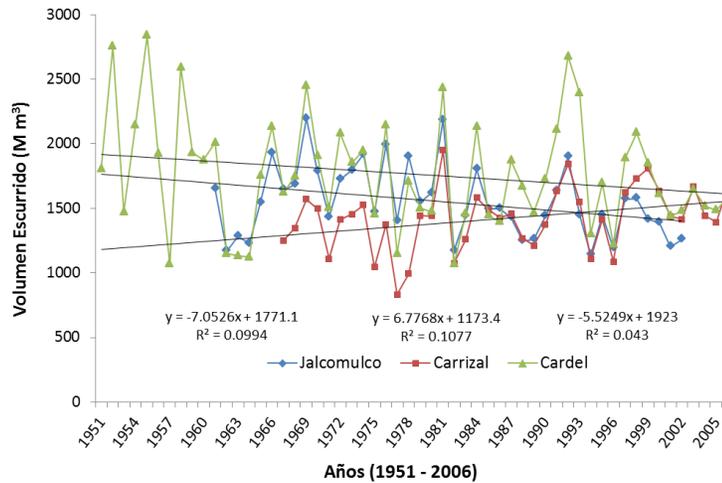


Figura 5. Volumen escurrido anual promedio ($M m^3$) en la cuenca La Antigua, a partir de registros de gasto instantáneo en tres estaciones hidrométricas, Jalcomulco (1961-2002), Carrizal (1967-2006) y Cardel (1951-2006).

Lo primero que puede observarse aquí, es que el escurrimiento tal como se mide en la salida de la cuenca, representado por los datos de la estación Cardel, refleja directamente el agua que se registra en las otras dos estaciones, Jalcomulco y Carrizal, consideradas subcuencas de la cuenca total. También se puede observar una cierta tendencia a la disminución en la cantidad de escurrimiento, al menos en el caso de las estaciones de Jalcomulco y Cardel; mientras que Carrizal presenta un comportamiento ascendente, como lo muestran los valores negativos (Jalcomulco y Cardel) y positivo (Carrizal) de las pendientes de las líneas de regresión lineal estimadas como tendencia (Figura 5). Los coeficientes de determinación de la función lineal son bajos ($R^2 \leq 0.10$), lo cual quiere decir que la cantidad de escurrimiento, no

está determinada por el tiempo, sino que sigue el tipo de distribución más o menos aleatorio de la precipitación, así que no se define claramente un patrón, periódico o cíclico, en los 40 y 50 años evaluados.

Cada año tiene su propia oferta hidrológica y lo único que se puede afirmar, es que aun el valor mínimo promedio de 831 millones de m³, registrado en la estación Carrizal en 1977, parece suficiente para cubrir los requerimientos de agua en las localidades de la cuenca. La distribución de los datos de escurrimiento de la estación Carrizal, que muestra una tendencia ascendente, refleja probablemente los efectos de su asociación con el Distrito de riego No. 35 y sus estructuras propias de acopio.

Al representar la oferta anual de agua en la cuenca, mostrando su disponibilidad por mes, lo que encontramos en las tres estaciones hidrométricas es un patrón estacional que refleja el efecto de la variación en la cantidad de lluvia que recibe la región, la cual se distribuye en meses húmedos (de junio a octubre) y secos (de noviembre a mayo). Lo más interesante de resaltar es que la oferta final, representada por la estación Cardel, es mayor a la captada en las otras dos estaciones en los meses húmedos, y menor a ambas, en los meses secos (Figura 6).

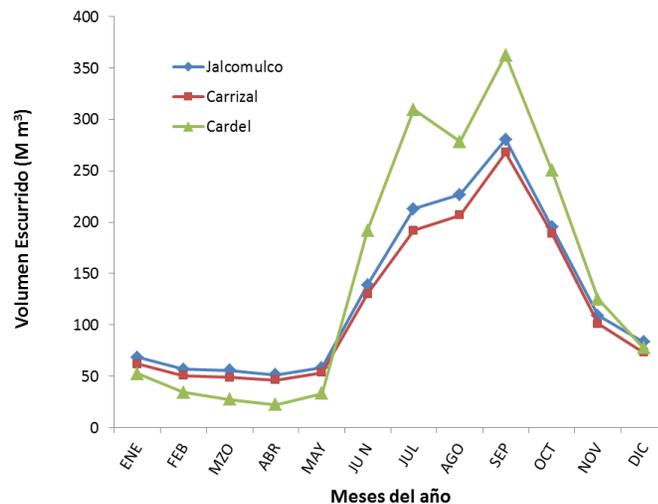


Figura 6. Volumen escurrido mensual promedio (M m³) en las estaciones hidrométricas Jalcomulco (RHN28134), Carrizal (RHN28125) y Cardel (RHN28003) de la cuenca La Antigua.

Este comportamiento de los datos refleja dos circunstancias, (1) que en los meses húmedos, la oferta hidrológica en la salida de la cuenca excede a la registrada aguas arriba, lo que por lógica representa aportes de líquido entre los puntos de aforo inicial y final; y (2) que en los meses secos, los registros efectuados en la estación hidrométrica Cardel muestran de modo más intenso los efectos de la evaporación y la evapotranspiración, pues los datos obtenidos son consistentes con las variaciones absolutas de las temperaturas máximas extremas que se registran en la estación climatológica Cardel (SMN30193), cuya variación diaria en los meses de marzo a septiembre, durante un período de 40 años, oscila entre los 35 y 39°C, con máximas históricas de 43 y 45°C, lo cual abate los datos de la precipitación mensual acumulada a valores cercanos a cero (Juárez *et al.*, 2009).

A través de estos cambios en los registros del volumen escurrido, cada una de las estaciones hidrométricas refleja indirectamente la magnitud del acopio que se hace del agua a lo largo del perfil longitudinal de la cuenca, porque el volumen total registrado disminuye ligeramente luego de pasar por la zona más densamente poblada, en la que se encuentran algunas de las ciudades más importantes del estado, como Xalapa, Coatepec, Cardel y Veracruz. El inventario de agua registrado en Jalcomulco (RHN 28134), donde confluyen las fuentes de la zona montañosa luego de ser utilizadas por la ciudad de Xalapa, muestra una disponibilidad promedio anual de 128 (mínimo 58; máximo 242) millones de metros cúbicos (Cuadro 2), que excede en más de 200% el total necesario para abastecer el sistema de agua potable de dicha ciudad capital, de acuerdo con los registros de CMAS-Xalapa (2000a).

De nuevo conviene señalar que, en general, el volumen escurrido en la salida de la cuenca es mayor al registrado en la zona media. En la Figura 7a se muestran los promedios mínimos del volumen escurrido por mes en la cuenca. Estos valores obedecen a dos causas, a la disminución natural de la precipitación y el aumento de la temperatura en los meses secos, que reducen el agua captada luego de evapotranspiración, tal como se ha explicado antes.

Cuadro 2. Volumen escurrido en millones de metros cúbicos (M m³) y sus extremos promedio anuales, estimados a partir de gasto instantáneo en las estaciones hidrométricas Jalcomulco (1961-2002), Carrizal (1967-2006) y Cardel (1951-2006).

Estadísticos Generales	Jalcomulco (Alta) RHN28134	Carrizal (Media) RHN28125	Cardel (Baja) RHN28003
Observaciones (n)	42	40	56
Mínimo	57.91	53.93	52.78
Máximo	242.20	237.34	369.60
Promedio	128.12	117.49	147.12
Desviación estándar	92.73	88.23	145.63
Coefficiente de variación (%)	72.38	75.10	98.98

Y además, a que las estaciones reflejan el cambio, entre la zona que recibe los efectos del mayor acopio urbano (Jalcomulco), y la zona rural del trópico seco (Carrizal) asociada al Distrito de riego No. 35, que se satisface después de los usos urbanos.

La Figura 7b muestra los promedios máximos de volumen escurrido, apoyando nuevamente que la distribución mensual de la oferta de agua, en los meses húmedos, excede los valores de la zona media, con los registrados en la salida de la cuenca, la estación Cardel (promedio estacional 638>416 millones de metros cúbicos).

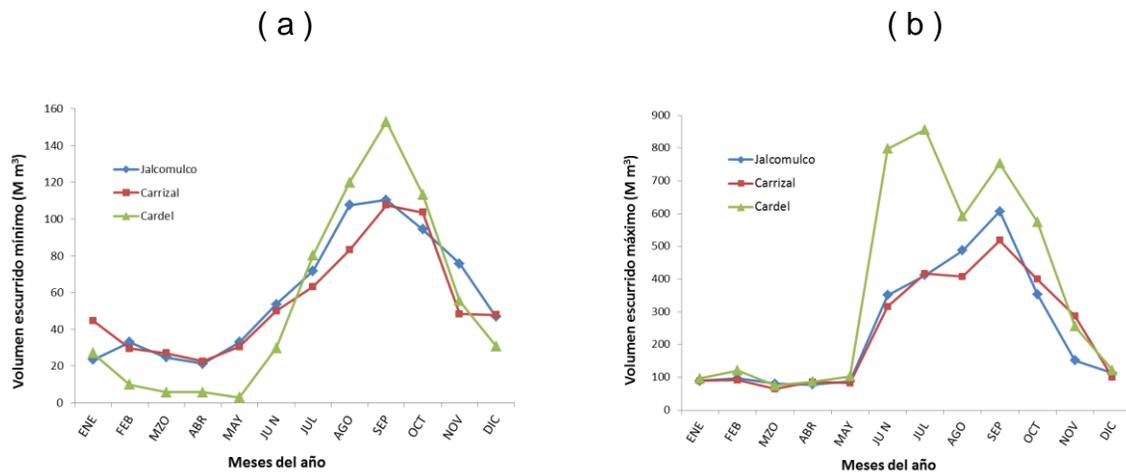


Figura 7. Volumen escurrido (a) mínimo y (b) máximo promedio ($M m^3$) y su distribución mensual en la cuenca La Antigua, a partir de registros diarios de gasto instantáneo de las estaciones hidrométricas Jalcomulco, Carrizal y Cardel.

Para examinar con más amplitud el concepto de riesgo por falta de abastecimiento o por exceso de agua (riesgo de inundaciones), se incluyen también los datos de gasto instantáneo, en sus promedios mínimo y máximo anuales para la cuenca (Figura 8). Estos valores hidrométricos representan (1) la disponibilidad inmediata de agua superficial para diferentes usos (en metros cúbicos por segundo, $m^3 s^{-1}$) en condiciones de oferta mínima (Figura 8a) de agua corriente para la cuenca en un momento dado, y (2) los escurrimientos máximos instantáneos (disponibilidad máxima de agua corriente superficial), tal como se registran diariamente en las estaciones de aforo de la cuenca y sus subcuencas respectivas (Figura 8b).

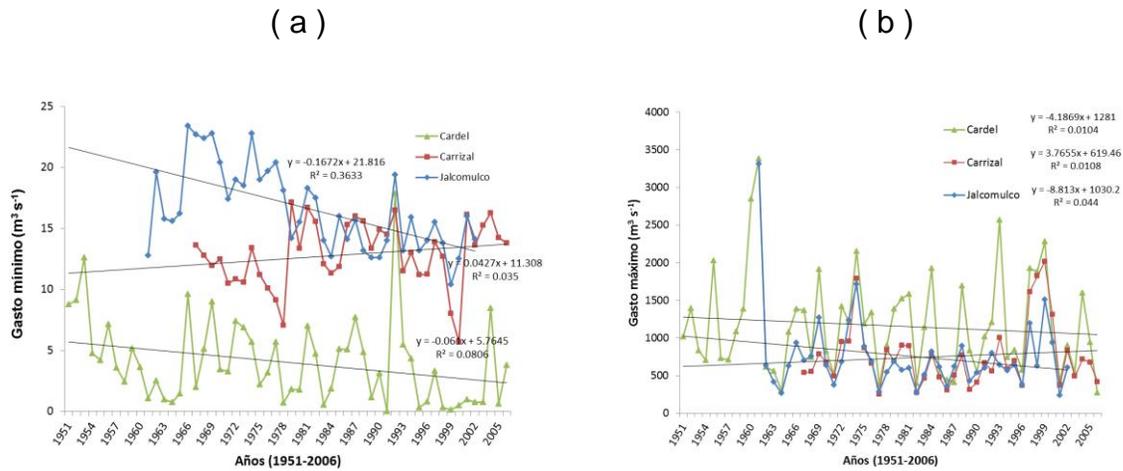


Figura 8. Gasto instantáneo (a) mínimo y (b) máximo ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) en las estaciones hidrométricas Jalcomulco, Carrizal y Cardel, que representan los extremos de la oferta de agua disponible en la cuenca La Antigua.

Lo que el valor mínimo ($5.7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) de la estación Carrizal en 1999 representa por ejemplo, es una disponibilidad diaria de agua de un poco más de $490,000 \text{ m}^3$, y el notable valor mínimo ($0.15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) correspondiente en la salida de la cuenca (la estación Cardel) para ese mismo año, representa una disponibilidad diaria de agua de casi $13,000 \text{ m}^3$. Al considerar estos valores en oposición al gasto máximo, cuyos registros oscilan entre 300 y $2,500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, esta notable variación ayuda a situar en perspectiva la condición del abasto total de agua corriente en la cuenca, y también la precisión del registro de los datos en las estaciones, pues coincidentemente 1999 fue un año de inundaciones en Veracruz (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008; CONAGUA, 2011a).

En términos generales, la oferta de agua en las tres estaciones hidrométricas es relativamente estable, con variaciones estacionales que reducen el volumen disponible en los meses más secos, de noviembre a mayo; y lo recuperan con excesos en los meses húmedos, de junio a octubre, de acuerdo con el patrón climático de la región. Además, los registros hidrométricos reflejan alguna variación después de las zonas de mayor aprovechamiento de agua para usos domésticos

urbanos, como es el caso de las poblaciones de Coatepec y Xalapa, que en sus alrededores cuentan además con extensas áreas de cultivo de caña y café, en las que se distribuye el agua corriente disponible a través de canales entre parcelas.

La oferta de agua registrada en las estaciones Carrizal y Cardel (Figura 8) varía por el efecto de las estructuras de acopio y derivación propias del Distrito de riego No. 35 (Carrizal), aguas abajo de las principales poblaciones de la zona alta y con las que se realiza la distribución para abastecer los cultivos de la región tropical seca de la cuenca; hasta el punto (Cardel) en el que ya han ocurrido casi la totalidad de los usos hidrológicos.

En las estaciones de la parte media de la cuenca (Jalcomulco y Carrizal), la oferta global de agua excede holgadamente en casi todos los años, los requerimientos de alrededor de 35 millones de metros cúbicos de agua corriente para la población estudiada (Xalapa, pág. 17). Finalmente, en la estación Cardel, los valores extremos máximos reflejan la condición en la que se han registrado aportes de agua extras al aforo de las otras estaciones; mientras que los mínimos, muestran principalmente el efecto de las temperaturas más cálidas, así como la condición en la que prácticamente ya se han satisfecho los usos del agua, cerca de la salida de la corriente principal, el río La Antigua, que desemboca en la barra del mismo nombre al Golfo de México. En esta localidad, el río nunca ha dejado de llegar al mar, ni de transportar personas en sus márgenes, dentro de pequeñas embarcaciones.

Por último, a partir de los registros de gastos máximos anuales de las estaciones de la cuenca, y utilizando el modelo probabilístico Log-Pearson III para datos hidrométricos, se presenta en la Figura 9, la proyección máxima del escurrimiento superficial (el gasto máximo instantáneo, $m^3 s^{-1}$) en horizontes futuros (períodos de retorno) desde 2 hasta 200 años, cuyos valores muestran que no existe probabilidad de riesgos por falta de abasto de agua, sino, en todo caso, por su exceso en eventos extremos con probabilidad de ocurrencia en 50, 100 o 200 años. La función así generada muestra valores que indican el riesgo por inundaciones, si se cumplen las condiciones del modelo, el cual utiliza los registros máximos anuales del gasto ($Q_{m\acute{a}x}$)

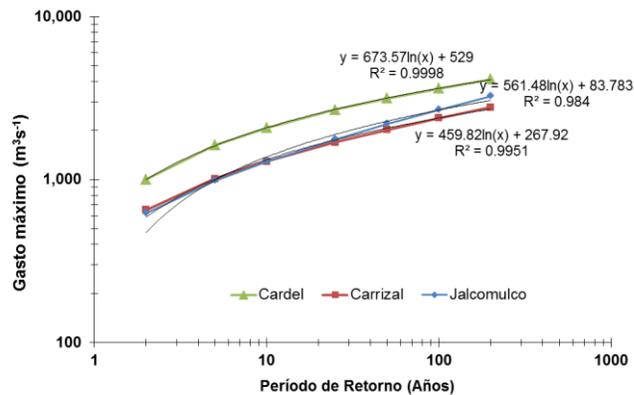


Figura 9. Proyecciones del gasto máximo ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) para la cuenca La Antigua por análisis Log-Pearson III, a partir de datos diarios de las estaciones hidrométricas Jalcomulco, Carrizal y Cardel, como estimadores del riesgo de inundaciones en períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 200 años.

instantáneo en una forma similar al cálculo de la utilidad económica que se incrementa con base en tasa de retorno en ciertos modelos financieros (OSU, 2007).

Por todo lo anterior, vistos en conjunto, los tres puntos de aforo de la cuenca muestran versiones sólo ligeramente distintas; y en la mayoría de los registros puede notarse que la oferta de agua de la cuenca La Antigua no está restringida, ni es por lo tanto, escasa, en términos de inventarios naturales; aunque sí existe una reducción volumétrica en los meses secos de la región, comprendidos de noviembre a mayo, que son los meses en los que se registran los menores eventos de lluvia.

Es notable también que la distribución temporal, y en cierto modo también espacial, de las reducciones volumétricas de agua muestran una gran variabilidad. Los períodos de seca cambian ligeramente año con año, y también son distintos geográficamente, la zona baja de la cuenca presenta más meses secos que húmedos; mientras que en la zona alta sucede lo contrario. Aun cuando se examinan los valores extremos, el abastecimiento de agua muestra estabilidad, además de algunos picos de recuperación del agua disponible en los meses de julio a septiembre; y cuando la estación Cardel registra disminución en la disponibilidad volumétrica (valores

excepcionalmente bajos de gasto mínimo extremo) en los meses de marzo a mayo de algunos años, debe considerarse que la alta evaporación originada por muy elevadas temperaturas puede afectar notablemente las lecturas; y también, recordarse que en este punto, las demandas de uso de las zonas más pobladas ya han sido satisfechas.

Dicho de otro modo, los registros hidrométricos muestran que en términos del consumo de agua de la cuenca, existe inventario hidrológico suficiente para satisfacer la mayoría de los usos existentes; y que incluso los períodos con menores volúmenes registrados, que no son exactamente los mismos a lo largo de toda la extensión de la cuenca, tienen en general suficiente agua disponible como para no comprometer el volumen necesario para los usos particulares. Más aún, las estaciones hidrométricas ubicadas en distintas zonas de la cuenca, muestran registros dispares, lo que enfatiza la importancia de la distribución espacio temporal de los flujos de agua, así como el impacto que las condiciones de los sitios de su tránsito, tienen sobre la disponibilidad y la calidad total del agua a lo largo de toda la cuenca.

Entonces, si la limitante para los usos del agua, no es su cantidad sino la variación espaciotemporal de su disponibilidad, el asunto se convierte en un tema de escalas geográficas y sociales. Es decir, en oportunidades distintas de uso del agua, que varían de acuerdo con dónde, cómo y cuándo, la necesitan las personas (usuarios) y sus grupos, de manera independiente y complementaria de las distintas funciones que el agua cumple en el ambiente. Tal como lo reflejan estudios realizados en zonas del mundo como la India, África central, y los países árabes, aunque sólo se refieren al uso de agua líquida para consumo humano y agrícola (Tropp, 2006).

6.3 El modelo de usos del agua y su interpretación

El agua como sustancia geológica es todavía, desde un punto de vista práctico, infinita e inagotable (De Villiers, 2003). Sin embargo, la propuesta de este trabajo es que el manejo del agua y sus oportunidades de uso, no tienen que ver con una sustancia geológica genérica, sino con un catálogo de opciones de uso, que conllevan

consecuencias y características definibles para cada una. A pesar de que se han hecho cuantiosos análisis y caracterizaciones del agua (H₂O), que la muestran apropiadamente como una sustancia particular, hasta la fecha no se ha logrado definir, a partir de sus oportunidades de uso, los distintos productos que aporta; ni caracterizar a partir del recurso sustancial general, bienes o servicios definitivos, en un sentido económico. Al igual que muchas otras sustancias, el agua cambia sus balances de materia y energía mientras circula en la biósfera; no obstante, tiene un carácter singular: El estar presente de forma abundante en tres estados físicos, y ser la base de todos los procesos metabólicos y geológicos planetarios (Spellman, 2008).

Este carácter hace que pueda ser acopiada y utilizada y reciclada, en formas tan diversas, que rebasan por mucho las opciones de cualquier otra sustancia. Un análisis y el diseño preliminar de la caracterización de los usos del agua en la cuenca La Antigua, fue presentado por Román-Jiménez y colaboradores en 2005, como un caso particular de manejo forestal multiobjetivo. Los autores señalaron que el agua es por naturaleza un recurso múltiple cuyo uso es común, fragmentado y permanente; pues es proveedor de una variedad tan amplia de productos y servicios, que algunos de ellos no siempre resultan distinguibles para el público.

El modelo creado a partir de este estudio de caso muestra que 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 consecuencias que pueden definirse por separado, generando un catálogo de opciones. En el Cuadro 3 se presenta un ejemplo del modelo de caracterización del uso del agua en la cuenca La Antigua, que muestra que cada uno de sus usos o consecuencias tiene atributos particulares que lo distinguen de otros.

Cuadro 3. Ejemplo de atributos del agua en algunas de sus alternativas de uso o sus consecuencias, seleccionadas con base en las opciones presentes en la cuenca La Antigua, Veracruz.

	Agua para beber [§]	Drenaje	Riego	Erosión	Navegación	Generación eléctrica	Deportes
Temperatura (° 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 ⁻¹	Descarga variable	Depende del cultivo	Desconocido	Indistinto	>1x10 ⁶ m ³	Desconocido
Velocidad	0	Indistinta	Indistinta	>1 m ³ s ⁻¹	0 – 10 Km h ⁻¹	>1m ³ s ⁻¹	>1 m ³ s ⁻¹
pH	7	3 – 11	5 – 8	3 – 11	5 – 8	3 – 11	5 – 8
Contenido de sales	<0.5 g L ⁻¹	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)

Aun los procesos químicos espontáneos, los metabólicos o los industriales que consumen agua, la descomponen y sintetizan, de modo que presentan al final un cambio neto cercano a cero porque sus procesos paralelos liberan moléculas de agua. En cualquier caso, en la mente del público y en los balances hidrológicos se pasa por alto el posible papel de la síntesis y la descomposición química del agua, de modo que para los fines de este trabajo el balance químico neto es esencialmente neutral. Así que los distintos usos del agua, sólo la cambian de lugar, y en el camino, modifican su calidad y su disponibilidad.

Las distintas oportunidades de estas opciones, dan lugar a la posibilidad de agregar valor económico al agua, así como a medir los términos en los cuales impacta la calidad de vida de las personas. Puede decirse que existen ciertos usos directos del agua con valor positivo, como utilizarla en la producción y la provisión de bienes y servicios; y también otros, como la descarga de las aguas negras y los procesos de inundación, erosión y azolve de los embalses, que tienen valores negativos con respecto al bienestar.

En la literatura contemporánea sobre economía de recursos naturales, diversos autores han señalado que tanto los valores positivos (los servicios ambientales) como los negativos (las consecuencias no deseadas) son externalidades para los usuarios en la mayoría de los procesos involucrados, porque las personas que se benefician de ellos no los perciben directamente, debido a que se encuentran alejados de su origen, tanto geográfica como temporalmente (Merino, 2005).

Esta lejanía en la percepción de las consecuencias de los usos del agua, puede ser la justificación del porqué en la mayoría de los análisis sobre el tema, la disponibilidad a pagar por el agua (López *et al.*, 2007; Torres y Guevara, 2009); o más aún, por manejar las consecuencias de las aguas residuales es nula o muy baja; a pesar de considerarse un asunto muy importante por sus implicaciones en bienestar y salud (Pacheco, 2005; Madrid *et al.*, 2009a). Además, pueden existir también repartos presupuestales ineficientes, por ejemplo en relación con la inversión para el manejo de las aguas de desecho, y algunas de estas condiciones inequitativas tienen que ver

con situaciones sociopolíticas ajenas a la lógica de las instituciones responsables de tomar las decisiones sobre el agua y su manejo (Pacheco, 2007).

El valor negativo de estas externalidades puede ser elevado, porque incluye muy distintos rubros económicos, en resumen es el costo total de las consecuencias no deseables, aquéllas que el público o los gobiernos pagan por evitar. Existen por ejemplo, algunos presupuestos económicos internacionales sobre el costo de los desastres debidos a eventos climáticos catastróficos, en los que el agua es un componente principal; una estimación al respecto para los Estados Unidos, que cubre desde pérdidas materiales por destrucción hasta riesgos por incremento en el costo de los seguros, está documentada por Kunreuther y colaboradores (2009).

Sea cual fuere el caso de cada opción, con una adecuada caracterización, cada uso o consecuencia del agua se puede acotar de la manera más singular posible, seleccionando para ello un cierto número de características. Cada una de sus opciones de almacenamiento, uso y disposición se puede describir a través de un conjunto de atributos único y finito, al detalle que se requiera, tal como se ha mostrado con los ejemplos del Cuadro 3.

6.4 Evidencias locales en La Antigua que apoyan el modelo de uso múltiple

6.4.1 Percepción pública del uso del agua en la cuenca

En la cuenca los usos del suelo y el agua se efectúan libre y casi irrestrictamente en todo su territorio, pues no están regulados localmente. La normatividad de derechos sobre agua es acorde al dictado de las leyes federales (DOF, 2004). Aunque existió una iniciativa municipal (en Coatepec) que logró debatir la necesidad de que las acciones sobre tierras y aguas se enmarquen en el consenso del público local (Ayuntamiento de Xalapa, 2005); y está documentado un intento inicial de estimación de la huella ecológica del uso urbano del agua en Xalapa (Callejas y Wackernagel, 2003), como un primer intento de analizar prioridades y efectuar negociaciones en torno a los derechos de uso.

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 (Apéndice 2, punto 65) y, el agua que derivan, en la producción agrícola, pecuaria e industrial. También por supuesto están los usos domésticos y comerciales, en los que están incluidos el drenaje en las áreas urbanas, suburbanas y rurales, y las instalaciones que procesan y envasan agua para beber.

El análisis en la cuenca La Antigua, sobre la calidad del agua y su disponibilidad variable a lo largo de la cuenca muestra que el agua es en general un recurso abundante y disponible. A pesar de ello, llegan a existir conflictos de abastecimiento por diferentes razones que tienen más que ver 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 comercial (Apéndice 2, puntos 5-12, 14, 70), cediendo el paso a usos económicos ventajosos, como los cultivos de café, caña y frutales, o la producción de ganado (Apéndice 2).

El agua de riego agrícola se contamina con agroquímicos y sales naturales en su paso por parcelas y arroyos (Apéndice 2, puntos 19, 38, 39, 49, 55, 58 y 69), y aunque esta agua se suma al escurrimiento disponible para usos domésticos y comerciales, no puede ser utilizado inmediatamente (CMAS-Xalapa, 2000a). Por supuesto, es mínima la cantidad de agua de riego que ingresa físicamente a las plantas (Hoekstra y Chapagain, 2008), y al volver a la red hidráulica natural, las descargas agrícolas incrementan el volumen disponible de forma importante, e incluso a riesgo de exceso, sólo que esta agua requiere ser tratada para reducir sus niveles de contaminantes a límites aceptables de inocuidad.

La zona más densamente poblada de la cuenca no cuenta aún con plantas de tratamiento de aguas residuales, y tampoco existe normatividad local sobre sedimentos permisibles, ni vigilancia eficaz sobre el cumplimiento de las normas federales al respecto de la contaminación por usos agrícolas y pecuarios. Debido a eso, el comportamiento de los habitantes y los principales grupos de 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 sanitarios, 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 incluye dentro del contexto de escaso valor, que la sociedad en su conjunto otorga a los ambientes naturales (del Ángel *et al.*, 2006); incluso en zonas 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 son los usos humanos (domésticos, comerciales o industriales y sus servicios de descarga); quizá porque el esquema de administración actual permite la vigencia del régimen de propiedad de las tierras. En Veracruz, como en los demás estados del país, en el marco de la Ley de Aguas Nacionales y los artículos en materia de aguas de la Ley Federal de Derechos (DOF, 2004; LFD, 2006), el agua de la cuenca es un recurso de acceso libre hasta que es captada por la infraestructura hidráulica.

Las cantidades de agua captada en las obras de cabecera así como de los escurrimientos y los mantos freáticos aguas abajo, se reparten entre los distritos de riego y otras instancias públicas de abasto para los núcleos de población. En ambos casos el agua termina siendo vendida como mercancía a los usuarios, de acuerdo con la tarifa y vigencia de sus derechos. También, por la disposición de las aguas residuales se pagan algunas cuotas establecidas por el concesionario según sus propios criterios de operación (CMAS-Xalapa, 2000b).

Sin embargo, como hemos revisado, el agua no es sólo agua potable, ni beneficia a los individuos sólo porque puede beberse o servir para limpiar. Es conveniente entonces intentar suscribir sus valores e intercambios no evidentes de manera amplia y no a nivel particular (Engel *et al.*, 2006; Meshack *et al.*, 2006). Al respecto, la tenencia de la tierra en México presenta opciones muy interesantes, que dan bases para explorar las opciones de valor del agua y el ambiente desde el punto de vista del manejo comunitario, señalando algunas diferencias según éste sea privado o mancomunado (Bray *et al.*, 2003); así como para buscar mejores

intercambios de capital y desarrollo entre las comunidades rurales y urbanas (De los Ríos-Carmenado *et al.*, 2011).

Para representar algunas de sus relaciones funcionales y mostrar otros valores e intercambios no explícitos del agua, se esquematizan en la Figura 10 las estimaciones de oferta de agua (en $\text{hm}^3 \text{ a}^{-1}$, equivalentes a millones de metros cúbicos por año) de la cuenca La Antigua, y se muestran algunos de sus destinos comunes. Las cifras estimadas se calcularon usando (1) la metodología general de CNA, de acuerdo con la información de la Gerencia Regional Golfo Centro, quienes expresan que usan una ecuación (Método de Cálculo General de Esguerrimiento) que aplica las curvas de gasto (archivos BANDAS) de las estaciones hidrométricas de la Red Hidrométrica Nacional (IMTA-CONAGUA, 2008) sobre las superficies de la cuenca; y (2) los porcentajes estimados por algunas de las comisiones del agua con representación regional en la cuenca; estas son, los Consejos Municipales de Agua (CMAS-Xalapa, 2000a); y la CONAGUA (Gerencia Regional Golfo-Centro, 2004, comunicación personal).

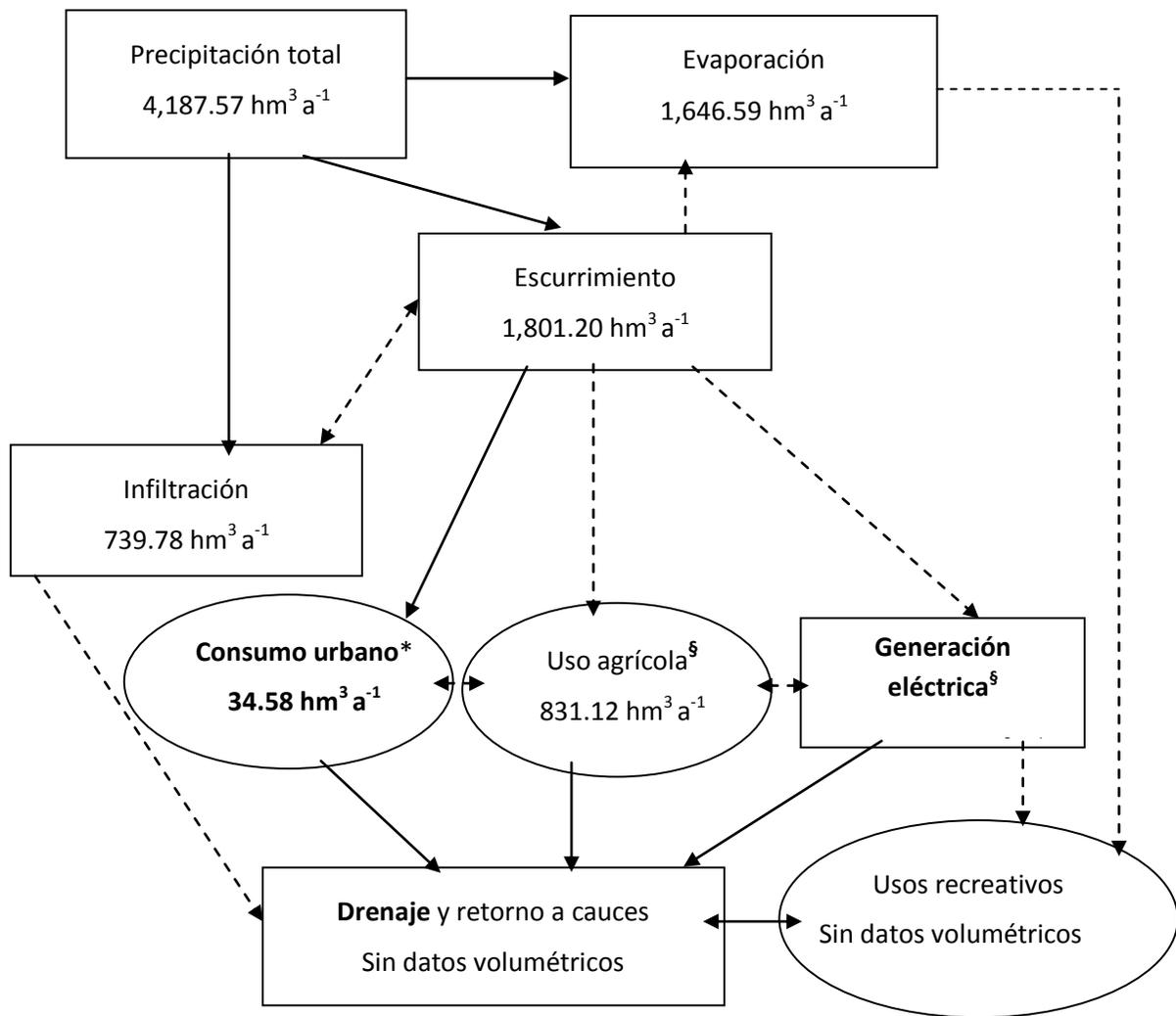


Figura 10. Componentes hidrológicos ($\text{hm}^3 \text{a}^{-1}$) y sus destinos de uso en la cuenca La Antigua, generados a partir de estadísticos publicados por IMTA (1999), IMTA-CONAGUA (2008) y CMAS-Xalapa (2000a). Los rectángulos representan flujos permanentes y los óvalos, intermitentes. Las flechas continuas implican certeza y las discontinuas, incertidumbre, en el intercambio volumétrico de los flujos de agua. Ciertos valores económicos están disponibles sólo 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).

Como puede verse, algunos datos volumétricos no existen, pero el agua se utiliza de todas formas en toda la cuenca. Pocas prácticas relacionadas con el manejo del agua tienen costos y precios claramente definidos (el agua de uso urbano doméstico, comercial e industrial, y las tasas fijas por manejo de aguas residuales). El

diagrama muestra al drenaje como un factor clave y constante, porque la precipitación, el escurrimiento, y los flujos residuales de todos los destinos de uso del agua, vuelven a los cauces.

Aunque sea verdad que el agua es parte del capital natural, y que por eso su uso conlleva consecuencias que pueden generalizarse en escalas amplias (Spellman, 2008), en la práctica es común que el público no sea consciente de que el agua líquida que recibe, utiliza y recicla en casa es sólo parte del total del agua que usa, ya que la misma presencia y las actividades que desarrollan las personas (a través de la respiración, la hidratación, la transpiración, y la termorregulación), requieren y disponen del agua presente en el ambiente en cualquiera de sus formas.

El público tampoco es consciente de que los usos domésticos y comerciales del agua son prácticamente los únicos que tienen tarifas de cobro, porque es sólo para tales usos que las entidades administradoras del agua calculan cuotas de distribución, disposición y desecho (drenaje), los cuales contribuyen al mantenimiento de sus instalaciones y de sus costos administrativos y de operación (CMAS-Xalapa, 2000b).

La sociedad recibe información ocasional sobre otros intercambios económicos, como los subsidios o los 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 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 (CONAGUA, 2011a). En este sentido, las posibilidades de alternativas con valor agregado están del lado de la calidad, la

oportunidad y el servicio. La circunstancia que no debe ignorarse es que el agua que se recibe puede ser usada por muchos antes de un “consumidor final” determinado, sin mayor detrimento del beneficio a los involucrados y prácticamente sin impacto a terceros. Además, se espera que haya opciones variadas para purificar o adecuar el agua para los fines subsecuentes luego de haberla empleado en otros fines.

En la cuenca La Antigua se encuentran ejemplos claros de una convivencia en torno al agua y sus facetas múltiples. 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 y colaboradores (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 las demás 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.

6.4.2 Usos del suelo y su relación con los usos, servicios y consecuencias del agua

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, lo que también es el medio de transporte local entre las colonias a ambos márgenes del río; y comer en los restaurantes de la zona, que cuentan con sus propias redes de captura de crustáceos en las orillas, para el abastecimiento de sus clientes (Apéndice 2, punto 65). Por esta situación, se favorece el microclima ribereño, con vegetación en la orilla, que mantiene el agua oxigenada, la temperatura más estable, 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, 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 del lado de la margen baja del río, que se deja libre de construcción y se utiliza como sendero 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 estas 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 inintencionadamente, hábitat y alimento para aves, 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. Estas condiciones, son riesgos para calidad de agua, que aún son imperceptibles para la población.

La región media de la cuenca, donde el cauce principal fluye por cañadas y sus tributarios con corrientes que van de efímeras a estacionales, presenta una rica configuración ambiental, definida por el tipo de uso de suelo que es preferido como opción económica por los propietarios (Figura 11). Así encontramos cultivo y beneficio de café a sol (Apéndice 2, punto 39) y a sombra (Apéndice 2, puntos 14, 18, 27-31, y 46); cultivo y procesamiento de caña de azúcar (Apéndice 2, puntos 19, 38,); árboles frutales (Apéndice 2, puntos 54, 55 y 58); plantíos de hortalizas (Apéndice 2, puntos 51 y 58); huertos y cercos vivos (Apéndice 2, puntos 66 y 68); cría y mantenimiento de ganado (Apéndice 2, punto 63-64) menor (cabras, ovejas y aves de corral); y mayor (vacas, toros y caballos). Hay agua en cada una de estas opciones, en muy diferentes formas, no sólo en los cauces (Figura 11d), sino en los canales entre los cultivos, los

desagües, los tanques de almacenamiento, y en las fábricas embotelladoras de agua y refrescos. Hay neblina, llovizna, brisa y rocío; microclimas específicos de los ambientes de galería y pendiente (Figura 11a y c), que constituyen la forma de vegetación original más conspicua de la región: El bosque mesófilo de montaña (Figura 11b). 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. Y también es evidente la costumbre tradicional de domesticación de canoras y pequeños mamíferos.



(a) Paisaje forestal de transición



(b) Cafetales en bosque mesófilo



(c) Parcelas en descanso en selva baja



(d) Captura de crustáceos en áreas ribereñas

Figura 11. Algunos ejemplos de usos del suelo en condiciones de paisaje forestal en la cuenca La Antigua, que presentan compatibilidad alta con el manejo del agua, y muestran manejo responsable con fines de uso múltiple.

La Figura 11 es una muestra de algunas opciones turísticas que conservan, por decisión de los propietarios, la apariencia rural de la región; sitios con un enfoque campirano que privilegia lo rústico sobre lo artificial, y que convierten al paisaje en un valor agregado, como sucede en Xico, Teocelo, Coatepec, San Marcos y la Hacienda Zimpizahua (Apéndice 2, puntos 78, 79, 82-84); todas ellas localidades preferidas del turismo nacional. Al igual que existen en la periferia de las ciudades más grandes, como Xalapa, Coatepec y Huatusco, zonas habitacionales de altos ingresos, que conservan por decisión de los propietarios, este mismo estilo pero que llevan a cabo obras de construcción, mantenimiento y arquitectura de jardines, las cuales introducen mejoras sustanciales a la condición de los cauces y los caminos (Apéndice 2, puntos 1-3, 25, 26 y 34).

Sin embargo, como se ha mencionado antes, hay grandes diferencias entre las formas de manejo del agua por los pobladores en las distintas localidades de la región, cuyos impactos son inadvertidos; y constituyen en realidad opciones negativas para calidad de agua, a través de una degradación de las condiciones del suelo y de la vegetación. El cultivo de café a sol en laderas (Apéndice 2, punto 4), resulta opuesto al cultivo del café orgánico (Apéndice 2, puntos 27 y 46), 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 les ve disponiendo de una mejor infraestructura de caminos (Apéndice 2, puntos 39, 74 y 76). 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, que no se considera necesaria o no se cumple, por inercia social local (Apéndice 2, puntos 17, 47, 58, 60); estos forman parte de una sección menos visible del desarrollo, donde no existe una

decisión inminente de modificar el entorno rural para mejorar sus opciones de calidad de tierras y aguas.

Un caso similar resultan 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 (Apéndice 2, puntos 41, 56 y 68), intercalados topográficamente con los centros de población; y que por su carácter promueven el tránsito continuo de visitantes y sus desechos, con los conocidos efectos de compactación y aportes sedimentarios en las laderas y los caminos (Apéndice 2, punto 41). Otras actividades cotidianas de los asentamientos humanos que interactúan con los cauces incluyen baños y lavado de ropa en los ríos (Apéndice 2, puntos 70-72 y 77); sin contar con que los drenajes se vierten en ellos, de forma continua, 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 conflictos con el manejo y la calidad del agua de todas las opciones posibles en la cuenca. No existen restricciones sanitarias para el acceso del ganado a los cauces. El libre abrevadero aporta contaminación biológica en las riberas y cauces de las zonas altas e intermedias (Apéndice 2, puntos 4 y 7). 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 (Figura 12c) 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 (Figura 12 a,d) dan lugar a los ejemplos más graves de deterioro vistos en la cuenca (Figura 12b).



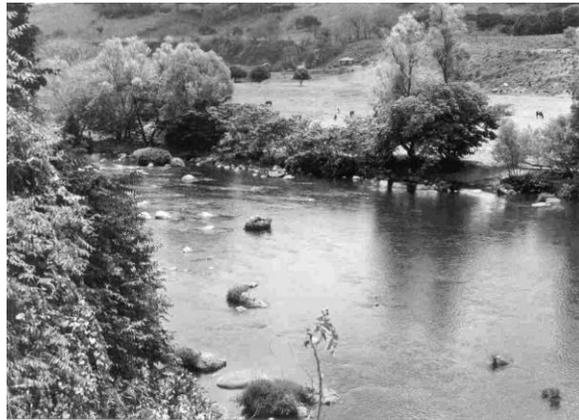
(a) Caminos rurales



(b) Apacentamiento



(c) Usos fragmentados de la tierra



(d) Usos pecuarios

Figura 12. Algunos ejemplos comunes de usos del suelo en la cuenca La Antigua, que presentan compatibilidad baja con los usos posibles del agua, y 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 aportes regulares de agroquímicos para mantener libres de arvenses a extensos monocultivos de caña de azúcar; y además desecha los residuos de la refinación hasta su comercialización, del jarabe obtenido a partir de su cosecha (Apéndice 2, puntos 54-56).

El cultivo de la caña es una opción económica muy atractiva por sus ganancias, pero también agrega tensión al estado de los caminos y los 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 justificación social para negociar un aporte especial de cuotas de mantenimiento a las carreteras federales, a los caminos vecinales, o a las brechas y drenajes entre los cultivos. Además, se desconoce en la región a nivel público, el contenido bioquímico y la frecuencia de las descargas de los ingenios a los cauces.

De manera complementaria al uso y la apropiación del agua líquida desde los cauces, se encuentra el mantenimiento y la conservación del recurso total, el agua de los otros almacenes naturales, que al moverse por la cuenca, 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 las actividades de la población, los productos de la economía regional; y además 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 total ausencia de una administración basada en racionalidad gerencial estricta, o de un mercado definido para cualquiera de sus opciones de uso.

La cuenca La Antigua mantiene así, condiciones plenamente habitables aun con los aspectos negativos del agua, como la disposición del drenaje y los riesgos de seguridad relacionados con la posibilidad de eventos catastróficos, como inundaciones o deslaves. En general las actividades sociales y económicas funcionan de manera continua, aunque llegan a existir conflictos, generados por accesos coincidentes de algunos grupos de usuarios, cuando desean el mismo tipo particular de agua en un mismo perfil temporal.

Estas evidencias apoyan lo que se ha descrito como la necesidad de encontrar mejores modos de administrar el agua, en el sentido de custodiarla como un bien fundamental que forma parte del capital natural global (Spellman, 2008); que no es un recurso particular limitado a usos únicos, sino que constituye un catálogo amplio de opciones y formas de uso, asociadas con otros bienes y servicios, a los que se accede

en un contexto social (Román-Jiménez *et al.*, 2005); y que mucho menos debe sobresimplificarse tecnológicamente para ser caracterizada como un solo tipo de bien o servicio, como lo es su disposición líquida y entubada, para uso doméstico o comercial, y mayoritariamente urbano.

Si se espera que el manejo del agua sea realmente eficiente, equitativo y durable, es necesario comenzar a verlo como un asunto humano, que implica negociación, facilitación y consenso, en todos los niveles de su apropiación, conservación y reparto. Sobre todo en sus facetas más sensibles a la generación de accesos unilaterales o privilegios discrecionales, generalmente asignados desde una posición centralizada, que en práctica guían a conflictos; o que lucen bien en papel, pero son difícilmente traducibles en acciones (UN, 2009).

7. DISCUSIÓN GENERAL

El hecho de que las vías y las interacciones de las actividades humanas con los sistemas naturales sean con frecuencia poco explícitas, genera a la vez, una falta de responsabilidad y un falso sentido de seguridad, con respecto al abastecimiento de los bienes y servicios que los sistemas ecológicos proveen. En lo que respecta al agua, hasta ahora todavía un bien de acceso común en México, el análisis de su abastecimiento desde el punto de vista tecnológico (hidrología y derechos de distribución) apoya el modelo propuesto y su validez. Las funciones hidrométricas muestran que, si acaso existen riesgos con el agua, la mayor parte del tiempo no se debe a su falta, sino a su exceso y al grado de degradación de su pureza.

El agua total abunda en la cuenca La Antigua, así como fluye continua y ampliamente en otras cuencas del país; y debido a que ninguno de sus usos comunes la extingue como substancia dentro de las tierras, el manejo del agua no debería concentrar tantos esfuerzos y expectativas en regular sus inventarios totales, sino en responder mejor a las necesidades de su disponibilidad y conveniencia para los usuarios; y también en enfrentar las consecuencias de las aguas residuales o excedentes (Pacheco, 2005). Es a partir de ellas que pueden aparecer interferencias y conflictos, cuando un cierto uso y sus consecuencias restringen el uso en un sitio distinto o impactan a la sociedad de algún modo.

Si con fines esquemáticos se sitúa el principio del movimiento del agua en la precipitación, las entradas de un sistema hidráulico de abastecimiento regional son relativamente constantes en términos de cantidad, porque los límites geográficos y el patrón climático general permiten hacer estimaciones cuantitativas razonablemente confiables, basadas en registros y distribuciones probabilísticas (IMTA-CONAGUA, 2008). Sin embargo, la disponibilidad particular de los volúmenes de agua es variable en tiempo y en espacio. Por eso no tiene tanto sentido saber cuánta agua caerá, sino saber de qué manera se concentrará, se desplazará y estará disponible para usarse, dentro de los límites de una región (Lamy *et al.*, 2002).

Debido a que el agua corriente es un fluido, en un tiempo generalmente corto las tierras bajas acumulan significativamente mayor cantidad de agua que las altas (Lal, 2000). En cambio, lo que requiere creatividad y planeación en distintas escalas, es la predicción y el control de la trayectoria de los flujos (Newbold, 2002). Esto puede diseñarse aprovechando los indicios del perfil topográfico de la cuenca, moldeado a su vez por el propio curso del agua a lo largo de mucho tiempo, y que contiene un historial de eventos que se pueden leer e interpretar. Por eso la importancia de la lectura del paisaje, como un medio de análisis y caracterización de las condiciones de los sitios susceptibles de manejo, que pueden integrarse de mejor manera en un esquema de uso con objetivos múltiples (Shindler, 2000; Lamy *et al.*, 2002; van Rensburg *et al.*, 2002). La característica coincidente de estos análisis es que señalan que el manejo del agua debe efectuarse de modo integral, relacionando la substancia con su matriz contenedora, esto es, con las tierras.

Con respecto a la calidad del agua, puede afirmarse que ésta se degrada conforme se usa desde las tierras altas hacia las bajas y finalmente hasta el mar. Lo que en términos prácticos significa que el agua en la cuenca alta, el agua más limpia, con mayor energía, constituye agua de alta calidad que es potencialmente conveniente para más usos y propósitos, que el agua en la desembocadura de la red natural de flujos. Esto implica al menos dos cosas, que los usuarios aguas abajo tienen más riesgos potenciales; y también, que no sufren interferencia alguna si sus requerimientos son distintos de aquéllos de los usuarios en la cuenca alta, o si el agua utilizada se remedia antes de que lo noten. Por ejemplo, la generación hidroeléctrica desecha agua perfectamente adecuada para limpieza, para irrigación y otros usos; mientras que las aguas residuales de la generación nucleoelectrica necesitan enfriamiento y filtros antes de ser aceptables para la mayoría de los otros usos posibles.

Como lo hemos presentado inicialmente, percibir al agua entubada como un líquido vital estimula los niveles de tensión individual y social de nuestro país, y de cualquier otra nación en el mundo. En apariencia se persigue que el público tome

conciencia con respecto al uso del agua, pero lo que se consigue es que abunden la negación de la realidad y sus señales. Derivada de una generalización de esta percepción facilitada por los medios, la incongruencia de los actos humanos cotidianos debería sacudirnos: Si el agua entubada fuera costosa (valor monetario) o realmente nos importara su calidad (valor administrativo), no se dispondría tan liberalmente luego de usos como el desecho de sólidos y líquidos, el lavado de ropa o el aseo personal, y menos aún en el caso del riego de jardines, o en la limpieza de pisos interiores o exteriores.

El agua que realmente cuesta cara tiene marca, se embotella con cerradura hermética, y sus propiedades físicas, químicas y biológicas tienen garantía sanitaria (Milenio Semanal, 2001). Esta agua también sirve para lavar un auto, pero no la usamos para ese fin, porque resultaría demasiado costoso. Si aplicamos conceptos de racionalidad económica, esta forma posible de usar el agua embotellada, garantizada como potable, resulta inaceptable por 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.

Aplicar un precio a pagar por el agua entubada, y pretender incrementarlo de acuerdo con la liberalidad de su uso, hace aparecer esta venta no como un servicio, sino como el cobro por el uso de una sustancia vital irremplazable. Sin embargo, como señala Robert (2002), el agua que se nos entrega disponible en accesos domésticos, es cada vez más cercana, desde todos los puntos de vista, y especialmente desde el administrativo, a un producto industrial derivado que a un recurso natural.

El concepto importante a resaltar aquí es que el agua entubada, la que en el manejo doméstico resulta indispensable (valor comercial), no es el agua que en realidad necesitamos (valor natural). Las verdaderas funciones ecológicas y ambientales del agua no son cumplidas, ni en la cuenca La Antigua, ni en ninguna otra, por el líquido que cursa el territorio en tuberías.

La severa sentencia que juzga y agrega etiquetas al uso libre del agua entubada, se ha convertido en un criterio objetivo de optimización tecnológica a nivel doméstico, mientras se desvía la atención del hecho real de que estas conductas y los actos que pretenden evitar el consumo de agua en “grandes” cantidades conducen una y otra vez a empeorar las opciones globales de su manejo; a alterar sus funciones ecológicas; a complicar su administración colectiva; y a reducir la satisfacción individual de usarla. Una actitud objetiva más saludable sería aceptar que llamar “desperdicio” al uso irrestricto no es más que una costumbre y un discurso moralizante generalizado que puede ser atenuado dependiendo de las particularidades locales, y de ciertos criterios de eficiencia social en la administración pública, para alcanzar un nivel autónomo de uso, mantenimiento y control del agua más cercana a los usuarios.

Un juicio moral severo tiene también la sesgada cualidad de alterar la lógica de los sistemas de producción. Al buscar privilegiar un comportamiento de reducción al consumo; o bien tratar de lograr alguna eficiencia parcial en los procesos tecnológicos que utilizan agua, se niega la relación que existe entre los factores de su “producción” (es decir, acceso, limpieza y distribución), sus efectos mixtos, y la eficiencia final del proceso. El resultado son soluciones incompletas, que buscan y pueden recibir elogio público, pero que están muy lejos de ser una solución económicamente eficiente al sistema completo, de alcance nacional, del manejo del agua en nuestro país.

En lugar de permitir el acceso como meros usuarios que obtienen un producto por lo que pagan por él, del mismo modo que ocurre con cualquier manufactura de la cual existen objetos de remplazo fácilmente disponibles, los bienes naturales requieren la generación de una *conciencia de uso*. Esta verdad es especialmente aplicable en el manejo de recursos asociados con los depósitos del agua (Lal, 2000). Extraer sus volúmenes naturales y desplazarlos desde sus almacenes y flujos, en amplias escalas geográficas, no equivale por ejemplo al uso de los servicios turísticos de gran nivel, en los que el usuario se aísla de cualquier responsabilidad en su calidad de visitante.

El uso del agua es una situación de carácter local y cotidiano, cuyos alcances, consecuencias y limitaciones, incidirán continuamente en la vida de los usuarios y su bienestar. Por eso se requiere la definición de un marco de uso para este recurso, cuyos límites sean lo más claros posibles. El inventario volumétrico del agua no es precisamente como el de cualquier otro producto en una tienda de conveniencia; aunque sus ritmos de adquisición y disposición, puedan llegar a considerarse semejantes a los que rigen los mercados. En especial cuando se pretende asignar precios a su provisión y procesos parciales, en lugar de considerar cómo garantizar mejor, el valor y el mantenimiento de su presencia general en el ambiente.

Sin embargo, esto no significa que el agua no deba utilizarse libremente. Cuando se efectúan juicios morales generalizados se pierde la perspectiva de la diversidad del agua como recurso, en aras de una supuesta responsabilidad social. En los análisis gubernamentales al respecto del manejo del agua, es frecuente etiquetar “eficiencia” sólo en el sentido de “racionamiento”; expresando entonces como política nacional que es necesario renunciar al uso libre del agua líquida.

Así, condenando lo que se ha percibido como dispendio y ostentación, se priva al público del disfrute en el uso del agua; se disminuye o evita la creación de parte de la riqueza en el sistema económico; y se aleja la atención del público y las autoridades de los verdaderos asuntos importantes, que son el desecho del agua y la responsabilidad social compartida de su tránsito por las cuencas (Figura 10; pág. 43), en las que la mayor parte de las ocasiones, un consumidor importante es la agricultura de riego, como puede apreciarse por los datos volumétricos mostrados en este estudio; y este consumo resulta poco eficiente hidrológica y económicamente, como lo expresan algunas evaluaciones a nivel nacional (Arreguín, 2003; Palacios 2003b).

Se ha formado en la mente del público 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 generalizada y deterioro ambiental, lo que origina un alud de reclamos erróneamente dirigidos hacia

la gestión de la hidrología de las cuencas y las políticas públicas sobre el agua (Ávila, 2002; Ávila, 2003a).

En cambio, este trabajo postula que es el interés y la percepción individual de muy diversos actores sociales, lo que ocasiona que existan conflictos por agua incluso en regiones donde este recurso es abundante, continuo, disponible y casi gratuito. Debido a que el agua es un conjunto múltiple de productos y servicios, las claves para manejarla están precisamente en su naturaleza múltiple y dinámica, y eso debería conducirnos a analizarla en escalas amplias, para la búsqueda de sus opciones de uso, con sus cursos de acción y temporalidad, que permitan la coexistencia de sus diversos usuarios, con las menores imbricaciones posibles.

El análisis ejemplificado con la cuenca 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, en amplias fracciones de territorio ajenas 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 limpieza. El bien clave es calidad. Las circunstancias claves son servicio y oportunidad.

Por eso, 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.

Las carencias son evidentes en la incomodidad de las personas que tienen que recurrir a medidas extremas como acarrear agua en cubetas, pagar por camiones que les lleven agua a su barrio, o recibir ese servicio de particulares. Estos eventos dramáticos contrastan con el uso liberal irrestricto que los sistemas de riego agrícola cotidianamente provocan (Hoekstra y Chapagain, 2008), y para el cual existen remedios tecnológicos. Si estos sistemas de riego mejoraran su eficiencia aún en grado mínimo, multiplicarían la disponibilidad de agua potable para los hogares.

Este tipo de escasez es real; hay una incomodidad notable en el esfuerzo por conseguir el agua, y en las limitaciones de quienes viven con menos disponibilidad de ella que los demás. No debido a sus formas de vida, o a que los sistemas que dosifican el agua de tales hogares no sean de tecnología de punta en sistemas ahorradores, sino porque estas personas se ven obligadas a vivir sin la garantía de los servicios para los cuales el agua es todavía esencial.

El análisis local de las condiciones de los sitios donde se presentan problemas, conduce a un mejor marco de caracterización que resulta más útil para diseñar esquemas de toma de decisiones. Por ejemplo, diagnósticos enfocados en grupos de usuarios en referencia a estudios de caso con una problemática particular; en esta aproximación coinciden tanto las consultorías para empresas (Hajkowicz *et al.*, 2000), como los documentos de protocolo internacional para el manejo de recursos (UN, 2009).

En nuestro país, la idea no ha sido desarrollada por completo, pero se han llevado a cabo esfuerzos sustanciales de análisis de la situación general nacional a través del IMTA y la CONAGUA, y el diagnóstico ha sido acotado en ejes temáticos, que resumen los distintos retos del manejo del agua, incluidos los riesgos localizados

de abastecimiento, y algunas estimaciones generales de costos por desastres naturales que afectan a personas y sus propiedades (CONAGUA, 2011).

Una situación que ha sido desatendida, pero que cada vez con mayor frecuencia comienza a llamar la atención, es la necesidad de negociar en forma común, los almacenes existentes, los sitios de uso y las rutas de tránsito del agua limpia, o ya utilizada (Tropp, 2006; Madrid *et al.*, 2009b). Sin embargo, persiste la tendencia sesgada hacia apreciar el agua sólo como un fluido, en lugar de observar su presencia global en el paisaje. Quienes conocen los sitios y estados del agua en sus respectivos ambientes, son los habitantes locales de un lugar, por eso la disponibilidad y el uso del agua es un tema comunitario, una fragmentación de un acuerdo social o gubernamental más amplio, en el que los usos y las costumbres tradicionales de una comunidad humana particular son una reserva de capital social muy importante (Ostrom *et al.*, 1999).

Las comunidades vegetales generan otros recursos naturales que constituyen bienes y servicios concurrentes, como los llamados servicios ambientales: Por ejemplo, la protección de la biodiversidad y la capacidad de neutralizar contaminantes atmosféricos, se analizan cada vez con mayor frecuencia dentro del marco del uso común (Merino, 2005). En el caso del agua, ya han comenzado a considerarse algunas de sus consecuencias como circunstancias que necesitan reglas de uso comunes a grupos de usuarios o gestores; y que requieren ser contextualizadas y caracterizadas adecuadamente antes de poder ser valoradas económicamente como externalidades (Pacheco-Vega y Basurto, 2008).

Lo que la teoría de la acción colectiva (Ostrom, 1999; Merino, 2006) indica es que los acuerdos que se realizan enmarcados en una política sólida sustentada desde el Gobierno, pero que se llevan a cabo por grupos pequeños involucrados en el uso y conservación de recursos comunes, tienen mayores beneficios que los instituidos desde la organización central. Algunos documentos internacionales de análisis en torno a la gobernabilidad del agua apoyan esta afirmación, señalando que dicha gobernabilidad se refiere a una estructura política, administrativa y socio-económica

que articula los mecanismos, intereses y grupos de personas involucradas en asuntos comunes, logrando el cumplimiento de sus obligaciones y la negociación de sus diferencias (Rogers y Hall, 2003). Mientras que, en otros casos, la gobernabilidad del agua refiere a un concepto más ambiguo porque se amplía al conjunto de sistemas políticos, administrativos y socio-económicos *que estén en posición* de desarrollar y gestionar los recursos del agua para “*repartirla* a todos los niveles de la sociedad” (Tropp, 2006). Tal sobre-simplificación no resulta un hecho menor, pues deja abierta la posibilidad de que sólo una porción de la sociedad tenga acceso o derechos generales sobre el agua, para después redirigirlos, a través de un conjunto de reglas propias, a los otros grupos; los cuales no se encuentran en el mismo nivel de acción y responsabilidad. Se trata de un acuerdo centralizante y no articulador, que es justamente lo que se propone, no debería existir en el caso del agua.

Entonces, el problema no es el de la sustancia agua, que por cierto suele ser gratuita y, dada la regularidad de su origen, casi predeciblemente cae del cielo; el problema es la injusticia en el reparto de la riqueza donde los menos favorecidos de una sociedad (aquí ejemplificada por algunos eventos en la cuenca La Antigua), están recibiendo también menos del capital natural, y del conocimiento que les permitiría deslindarse del Estado y de las instituciones públicas que manejan el agua, y tomar directamente toda la que deseen de sus fuentes naturales. Estas fuentes con frecuencia son de acceso libre y a costos muy reducidos, pues de ellas se puede tomar el agua, tal como se toma el aire. O bien, en el caso de haber sido privado de ellas por la derivación de presas y otras mega-infraestructuras urbanísticas, le permita al grupo social afectado modificar sus costumbres para aplicar el reemplazo del agua desde los usos no críticos, para asignarla sólo a alimentación e higiene.

No podemos pedir de los habitantes más injustamente provistos en la cuenca La Antigua, que tengan el conocimiento y los recursos tecnológicos para el manejo del agua que se tienen por ejemplo, en la Estación Espacial Internacional, o en los sofisticados complejos de irrigación en Israel. Tampoco debemos, ni podemos, razonablemente esperar que los habitantes de La Antigua cambien su cultura e

identidad para copiar los usos extremadamente racionados de los nómadas de la península arábiga, o el continente africano.

En cambio, sí podemos razonablemente plantear la urgencia de cambios modestos en los lineamientos del desarrollo económico y cultural del pueblo mexicano, y podemos también sugerir procesos comparativos que enderecen el análisis de las leyes respectivas, su promulgación y su aplicación en México. Este hecho nos acercaría relativamente a lo que es cotidiano en otros países con mejor perfil de justicia social. Estos planteamientos de solución *no modificarán la hidrología de la cuenca La Antigua*, ni ninguna otra; pero sí permitirán a quienes realmente tienen de qué quejarse, ver que sus reclamos son atendidos. Y, al mismo tiempo, permitirá a la Administración institucional del agua, prever que dicha fracción de la sociedad no recibirá por ello más agua sobre criterios discrecionales, aún sean éstos monetarios; a costa de otros ciudadanos, sus hogares, o las empresas prioritarias; y en definitiva, no a costa de los ambientes naturales, los cuales por cierto, la han provisto en primera instancia.

Por último, el enfoque descrito tiene que ver más con administración apropiada que con posesión y capitalización de bienes. Nos permite redirigir nuestra atención hacia el hecho de que no somos propietarios del agua; o más aún, de que existen bienes que no son por naturaleza susceptibles de ser sujetos de apropiación (Ostrom, 1999). Tomar conciencia de que en el ámbito general de las decisiones sobre recursos naturales, puede resultar útil generar leyes, acopios y disposiciones más apegadas a la caracterización geológica y ecológica de esos recursos, *además* de hacerlo enfatizando los fines de su uso, que son de índole económica y social.

Este último enfoque es el que tradicionalmente se efectúa reflejando criterios comerciales más bien diseñados para productos y servicios sobre los cuales podemos ejercer sin discusión derechos de propiedad (Merino, 2006). En el caso del agua, el hecho es que no somos realmente sus propietarios, pero sí podemos buscar ser mejores administradores del capital natural que constituye.

Por eso resulta útil, si bien no novedoso, remitirnos al concepto antropológico de mayordomía. No novedoso por supuesto, considerando que existe en nuestro continente desde antes de Cortés, pero que al ser incluido en el contexto del manejo de recursos naturales, puede resultar una visión renovada del qué hacer científico, al tratar de abordar un concepto tan generalizado y a la vez elusivo, como lo es el manejo sustentable.

Ya se han realizado metodológicamente algunos intentos de asignar significados que se aproximen mejor al contexto social del manejo de los recursos naturales, particularmente los de uso común, y en ellos se habla ya de gobernanza de bienes comunes (Ostrom, 1999; Tropp, 2006), dentro de la cual, la guarda o tutoría de los recursos se ha propuesto como uno de los aspectos sensibles (Merino, 2006). Sin embargo, hasta ahora no existe una definición clara de guarda o tutoría de bienes comunes, especialmente porque la identificación inmediata del significado es con personas y no con bienes, productos o servicios. Es por eso que el término mayordomía se propone como una alternativa conceptual que remite a la buena administración de un conjunto confinado –y/o temporalmente finito, si se quiere– de recursos de uso y acceso común.

En el México suburbano y rural, una junta de mayordomía es básicamente un grupo de personas que se encargan de un ciclo de responsabilidad y uso de los bienes comunes de un grupo mayor, como una congregación o un pueblo. Implica aspectos tan amplios como la administración de los recursos económicos, culturales y humanos; y tan particulares como la asignación del tiempo de trabajo de sus participantes, situados en conjunto hacia la definición y alcance de ciertos objetivos comunes; los ejemplos más directos en una localidad rural son un ciclo agrícola, su distribución de beneficios y su fiesta patronal; o la realización de los trabajos comunales del mantenimiento de los caminos y los límites ejidales.

Análogamente, el ámbito forestal, o al menos el uso diverso de las comunidades vegetales, involucra de modo indispensable el uso continuo y responsable del suelo y el agua, de acuerdo con los intereses y objetivos de los propietarios, en el marco

general de la política ambiental nacional (Bray *et al.*, 2003). Es decir, se define a partir de un conjunto de recursos comunes, entre ellos algunos de carácter global, como el agua y la atmósfera, que situados en un contexto delimitado de propiedad y derecho de uso, son del interés de una comunidad humana determinada, para abastecer a sí misma o a otras, y mantener su uso continuo y periódico en el tiempo.

El agua representa el mejor ejemplo de un recurso prototípico de acceso común (Ostrom, 1999). Las reglas de sus usos deberían poder ser escritas por sus usuarios y beneficiarios más directos; en lugar de ser dictadas desde una administración centralizada que desconoce las particularidades locales, las comunidades y los usuarios, sus usos y sus costumbres.

Establecer acuerdos en torno a los usos y consecuencias del agua, donde los esquemas de negociación involucren a los grupos de usuarios de las distintas opciones de uso que el recurso ofrece; y donde puedan también hacerse corresponsables de las medidas para remediar las consecuencias no deseadas, parece ser la forma más apropiada de manejar el agua en sus diferentes escalas (Rogers y Hall, 2003; Tropp, 2006). Actuar a nivel local, y hacerlo mejor, puede lograr que la suma de múltiples manejos locales mejorados, se convierta en una mejor conservación, mantenimiento y uso del agua global, en la cual todos estamos aún inmersos.

8. CONCLUSIONES

1. El agua en la cuenca La Antigua, en el estado de Veracruz, se usa continuamente sin el mínimo apego a las nociones generales de eficiencia económica, tal como se definirían teóricamente a partir de la realidad objetiva de sus inventarios y su disponibilidad como substancia.

2. Aunque la presencia del agua en el territorio de la cuenca es prácticamente ilimitada, y existen montos abundantes de su forma líquida disponibles a costo razonable, se puede producir escasez en situaciones concretas para un cierto número de productos y servicios hidrológicos, especialmente en el caso del agua para usos competitivos (mayoritariamente urbanos y agrícolas) dentro del marco cultural regional definido por las percepciones y las expectativas de los usuarios.

3. Los conflictos potenciales entre usuarios en casos de escasez pueden tener salidas viables, pero resulta improbable que éstas sean únicamente tecnológicas. Las percepciones y tendencias de uso del agua, ejemplificadas en la cuenca La Antigua, muestran que aunque es posible que el modelaje de escenarios de manejo pueda facilitar la apreciación metodológica de los problemas potenciales del agua, es más probable que ciertos usos competitivos persistan indefinidamente en un formato aceptable, si se resuelven sensiblemente los asuntos más evidentes de inequidad y acceso a los servicios hidrológicos, debido a que estos se enmarcan en las expectativas y las diferencias culturales entre usuarios.

4. Todo lo anterior apoya la necesidad de gestionar el agua comprendiendo que ni somos sus dueños, ni podemos manejarla sólo como un producto almacenado, empacado y distribuido por redes comerciales. El manejo del agua debería considerarse un caso de custodia responsable de un bien global fundamental, un bien de acceso común, parte del capital natural de la tierra.

9. LITERATURA CITADA

- Aguilar, R.; L. Ashworth; L. Galetto; and M.A. Aizen. 2006. Plant Reproductive Susceptibility to Habitat Fragmentation: Review and Synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters* 9:968-980.
- 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. pp: 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. pp:14.
- Andrade P., A. 2004. Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico. PNUMA-ORLAC. Red de Formación Ambiental. Serie: Manuales de Educación y Capacitación Ambiental No. 8. México, DF. 108 p.
- Ángel P., A.L. del; M.A. Mendoza B.; A. Rebolledo M. 2006. Población y ambiente en Coatepec: Valor social de la cubierta vegetal. *Espiral* XII (36):163-193.
- Arreguín C., F.I. 2003. Situación tecnológica de México ante el reto del tratamiento de aguas residuales. *In*: Alvarado L., J. (Ed.) Memorias del curso internacional sobre Manejo Integrado de Ecosistemas. CP-INSTRUCT-CIDA. Montecillo, México. pp: 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, DF. pp: 91-101.
- Ashworth, L.; M. Quesada; A. Casas; R. Aguilar; and K. Oyama. 2009. Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation* 142:1050-1057.

- Ávila G., P. (Ed.). 2002. Agua, cultura y sociedad en México. El Colegio de Michoacán-IMTA. Zamora, Mich. 454 p.
- Ávila G., P. (Ed.). 2003a. Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional. El Colegio de Michoacán-SUMA-IMTA. 476 p.
- Ávila G., P. 2003b. De la hidropolítica a la gestión sustentable del agua. *In:* Ávila G., P. (Ed.). Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional. El Colegio de Michoacán-SUMA-IMTA. pp: 41-53.
- 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. + *Introducción*.
- Basnyat, P.; L.D. Teeter; B.G. Lockaby and K.M. Flynn. 2000. The use of remote sensing and GIS in watershed level analyses of non-point source pollution problems. *For. Ecol. Manage.* 128:65-73.
- Bray, D.B.; L. Merino-Pérez; P. Negreros-Castillo; G. Segura-Warnholtz; J.M. Torres-Rojo; and F.M. Vester. 2003. Mexico's Community-Managed Forests as a Global Model for Sustainable Landscapes. *Conservation Biology* 17 (3):672–677.
- Bren, L.J. 2000. A case study in the use of threshold measures of hydrologic loading in the design of stream buffer strips. *For. Ecol. Manage.* 132: 243-257.
- Brooks, K.N. and K. Eckman. 2000. Global perspective of watershed management. *In:* Ffolliott, P.F.; M.B. Baker Jr.; C.B. Edminster; M.C. Dillon; and K.L. Mora. (Coords.) Land stewardship in the 21st century: The contributions of watershed management. RMRS-P-13. pp: 11-20.
- Callejas, A. y M. Wackernagel. 2003. La huella ecológica del uso-consumo de agua: El caso del Municipio de Xalapa, Veracruz. *In:* Ávila G., P. (Ed.) Agua, Medioambiente y Desarrollo en el Siglo XXI: México desde una perspectiva

global y regional. El Colegio de Michoacán-SEMARNAT/IMTA-SUMA. Zamora, Mich. pp: 287-307.

CMAS-Xalapa. 2000a. Archivos de aforos de las fuentes de abastecimiento para la ciudad. Años: 1990-2000. Gerencia Técnica. Comisión Municipal de Agua y Saneamiento. Xalapa, Veracruz.

CMAS-Xalapa. 2000b. Presupuestos para el uso y mantenimiento de la red de distribución de agua para la ciudad. Comisión Municipal de Agua y Saneamiento. Xalapa, Veracruz.

Comisión Nacional del Agua. (CNA). 2000. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. Documento de distribución interna. CNA. México, D.F. 169 p.

Comisión Nacional del Agua. (CNA). 2001. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Enero 2001. Documento de distribución interna. CNA. Gerencia de Recaudación y Control. México, D.F. 124 p. + Anexos.

CONAGUA. 2004. Cuarto Foro Mundial del Agua Marzo 2006 en México. Documento conceptual. Comisión Nacional del Agua / World Water Council. México, 15 p. <http://www.aneas.com.mx/contenido/Concepto.pdf>. Consultado 26abr2010.

CONAGUA. 2011a. Agenda del Agua 2030. SEMARNAT-Comisión Nacional del Agua. Marzo de 2011. Documento consultado en línea en su versión digital. <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/temas/agendadelagua2030.pdf>

CONAGUA. 2011b. Estadísticas del Agua en México. SEMARNAT-CONAGUA. <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/temas/estadisticosdelagua2011.pdf>

Davis, J.C.; G.W. Minshall; C.T. Robinson; and P. Landres. 2001. Monitoring wilderness stream ecosystems. USDA/FS. Rocky Mountain Research Station. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-70. Ogden, UT. 137 p.

Davis, L.S.; K.N. Johnson; P. Bettinger; and T. Howard. 2000. Forest management: to sustain ecological, economic, and social values. McGraw-Hill, New York, 804p.

- De Villiers, M. 2003. *Water: The fate of our most precious resource*. Updated. McClelland & Stewart. Toronto, ON. 453 p.
- De los Ríos-Carmenado, I.; J.M. Díaz-Puente; y J. Cadena-Íñiguez. 2011. La iniciativa LEADER como modelo de desarrollo rural: Aplicación a algunos territorios de México. *Agrociencia* 45: 609-624.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2004. Ley de Aguas Nacionales. H. Congreso de la Unión. Tomo DCVII; No. 22. Jueves, 29 de abril de 2004. México, DF. pp: 27-95.
- Eckman, K.; H.M. Gregersen; and A.L. Lundgren. 2000. Watershed management and sustainable development: Lessons learned and future directions. *In*: Ffolliott, P.F.; M.B. Baker Jr.; C.B. Edminster; M.C. Dillon; and K.L. Mora. (Coords.) *Land stewardship in the 21st century: The contributions of watershed management*. RMRS-P-13. pp: 37-43.
- Economic Comisión for Latin America and the Caribbean (ECLAC). 2004. Network for Cooperation in integrated water resource management for sustainable development in LA y el Caribe. Circular No. 20. 8 p.
- Economic Comision for Latin America and the Caribbean (ECLAC). 2009. Mexico's National Water Programme 2007-2012. Circular No. 30. Section: News of the Network. pp: 3-4
- Engel, S.; R. López; and C. Palmer. 2006. Community–Industry Contracting over Natural Resource use in a Context of Weak Property Rights: The Case of Indonesia. *Environmental & Resource Economics* 33(1): 73.
- Fellizar Jr., F.P. 1994. Achieving Sustainable Development through Community-Based Resource Management. UNCRD, Nagoya, Japan. *Regional Development Dialogue*, Vol. 15. No. 1. pp: 201-217.

- 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.
- Garza, G.T. de. 2006. Visión ciudadana de un sistema de agua semi-privatizado Aguas de Saltillo, S.A. de C.V. *In: Barkin, D. (Coord.)*. 2006. *La Gestión del Agua Urbana en México: Retos, debates y bienestar*. UDG. CUCSHU. Guadalajara, Jal. pp: 103-125.
- Gobierno del estado de Veracruz. 2008. Anexo Estadístico del 4o. Informe de Gobierno. http://portal.veracruz.gob.mx/4_INFORME_GOBIERNO_ANEXO_ESTADISTICO.PDF
- Gregersen, H.M.; W.K. Easter; and J.E. de Steiguer. 2000. Responding to increased needs and demands for water. *In: Ffolliott, P.F.; M.B. Baker Jr.; C.B. Edminster; M.C. Dillon; and K.L. Mora. (Coords.)* Land stewardship in the 21st century: The contributions of watershed management. RMRS-P-13. pp: 238-246.
- Hajkowicz, S.; M. Young; S. Wheeler; D. H. MacDonald and D. Young. 2000. Supporting decisions: Understanding Natural Resource Management Assessment Techniques. CSIRO Report. Land and Water Res. Research and Development Corp. Primary Industries and Resources. Adelaide, SA. 136 p.
- Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. 2008. Global average water footprints of primary crops (m³ per ton) over the period 1997-2001. Consultado 26abr2010. <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Productwaterfootprint-statistics>.
- IMTA. 1999. Registros de estaciones hidrométricas y climatológicas. Red Hidrológica Nacional. Discos Compactos. 5 volúmenes. Acceso público actualizado en: <http://www.imta.gob.mx/index.php>
- IMTA-CONAGUA. 2008. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS). SEMARNAT -IMTA-CONAGUA. Subdirección General Técnica. Estadísticas del Agua en México. <http://www.atl.org.mx/index.php>

- INEGI. 2010. Tipos de vegetación presentes en México y superficie que ocupan. INEGI.<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/soc/sis/sisept/glosario/default.aspx?t=mamb122&e=00&i=>. Visitado 25abr2010.
- INIFAP. 2003. Bases de datos del Inventario Nacional Forestal 1990 y 2000. Archivos en discos compactos. Series consultadas en el Laboratorio de Geomática del CENID-COMEF. México, D.F.
- Jhabvala, F. 2006. Gestión del agua en Tabasco. *In*: Barkin, D. (Coord.). 2006. La Gestión del Agua Urbana en México: Retos, debates y bienestar. UDG. CUCSHU. Guadalajara, Jal. pp: 287-298. (336)
- Johns, C. 2010. Editorial. El Número del Agua. *National Geographic* en Español. 26(4): ii.
- Juárez C., S.F.; R. Jiménez Z.; M. de L. Velasco V.; A. Luna D.P.; C.A. Ochoa M.; A. Jiménez L.; y L. Jiménez L. 2009. Análisis estadístico histórico de la variabilidad climática en el estado de Veracruz. PVCC. Programa de Estudios sobre Cambio Climático de la Universidad Veracruzana. 53 p.
- Kreutzweiser, D.P. and S.S. Capell. 2001. Fine sediment deposition in streams after selective forest harvesting without riparian buffers. *Can. J. For. Res.* 31:2134-2142.
- Kunreuther, H.C.; E.O. Michel-Kerjan; N.A. Doherty; M.F. Grace; R.W. Klein and M.V. Pauly. 2009. At War with the Weather: Managing Large-Scale Risks in a New Era of Catastrophes. Massachusetts Institute of Technology. The MIT Press. Chapter 1. pp: 1-23.
- Lal, R. (Ed.) 2000. Rationale for watershed as a basis for sustainable management of soil and water resources. *In*: Lal, R. (Ed). Integrated watershed management in the global ecosystem. CRC Press LLC. Boca Raton, FL. pp: 3-16

- Lamy, F.; J. Bolte; M. Santelmann; and C. Smith. 2002. Development and evaluation of multiple-objective decision-making methods for watershed management planning. *J. Amer. Water Res. Assoc.* 38(2):517-529.
- LFD. 2006. Ley Federal de Derechos. Disposiciones generales en materia de aguas nacionales. Documento digital. CMIC. Consultado: 6 de junio de 2013. www.cmic.org/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/normatividad/leyes/Derechos.pdf
- Loomis, J.B. and R. Richardson. 2001. Economic values of the U.S. Wilderness System. *Int. J. of Wilderness.* 7(1):31-34.
- 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.
- López V., Omar. 2010. Foro, El Número del Agua. *National Geographic en Español.* 26(4): iii.
- Lugo, A.E. and H. Gucinski. 2000. Function, effects and management of forest roads. *For. Ecol. Manage.* 133:249-262.
- Lyons, J.; S.W. Trimble; and L.K. Paine. 2000. Grass versus trees: Managing riparian areas to benefit streams of central North America. *J. Amer. Water. Res. Assoc.* 36(4):919-930.
- Madrid; L.; I. Martínez U.; y J.E. Rolón S. 2009a. Financiamiento para la regeneración ambiental de barrancas a través del impuesto predial: el caso de la ciudad de México. *Investigación ambiental* 1(2): 153-167.
- Madrid; L.; J.M. Núñez; G. Quiroz; y Y. Rodríguez. 2009b. La propiedad social forestal en México. *Investigación ambiental* 1(2):179-196.
- Maganda R., M. del C. 2006. Crecer a Cuenta Gotas: Agua, política y desarrollo económico. El caso de Silao, Guanajuato, México. *In: Barkin, D. (Coord.). 2006. La Gestión del Agua Urbana en México: Retos, debates y bienestar. UDG. CUCSHU. Guadalajara, Jal. pp: 147-171. (336)*

- Merino P., L. 2005. El desarrollo institucional de esquemas de pago por servicios ambientales. *Gaceta ecológica* 74:29-42.
- Merino P., L. 2006. Apropiación, instituciones y gestión sostenible de la biodiversidad. *Gaceta ecológica* 78:11-27.
- Meshack, C.K.; B. Ahdikari; N. Doggart; and J.C. Lovett. 2006. Transaction costs of community-based forest management: empirical evidence from Tanzania. *African Journal of Ecology* 44(4): 468–477.
- Milenio Semanal. 2001. Agua embotellada, negocio millonario. Suplemento Milenio Semanal. No. 197. Lunes 25 de junio de 2001.
- Montreal Process Working Group (MPWG). 1997. First Approximation Report of the Montreal Process. 47 p.
- Narváez F., R.; P. Wright; M. Martínez S.; S. Alvidrez V.; L. Iglesias G.; L.A. Domínguez P.; V. Gómez H.; S.G. Rodríguez G.; G. Montes O.; J.A. Molina S.; C.I. Martínez B.; y A. Bojórquez Ch. 2003. Criterios e Indicadores: Una herramienta para evaluar la sustentabilidad del manejo forestal en bosques templados y tropicales. SAGARPA/INIFAP-Produce. Serie Temas Didácticos No. 2. C.E. Madera/CIRNOC. 53 p.
- Newbold, S.C. 2002. Integrated modeling for watershed management: multiple objectives and spatial effects. *J. Amer. Water Res. Assoc.* 38(2):341-353.
- Norgaard, R.B.; P. Barnard; and P. Lavelle. 2007. Assessing and Restoring Natural Capital across Scales: Lessons from the Millennium Ecosystem Assessment. *In*: Aronson, J.; S.J. Milton; and J.N. Blignaut (Eds.) Restoring Natural Capital: Science, Business and Practice. Island Press. Washington, DC. pp: 36-43.
- Olander, L.P.; F.N. Scatena; and W.L. Silver. 1998. Impacts of disturbance initiated by road construction in a subtropical cloud forest in the *Luquillo* Experimental Forest, Puerto Rico. *For. Ecol. Manage.* 109: 33-49.

- Oregon State University (OSU). 2007. Analysis Techniques: Flood Frequency Analysis Tutorial with Daily Data from Streamflow Evaluations for Watershed Restoration Planning and Design 2002-2005. <http://water.oregonstate.edu/streamflow/>; OSU. 11 p. Consultado en version digital: Octubre 22, 2012.
- Orr, D.W. 1995. A world that takes its environment seriously. *In*: Knight, R.L. and S.F. Bates. (Eds.) A new century for natural resources management. Island Press. Washington, DC. pp: 123-141.
- Ostrom, E.; J. Burger; C.B. Field; R.B. Norgaard; and D. Polikanski. 1999. Revisiting the Commons: Local Lessons, Global Challenges. *Science* 284:278-282. Versión digital en: www.sciencemag.org. Visita: 16-05-2013.
- Pacheco V., R. 2005. Cultura del Agua: más allá de los discursos de escasez y contaminación. *Aquaforum* 9(40):15-18.
- Pacheco V., R. 2007. Participación de la Comisión Nacional del Agua en el tratamiento de aguas residuales en la cuenca Lerma-Chapala: Estadísticas federales y realidades estatales. *Región y Sociedad* vol. XIX(39):55-76.
- Pacheco-Vega, R. y F. Basurto. 2008. Instituciones en el saneamiento de aguas residuales: Reglas formales e informales en el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala. *Revista Mexicana de Sociología* 70(1):87-109.
- Palacios V., E. 2003a. El marco legal e institucional del agua en México. *In*: Alvarado L., J. (Ed.) Memorias del Curso Internacional sobre Manejo Integrado de Ecosistemas. CP-INSTRUCT-CIDA. Montecillo, Méx. pp: 135-148.
- Palacios V., E. 2003b. Situación actual del recurso agua en México y su disponibilidad para el futuro. *In*: Alvarado L., J. (Ed.) Memorias del Curso Internacional sobre Manejo Integrado de Ecosistemas. CP-INSTRUCT-CIDA. Montecillo, Méx. pp: 125-134.

- Palacios V., E. 2007. El uso de los recursos hidráulicos en México en el siglo XXI. *In:* Isla de B., María de L. de la. (Compl.). ¡Rescatemos nuestros ríos! CASA, A.C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. pp: 15-35. (201 p. + Anexos).
- Postel, S. and S. Carpenter. 1997. Fresh Water Ecosystem Services. *In:* Dayly, G.C. (Ed.) Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press. pp: 195-214.
- Pulido A., R. 1998. Algunas propiedades físico-químicas del agua. UACH. Chapingo, Méx. 45 p.
- Rees, W.E.; J. Farley, E-T. Vesely; and Rudolf de Groot. 2007. Valuing Natural Capital and the Costs and Benefits of Restoration. *In:* Aronson, J.; S.J. Milton; and J.N. Blignaut. (Eds.) Restoring Natural Capital: Science, Business and Practice. Island Press. Washington, DC. pp: 227-236.
- Robert, J. 2002. Las aguas arquetípicas y la globalización del desvalor. *In:* Avila G., P. (Ed.). Agua, cultura y sociedad en México. El Colegio de Michoacán – IMTA. pp: 33-47.
- Rogers, P. and A.W. Hall. 2003. Effective Water Governance. Global Water Partnership. Technical Committee. TEC Background Papers No. 7. GWP. Stockholm, Sweden. 44 p. Versión digital en: www.iasc.org Visita: 16-05-2013.
- Román-Jiménez, A.R.; M. Mendoza; M. Martínez; A. Velázquez; JM. Torres; and H. Ramírez. 2005. Water Management in La Antigua (Veracruz): A multiproduct model approach in Mexican Forestry. *In:* Parrota, J.; HF. Maître; D. Auclair; and MH. Lafond (Eds.) IUFRO Div. 1 World Conference Montpellier, France. *IUFRO World Series* Vol. 15. pp: 125-127.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Saldívar, A. 2003. Evaluación de los costos ecológicos del agua: bases para un desarrollo sustentable en la Ciudad de México. *In:* Ávila G., P. (Ed.). Agua, Medio

ambiente y Desarrollo en el Siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional. El Colegio de Michoacán/SEMARNAT-IMTA/SUMA. Zamora, Mich. pp: 259-272.

Shindler, B. 2000. Landscape-level management: It's all about context. *J. of Forestry* 98(12):10-14.

Spash, C.L. 2000. Ecosystems, contingent valuation and ethics: the case of wetland recreation. *Ecological Economics* 34:195-215.

Spellman, F.R. 2008. *The Science of Water: Concepts and Applications*. CRC Press. Boca Raton, FL. 422 p.

Torres R., J.M. y A. Guevara S. 2009. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica* 63:40-59.

Tropp, H. 2006. *Developing Water Governance Capacities*. World Water Development Report. Stockholm International Water Institute. Sweden. pp:10-11. Versión digital: <http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/handle/10535/5276>. Visita: 16-05-2013.

Turpie, K.J. 2003. The existence value of biodiversity in South Africa: how interest, experience, knowledge, income and perceived level of threat, influence local willingness to pay. *Ecological Economics* 46:199-216.

United Nations. (UN). 1992. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Vol. I, Resolutions Adopted by the Conference (United Nations publication, Sales No. E.93.I.8 and corrigendum). *Rio de Janeiro, Brazil*. 3–14 June 1992. Annex I “Rio Declaration”; Annex II “Agenda 21”.

United Nations. (UN). 2009. *Facing the Challenges*. The United Nations World Water Development Report 3. Case Studies Volume. UNESCO Publishing / Earthscan. 76 p.

- United Nations. (UN). 2012. The Future We Want. Outcome Document of the Sustainable Development Commission. Rio de Janeiro, Brazil, 20-22 Jun. 2012. A/RES/66/288.
- van Rensburg, T.M.; G.A. Mill; M. Common; and J. Lovet. 2002. Preferences and multiple use forest management. *Ecological Economics* 43:231-244.
- Vergnes, J. 2002. Crisis del agua y acciones internacionales. *In: Ávila G., P. (Ed.). Agua, cultura y sociedad en México. El Colegio de Michoacán – IMTA. Zamora, Mich. pp: 407-432.*
- Villavicencio-Enríquez, L. y J.I. Valdez-Hernández. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. (Analysis of tree structure in traditional coffee agroforestry system in San Miguel, Veracruz, Mexico). *Agrociencia* 37(4):413-423.
- Young, M.D.; S. Hajkowicz; E.J. Brown-Gaddis; and R. de Groot. 2007. A Decision-Analysis Framework for Proposal Evaluation of Natural Capital Restoration. *In: Aronson, J.; S.J. Milton; and J.N. Blignaut. (Eds.) Restoring Natural Capital: Science, Business and Practice. Island Press. Washington, DC. pp: 237-248.*

APÉNDICES

Apéndice 1. Algunos atributos físico-químicos del agua potable.

Clara, cristalina, fresca, inodora, libre de material extraño.

Temperatura sensible a las estaciones del año pero no mayor a 15° C ni menor a 7° C.

Límite de residuo luego de evaporación: 0.5 g L⁻¹; exenta de nitritos y compuestos amoniacales.

Contenido máximo de sales disueltas en el agua para ser considerada potable.

Contenido máximo de sales en el residuo	(g L ⁻¹)
Carbonato cálcico	0.250
Carbonato magnésico	0.045
Cloruro cálcico	0.010
Cloruro sódico	0.050
Carbonatos alcalinos	0.020
Oxido de hierro	indicios
Sulfato cálcico	0.050
Sulfato magnésico	0.010
Sulfato sódico	0.010
Materias orgánicas	0.050
Nitratos	0.010

El agua de buena calidad contiene un conjunto de 0.10 a 0.50 g L⁻¹ de materias minerales y de 20 a 40 cm³ L⁻¹ de gases. El oxígeno, el nitrógeno y el anhídrido carbónicos en disolución no deben exceder los 6 cm³ L⁻¹. (Fuente: Pulido, 1998).

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Corriente	Localidad	Altitud	Exposición	Slope	Conglomerado	Componente	Tipo de cauce	Permanencia	Ancho cauce	l.v. (cm)	Velocidad
Consolapa	Coatepec	1255	360	0.01	urbano	ciudad	calle	*	4	*	*
Consolapa	El pedregal	1240	360	0.01	urbano	camino	camino	*	4	*	*
Consolapa	El pedregal	1240	360	0.01	urbano	cobertura	*	*	*	*	*
Zaragoza	Tapachapan	1264	110	5	cafetal	cauce	rio	permanente	6	0	muy alta
Barranca de Ramirez	Coatepec	1240	90	2	BQM	cauce	rio	permanente	4	0	muy alta
Barranca de Ramirez	Coatepec	1240	*	*	BQM	cobertura	*	*	*	*	*
Zaragoza	Coatepec	1356	*	50	pradera mont	cobertura	*	*	*	*	*
Zaragoza	Coatepec	1433	135	50	bq diversificado	cobertura	linea de agua	*	*	*	*
Zaragoza	Coatepec	1412	225	50	frontera	biombo	*	*	*	*	*
Zaragoza	Coatepec	1300	85	1	galeria Bqm	cobertura	*	*	*	*	*
Zaragoza	Coatepec	1300	85	5	galeria Bqm	cauce	rio	permanente	11	90	muy alta
micro-arroyo	Sn Marcos	*	*	3	BQM templado	microcauce	micro-arroyo	efimero	0.3	*	*
drenaje	Sn Marcos	*	*	10	BQM templado	drenaje	drenaje	permanente	3	*	muy alta
Consolapa	Sn Marcos	*	*	3	BQM templado	camino	*	*	*	*	*
Los Pescados	crucero Jalcomulco	793	220	40	bq tropical	cobertura	*	*	*	*	*
Los Pescados	crucero Jalcomulco	800	205	1	caña	camino	*	*	*	*	*
Los Pescados	crucero Jalcomulco	762	220	6	cafetal	cultivo	*	*	*	*	*
Los Pescados	Jalcomulco-Tuzamapan	759	260	4	arbolado bq viejo	cobertura	*	*	*	*	*
rio	Jalcomulco	*	*	4	BQM expuesto	cauce	rio	permanente	12	70-300	muy alta
rio	Jalcomulco	*	*	2	BQM expuesto	cauce	drenaje	permanente	8	*	*
Los Pescados	Jalcomulco-Tuzamapan	759	360	0.01	cultivos	caña	*	*	*	*	*
Los Pescados	Tuzamapan	1037	*	3	caña-café	camino	*	*	*	*	*
Los Pescados	Tuzamapan	1037	220	3	cultv multiestrato	cafetal	*	*	*	*	*
Los Pescados	Tuzamapan	1041	360	0.01	cultv multiestrato	caña reciente	canal agricola	permanente	1.2	0	alta

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Oxigenación	Sombra o Cobertura	Arbolado muerto	CWD	Remansos	Erosión del cauce	OBSERVACIONES	Tipo de suelo	No. Horizontes	Pedregosidad
*	10 arb. 80 techos	*		*		agua corre sobre el pavimento	jardin/concreto	*	nula
*	70	*		*		*	empedrado	*	100
*	50	1 en pie		*		*	cafetal	todos	escasa
excelente	50	no		1		casas en orilla, cieno escaso, drenaje probable	*	sin O, sin A	rocas gdes.
excelente	95	no		no, agua bca		rocas muy gdes, copas s/cauce, sin leña, hojas	arcilla	todos	rocas cauce
*	90	*		*		*	*	*	*
*	pasto	*		*		*	de montaña	todos	no, rocas grande
*	100	*		*		bq. Diversificado adyacente al chablis de iniciación	de montaña	todos	no
*	100	*		*		orilla de bq; frontera con claro de iniciación	de montaña	todos	no
*	80	*		*		*	aluvial	sin H	no
agua bca	80	1 en pie		en raíces		raíces expuestas, musgos y helechos abundantes	*	*	*
*	100	*	*	*	*	drenaje natural del cultivo de café	andosol	todos	ligera
excelente	100, multiestrato	*	moderada	*	no	drenaje por obra del cultivo de café	andosol	todos	rocoso
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	100	*		*		*	montaña	todos	no
*	*	*		*		*	*	*	*
*	40	3 derribados		*		tocones, ademas del arbolado derribado	cafetal	sin H	media
*	100	*		*		*	andosol	todos	rocoso
excelente	50	1 si		muchos	moderada	diversidad de usos a orilla de cauce, rurales y deportivos	aluvial	*	muy alta
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	100	*		*		*	café, volcani	desde A	pedregoso
*	*	*		*		*	*	*	*
*	85	*		*		*	volcanico	todos	alta
buena	*	no		no		de MO	*	*	*

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Compactación	Erosión	OBSERVACIONES	Tipo de comunidad	Estabilidad del cauce	Edo. salud comunidad	Indicadoras de disturbio	Sotobosque
5/100	nula	casas con jardines, arboles como elemento ocasional	urbana	100	4	*	pasto
100	en surcos a los lados	charcos	*	*	*	*	*
variable	nula	Todos los horizontes de cafetal, con MO	rural	*	bueno	no, de fertilidad	herbaceas y muy pocas gramineas
*	en el camino (orilla)	el camino llega al río, ese es el suelo expuesto y compactado	orilla	si	bueno	no	herbaceas y muy pocas gramineas
a orilla	de orilla	cruce de lugareños a través del agua, spp. Abundantes en LV	orilla bqmeso	si	muy bueno	musgo, liquen	herbaceas, helechos, variedad spp
*	*	*	acahual revegetado	*	muy bueno	no	muy variado, hierbas y renuevos
notable	no se observa	consumo medio a alto; pradera inducida en un chablis; reinicio	pradera inducida	*	regular	no, humedad	*
no	no	todos los horizontes, H, O; sin arb. Mto; sin leña grande	bq diversificado	*	excelente	no	helechos, selaginelas, humus
no	no	habitat perfecto para div. Spp.; visibilidad menor a 5m	frontera viva	*	excelente	no	variado
escasa	no	"isla" a orilla de cauce; península donde se bifurca el río	entre cauce	si	bueno	falta sotobq	no, solo hojarazca
*	*	*	cauce	si	muy bueno	no	no, solo hojarazca
no	muy ligera	muy buen estado de suelo, microarroyo cubierto por vegetacion	bqmesofilo altura	*	muy buena	no	cubierta escasa de herbaceas
ligera	no	buen drenaje, cubierto, sombreado, presencia de MO	bqm altura multiestrato	completa	excelente	no	50
*	*	*	*	*	*	*	*
no	no	cm hojarasca, cm MO, proximidad con un claro de luz	bq multiestrato	*	muy bueno	no, ciperacea	bambu, ciperaceas, veg, humedad
*	*	*	*	*	*	*	*
ligera	no	residuos gruesos por el derribe y hojarazca; limpieza periodica	cafetal	*	bueno	no	escaso, derribo reciente
no	no	horizontes todos y en el orden correcto	bq. Diversificado	*	excelente	no	herbaceas, multiples, suculentas
alta	moderada por pisoteo	animales y personas hacia el cauce, vegetacion ribereña ausente	bqmesofilo ribera	completa	mala	Jarilla	espinoso, pobre
*	*	*	poblacion	completa	*	*	*
ligera	nula	caña, densa, pareja, algo delgada; monocultivo denso	monocultivo	*	faltan arvens	no	*
*	*	*	*	*	*	*	*
poroso	no, manejado, limpieza	MO abundante, muy oscuro, con barrera rompevientos	cafetal multiestrat	*	muy bueno	*	pocas herbaceas
*	*	*	*	*	*	*	*

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Arbustivas	Arbóreas	Altura	Diámetro	Radio de copa	Area basal	Regeneración	Uso de suelo	Manejo vegetación	Manejo del cauce	Manejo del agua	Fauna
ornamentales	colorín	5	11.7	2	0.0001	0	urbano	ornamental	urbano	urbano	
*	*	*	*	*	*	*	camino	limpieza	muy malo	muy malo	
café	sombra café	15	56.8	3	1	0	cultivo	agricola	*	muy bueno	
variadas	Platanus	17	52	3	1	3	proteccion	bueno	bueno	regular	
variadas	Platanus	21	109.5	5	2	1	proteccion	muy bueno	muy bueno	bueno	
var. "Granada"	Betula	5	6.8	1	1	0	proteccion	excelente	*	muy bueno	
*	*	*	*	*	*	*	ganaderia	malo	abrevadero	muy malo	
café	Arbutus, Betula	7	24.8	2	3	no	proteccion	excelente	protección	excelente	
variadas	guajes	*	*	*	*	no	proteccion	excelente	protección	excelente	
café	Platanus, Alnus	24	83.5	6	10	no	agrícola	limpieza	malo	malo	
café	Platanus	24	83.5	6	10	no	agrícola	limpieza	malo	malo	
café	escasas	20	25	7	1	0	agrícola	cafetal	drenaje	*	*
70	escasas	*	*	*	*	*	agrícola	cafetal	drenaje	excelente	*
*	*	*	*	*	*	*	agrícola	*	*	pobre	*
higuerilla	Quercus, Bursera	6	27	3	3	no	proteccion	protección	*	excelente	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
café	sombra café	14	83.1	6	4	no	agrícola	agricola	bueno	bueno	
higuerilla; bambu	sombra café	18	78.5	8	6	abundante	proteccion	excelente	protección	excelente	
variadas	dispersas	16	140	14.8	3	3	multiple	limpieza	multiple	malo	domesticos
*	leguminosas	*	*	*	*	*	urbano	ornamental	drenaje	regular	*
caña	*	*	*	*	*	*	agrícola	prob. Herbicidas	malo	cult. Tempor	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
café	rama tinaja; olivo	5	14.1	2	3	no	agrícola	cafetal	*	muy bueno	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

OBSERVACIONES	Tipo de camino	Mantenimiento	Agua cruza el camino	Estructura de obra	Pendiente	Uso de suelo (a orilla)	Poblado	Población
limpio, con mantenimiento, soleado, ventilado	adoquin	continuo	fluye en el	permanente	1	urbano / acera	Coatepec	urbana
descuido	troncal	escaso	si y se encharca	permanente	0.01	cafetal	El pedregal	Congre. Tapachapan
MO alta, indicadores de humedad y fertilidad	*	*	*	*	2.5	cafetal	El pedregal	Congre. Tapachapan
camino a orilla del rio, ganado baja a beber	*	*	*	*	*	*	Tapachapan	Congre. Tapachapan
floripondios, helechos arb. E intentos de reforestacion	rural	no evidente	no	en formación	5	protección	Caserío en	Barranca de Ramírez
higuerillas, renuevos hierbas	rural	contrapendiente	no	revestido	4	bq.mesofilo	Caserío en	Barranca de Ramírez
citricos, platano, ganado bebe en cauce	*	*	*	*	*	pecuario	*	*
helechos, líquenes sobre troncos, Grevilleas	*	*	*	*	*	*	*	*
perfecto, continuo, habitat y escondite	*	*	*	*	*	*	*	*
excesiva limpieza, no incrementa fertilidad	*	*	*	*	*	*	*	*
el mejor tramo de rio, pero sin resid leña gdes	*	*	*	*	*	*	*	*
condicion humeda, fresca, no muy alterada	calle rural	trazado	fluye	permanente	3	agricola	San Marcos	rural
condicion humeda, fresca, no muy alterada	*	*	*	*	*	agricola	San Marcos	rural
*	calle rural	no	fluye	permanente	3	agricola	San Marcos	rural
suelo y vegetación en excelente estado Quercus, Bursera, Primavera	*	*	*	*	*	*	*	*
	troncal	revestido	no	permanente	2	camino	*	*
limpieza constante, suelo removido y raices	*	*	*	*	*	*	*	*
bq. Maduro, diversificado, cobertura 120 (multiestrato)	*	*	*	*	*	*	*	*
lavado de ropa, esparcimiento, bebederos, etc	*	*	*	*	*	multiple	Jalcomulco	ciudad pequeña
*	calle	concreto reforzado	fluye	permanente	2	urbano	Jalcomulco	ciudad pequeña
cultivo de temporal, muy denso, sin hierbas	*	*	*	*	*	*	*	*
*	reciente	ninguno	va sobre el	formacion	3	caña-café	Tuzamapan	Tuzamapan
arboles muertos en pie, limpieza constante	*	*	*	*	*	*	Tuzamapan	Tuzamapan
*	*	*	*	*	*	*	Tuzamapan	Tuzamapan

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Construcciones	Drenaje	OBSERVACIONES
concreto	entubado	colonia en la periferia de la ciudad
Urbano rural	entubado	Mal trazado, sin cunetas, sin obras, encharcado, erosionado
Urbano rural	entubado	Buen cafetal, sin excesiva limpieza, con MO, sin suelo expuesto
rural	al cauce	*
rural	al cauce	márgenes en proceso de desmonte; refor con grevileas y cupressus
no	*	*
*	*	pradera de montaña en suelo volcanico, humedo y muy fragil
*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*
madera	letrinas	buen café, buenos crecimientos y desarrollo del cultivo, expresion de vigor
*	*	*
*	*	mal trazado, alguna vez revestido, pesimo estado porque hay carcavas hasta en la corona del camino y agua en charcos
*	*	*
*	*	cortes estables, contrapendiente, soleado, muy bueno.
*	*	*
*	*	leña muy gruesa, mat. Degrad: lianas, epifitas, renuevos abundantes
urbana	drenaje	No hay mantenimiento del area ribereña como proteccion, acceso libre de personas y animales, actividades multiples y continuas
urbana	drenaje	poblacion en crecimiento rapido y constante, gallinas y domesticos sueltos en calles y rio, turismo deportivo, avenidas y camellones
*	*	*
*	*	muy malo, reciente, mal trazado, sin obras, sin revestir, encharcado
*	*	*
*	*	*

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Corriente	Localidad	Altitud	Exposición	Slope	Conglomerado	Componente	Tipo de cauce	Permanencia	Ancho cauce	I.v. (cm)	Velocidad
Pixquiac	Las Hayas	1502	270	5	BQM	cobertura	*	*	*	*	*
Pixquiac	Las Hayas	1514	180	10	ciénega	maizal	arroyo	estacional	delta, 1 a 4.5	0	muy baja
Pixquiac	Las Hayas	1514	180	10	ciénega	vertedero	vertedero	estacional	40	20	alta
Pixquiac	Las Hayas	1552	280	30	BQM	cobertura	*	*	*	*	*
Pixquiac	Las Hayas	1537	280	25	claro	cobertura	*	*	*	*	*
Pixquiac	Rancho Viejo	1513	80	15	colonia	cobertura	*	*	*	*	*
Pixquiac	Rancho Viejo	1513	360	0.01	colonia	camino	camino	*	4	*	*
Pixquiac	R. Viejo hacia Briones	1452	140	6	BQM	cafetal	*	*	*	*	*
Pixquiac	R. Viejo hacia Briones	1452	140	10	BQM	cobertura	*	*	*	*	*
Pixquiac	R. Viejo hacia Briones	1449	*	30	BQM	cafetal	*	*	*	*	*
Pixquiac	Briones	1398	105	5	cafetal	abandono	*	*	*	*	*
Pixquiac	Briones	1398	105	4	cafetal	camino	camino	*	4	*	*
Pixquiac	Briones	1390	310	20	BQM	cobertura	*	*	*	*	*
Pixquiac	Briones	1397	205	50	BQM	humedal	claro bq mixto	*	*	0	estancada
Pixquiac	Briones	1382	140	2	ciudad	casa habitación	*	*	*	*	*
Pixquiac/Consolapa	Briones	1285	310	2	ciudad	plantacion Casuarina	*	*	*	*	*
Pixquiac/Consolapa	Briones	1285	310	4	ciudad	basurero	*	*	*	*	*
Pixquiac/Consolapa	Briones	1242	255	7	BQM	cauce	rio	permanente	10	0	muy alta
Pescados	Buena Esperanza	1268	70	7	cultivos	caña	*	*	*	*	*
Pescados	Buena Esperanza	1268	360	0.01	cultivos	cafetal	*	*	*	*	*
Pescados	Buena Esperanza	1268	360	0.01	cultivos	camino	camino	*	4	*	*
Pescados	Buena Esperanza	1260	*	6	cultivos	camino	camino	*	4	*	*

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Oxigenación	Sombra o Cobertura	Arbolado muerto	CWD	Remansos	Erosión del cauce	OBSERVACIONES	Tipo de suelo	No. Horizontes	Pedregosidad
*	90	en pie, juven		*		latizal; exclusión tardía	volcanico	todos	no
moderada	pasto, hierbas	2		ciénega		distancia al camino 70 m, infinito	aluvial	B	*
muy pobre	pasto	*		*		estiércol sobre el agua, desagué	aluvial	B	*
*	60	no		*		10 arboles derribados, prp: Fernando García Hdz.	montaña	todos	no
*	zarzas, hierbas, sin pa	*		*		*	montaña (andosol)	sin H, ni O	no
*	*	no		*		*	pradera (lomerio)	sin H, ni O	no
*	no	no		*		*	pradera (lomerio)	desde A	no
*	95	*		*		cercos vivos, frontera cafetal / potrero	montaña	todos	no
*	100	no		*		terreno cercado, anexo a cafetal	montaña	todos	no
*	90	no		*		cafetal de media sombra en pendiente sobre el camino	montaña	todos	no
*	100	encinos		*		encinos muertos en cantidad razonable, abandono de cafetal de sombra	profundo	todos	no
*	80	*		*		*	*	*	*
*	50	no		*		*	profundo	todos	no
*	0	1, derribado		charcos		claro rodeado de bosque, hábitat para fauna	ciénega	todos	no
*	5	*		*		casa particular, futurista con elementos tradicionales	empedrado	*	revestido
*	80	no		*		plantación de Pinus patula frente a basurero mpal.	andosol reciente	todos	remoción consta
*	0	1		*		basurero municipal	*	*	*
muy buena	Platanus	no		caída de agua		hay leña grande sobre el agua, balance luz y sombra	*	*	*
*	100	*		*		distancia al cauce, infinito	montaña	sin H, ni O	no
*	50	no, leña fina		*		distancia al cauce, infinito	montaña	sin H, ni O	no
*	no	*		*		*	montaña	*	ocasional
*	30	*		charcos		distancia al cauce, infinito	montaña	A y B	*

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Compactación	Erosión	OBSERVACIONES	Tipo de comunidad	Estabilidad del cauce	Edo. salud comunidad	Indicadoras de disturbio	Sotobosque
no	no	MO abundante, muy oscuro, profundo, horizontes orden correc	latizal tardío	*	muy bueno	no	liques, musgo, selaginelas, helechos
maxima	*	pobre manejo del agua; ganado en el agua; heces	ciénega	no	muy malo	no	vegetación rasante
máxima	grave		ciénega	no	pésimo	estércol	no
no	no	suelo maduro, muy bueno, profundo, con madrigueras	reiniciación	*	muy bueno	no	helechos, selaginelas, humus
no	sin suelo mineral expuesto	hay tierra removida, viene de la vereda de acceso	iniciación temprana	muy bueno	muy bueno	no	zarzamoras silvestres, hierbas, suponemos la existencia de renuevo
alta	no	traspatio, casas, huertos, interface rural	pastizal degradado	regular	regular	no	pasto y algunas herbáceas, bajo árboles aislados
muy alta	en carcavas pequeñas	maxima compactación por tránsito constante	*	*	*	*	*
no	no	hay sotobosque, y materia orgánica, poroso, estructurado	cerco vivo	muy bueno	muy bueno	no	hierbas de humedad
no	no	suelo profundo, encinos dentro de propiedad privada	bosquete con dos pisos	excelente	muy bueno	no	renuevo de encino
no	no	cafetal muy denso, suelo sombreado, sin limpieza	cafetal	bueno	bueno	no	hierbas y hojarasca
nula	no	todos los horizontes y en orden, sin WCD, hojarasca abundante	cafetal sombra	excelente	excelente	no	hierbas variadas, pero no pasto; helechos
*	*	*	cafetal sombra	*	*	*	*
nula	no	bq maduro, todas las etapas de renovación, chablis perfecto de encino	bq mesófilo maduro	muy bueno	muy bueno	no	encinos, helechos
no	no	"peca solar", vegetación de humedal	reiniciación	muy bueno	muy bueno	no	encinos, liquidambar
maxima	no	ambiente urbano, altos ingresos, se supone consciente	jardín	bueno	bueno	no	pasto
moderada	no	plantación, 3 cm de hojarasca en el suelo, buen crecimiento del pino	plantación	muy bueno	muy bueno	no	hierbas variadas nativas
*	*	compactación muy alta	basurero	correcto	variable	relleno sanitario	*
*	*	*	cauce	muy bueno	bueno	no	*
escasa	no visible	suelo frágil, sin hojarasca, sin materia orgánica, faltan H y O	monocultivo	bueno	regular	no hay MO	no
escasa	labores de preparación	desbrosan café y apilan residuos, suelo mineral, sin H ni O	monocultivo	bueno	regular	no hay MO	no
maxima	evidente	*	*	*	*	*	*
maxima	evidente	suelo frágil, intensamente compactado, carcavas	cultivo estratificado	malo	muy malo	*	*

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Arbustivas	Arbóreas	Altura	Diámetro	Radio de copa	Area basal	Regeneración	Uso de suelo	Manejo vegetación	Manejo del cauce	Manejo del agua	Fauna
encinos	encinos, Alnus	12	34.9	3	4	abundante	proteccion	forestal	protección	excelente	
maiz	Alnus	12	29.5	3	0.0001	0	cultivo	agricola	muy malo	pésimo	
*	*	*	*	*	*	*	ganaderia	muy malo	pésimo	pésimo	
regeneración de Fraxinus y Liquidambar	Liquidambar, Fraxinus	4.5	3.7	2.5	10	helechos	proteccion	forestal	muy bueno	muy bueno	
no	no	*	*	*	*	supuesta	claro entre bosq	muy bueno	protección	muy bueno	
no	Acacias, muy espaciados	6	14.5	4	0.0001	*	pecuario	malo	*	*	
*	*	*	*	*	*	*	camino	*	aporte erosivo	muy malo	
café	Cedrela	14	18.4	5	5	hierbas, helecho	vereda	cercos vivos	protección	muy bueno	
renuevo de encino	Quercus	24	75	7	7	Quercus y helechos		protección	protección	excelente	
café	sombra caducifolia	8	9.3	2	0.0001	hechos y herbace	cultivo	agricola	bueno	muy bueno	
higueras, tlanepas	Inga, sombra café	16	33.9	6	4	hierbas y arbusto	cultivo	abandono	protección	excelente	
*	*	*	*	*	*	*	camino	arboles en orilla	malo	malo	
encinos	Quercus (Liquidambar)	24 (28)	1.43	8	2	encinos abundan	proteccion	protección	excelente	muy bueno	
encinos, liquidambar	Liquidambar	12	31.8	3	12	abundante	proteccion	protección	excelente	excelente	
*	*	*	*	*	*	*	jardín	bueno	bueno	bueno	
no	Pinus patula	15	28.2	2	40	no	plantación	protección	correcto	correcto	
*	*	*	*	*	*	*	basurero	ninguno	correcto	correcto	
*		4	6	1	1	no	cauce	muy bueno	bueno	bueno	
caña	Bursera (perimetro)	*	*	*	*	*	agrícola	monocultivo	bueno	regular	
café	Bursera	5	36	2	1	no	agrícola	monocultivo	regular	regular	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	aporte erosivo	muy malo	
*	*	*	*	*	*	*	agrícola	cultivo estratificado	aporte erosivo	muy malo	

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

OBSERVACIONES	Tipo de camino	Mantenimiento	Agua cruza el camino	Estructura de obra	Pendiente	Uso de suelo (a orilla)	Poblado	Población
Q abundantes, hierbas, MO, humedad, hojarasca, líquenes	*	*	*	*	*	*	cerca rancho	Las Hayas
orilla pisoteada, cauce invadido	*	*	*	*	*	*	Rancho	Las Hayas
pisoteado, compactado, sucio, empantanado	*	*	*	*	*	ganadería	Rancho	Las Hayas
raíces descompuestas, arbolado joven en riesgo	*	*	*	*	*	protección	Parcela	Las Hayas
abandono luego de uso agrícola, claro entre bosquetes	*	*	*	*	*	abandono	Parcela	Las Hayas
hato mixto, hay gallinas y vacas	*	*	*	*	*	ganadería	Rancho Viejo	Rancho Viejo
*	rural	no, sin drenaje	corre sobre el	permanente	5	jardin, patio	Rancho Viejo	Rancho Viejo
selaginelas y helechos abundantes, humedo, sano	*	*	*	*	*	cultivo	Rancho	R.Viejo hacia Briones
terrenos privados en amb. Rural; altos ingresos	*	*	*	*	*	finca	Rancho	R.Viejo hacia Briones
talud sobre el camino, difícil de cosechar, muy denso	*	*	*	*	*	*	*	*
ramas de árboles y arbustos derribados, ramillas	*	*	*	*	*	*	Briones	R.Viejo hacia Briones
*	troncal	revestido	corre sobre el	permanente	4	cafetal	Briones	R.Viejo hacia Briones
comunidad madura, renovera, madrigueras, hojarasca	*	*	*	*	*	*	Briones	Lienzo Charro
hubo helechos arborescentes; renuevos abundantes de Liquidambar	*	*	*	*	*	*	Briones	Lienzo Charro
intencion de sombrear calle con exóticas, bambú, casuarina	troncal	revestido	corre sobre el	permanente	1	casa habitación	Briones	Colonia Briones
hacia la basura, disminuye el sotobosque	acceso	no	no	permanente	2	basurero	Briones	Colonia Briones
compactación de la basura con maquinas, sin reciclar	*	*	*	*	*	basurero	Briones	Colonia Briones
el agua esta ligeramente turbia, hierbas abundantes y hojarasca	*	*	*	*	*	residencial	Briones	Colonia Briones
cultivo intensivo de temporal, sobre suelo mineral	*	*	*	*	*	caña	Buena Esperanza	Esperanza
raíces expuestas del cultivo, supone pérdida de suelo	*	*	*	*	*	cafetal	Buena Esperanza	Esperanza
sombra al camino de los árboles del cultivo	brecha de rancho	empastada	corre sobre el	permanente	hasta 2	caña-café	Buena Esperanza	Esperanza
*	brecha troncal	revestido	corre sobre el	permanente	hasta 6	caña-café	Buena Esperanza	Esperanza

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Construcciones	Drenaje	OBSERVACIONES
*	*	*
*	al cauce	*
rural	al cauce	*
*	*	*
*	*	mismo dueño Fernando Garcia Hernandez, de Rancho Viejo, Ver.
rural concreto	*	ranchería / colonia en las afueras de Coatepec, servicios
rural concreto	*	transito constante personas y animales, servicio transporte suburbano
*	*	ranchos privados, casas de campo, muy espaciadas, lejanas; punto a 15m del camino ppal.
rural concreto	si	propiedades privadas de altos ingresos, fincas a 15-20 m del camino ppal.
*	*	*
*	*	*
*	*	a 10 m del camino principal, tiene mantenimiento, pero no se asolea
*	*	50 m desde el camino
*	*	entresacas ilegales frecuentes
concreto	si	calle rústica en zona residencial, sin drenaje, las orillas tienen vegetación, el mantenimiento es visible, pero incorrecto
*	*	compactación máxima en el camino, tránsito pesado a muy pesado
*	*	sin excluir bolsas de plástico, ni residuos biológico-infecciosos; pepenadores; uso doméstico de la basura
concreto	al agua	cauce a orilla de carretera, en los márgenes está la residencia, correcto
rural	entubado	cultivos alejados de la población mas de 1 Km
rural	entubado	cultivos alejados de la población mas de 1 Km
rural	entubado	sin obras, solo contrapendiente, transito bajo, sin mantenimiento frecuente
rural	entubado	lejos poblado, transito intenso, sombreado, veg en orilla, sin obras, sin drenaje, alcantarillas ocasionales, cada 50m, topes de agua

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Corriente	Localidad	Altitud	Exposición	Slope	Conglomerado	Componente	Tipo de cauce	Permanencia	Ancho cauce	l.v. (cm)	Velocidad
Pescados	Esperanza	1255	40	10	cultivos	cafetal	*	*	*	*	*
Pescados	Esperanza	1255	40	4	cultivos	camino	camino	*	4	*	*
Pescados	Esperanza	1210	140	8	poblacion	casa habitación	*	*	*	*	*
Pescados	Esperanza	1210	140	1	poblacion	camino	camino	*	6	*	*
Pescados	Finca El Deseo	1125	360	0.01	cultivos	cafetal	*	*	*	*	*
Pescados	Finca El Deseo	1125	360	0.01	cultivos	camino	camino	*	2.5	*	*
Pescados	Finca El Deseo	1125	360	0.01	cultivos	camino	camino	*	4	*	*
Pescados	Jalcomulco	867	125	2	cultivos	cauce	canal agricola	permanente	1.5	0	muy alta
Pescados	Jalcomulco	867	125	2	cultivos	camino	calle	*	3	*	*
Pescados	Hacia Mahuixtlan	1004	115	3	policultivo	cauce	canal intercultivo	temporal	1.5	0	media
Mahuixtlan-Consolapa	Mahuixtlan	1044	150	3	cultivos	caña	*	*	*	*	*
Mahuixtlan-Consolapa	Mahuixtlan	1044	150	3	cultivos	camino	camino	*	4	*	*
Mahuixtlan-Consolapa	Mahuixtlan	1041	50	6	cultivos	huerto	*	*	*	*	*
Mahuixtlan-Consolapa	Mahuixtlan	1041	50	6	cultivos	huerto	corriente	permanente	4	0	muy alta
Mahuixtlan-Consolapa	Mahuixtlan	1041	140	3	cultivos	cauce	arroyo	estacional	2	40	moderada
Mahuixtlan-Consolapa	Mahuixtlan	1041	140	3	cultivos	cobertura	*	*	*	*	*
Consolapa	Pacho Viejo	1279	250	35	policultivo	cafetal	drenaje agrícola	estacional	*	*	*
Alto Pixquiac	hacia Rancho El Mirador	2980	110	2	bq montaña	cobertura	*	*	*	*	*
Alto Pixquiac	hacia Rancho El Mirador	2980	110	2	bq montaña	camino	camino	*	4	*	*
Alto Pixquiac	hacia Rancho El Mirador	2959	320	6	bq templado frio	cobertura	*	*	*	*	*
Alto Pixquiac	hacia Rancho El Mirador	2949	110	4	bq templado frio	cobertura	*	*	*	*	*
Alto Pixquiac	cima R El Mirador	2856	180	5	bq templado frio	cobertura	*	*	*	*	*

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Oxigenación	Sombra o Cobertura	Arbolado muerto	CWD	Remansos	Erosión del cauce	OBSERVACIONES	Tipo de suelo	No. Horizontes	Pedregosidad
*	100	1 en pie		*		distancia al cauce, infinito	montaña	desde A	no, rojizo
*	*	*		*		*	*	*	*
*	*	*		*		*	montaña	desde A	no
*	*	*		*		*	*	*	*
*	90	no		*		*	volcanico	sin O	no
*	40	*		charcos		brecha llena de charcos, por uso forma "w"	volcanico	desde A	no
*	50	*		*		*	volcanico	desde A	no
pobre	herbaceas, caña	*		*		muy turbia, MO en agua, exceso sombra, basura, desague	*	*	*
*	30	*		*		*	arcilla	desde A	muy alta
buena	50	por morir		2		rocoso, sin leña sobre agua, tranquilo, arb margin casi muerto	cafetal	desde A	alta
*	100	*		*		*	aluvial	desde A	moderada
*	*	*		*		*	piedra de rio	*	revestido
*	40	*		*		*	aluvial	desde A	no
muy buena	20	no		*		turbidez moderada, revuelta por lluvias	*	*	*
mala	40	por morir		*		canal riego anexo a drenaje, Panteón a 100 m	aluvial	desde A	rocas
*	10	por morir		*		cafetal de dos edades, pequeño a sol total	aluvial	desde A	no
*	80	no		*		*	montaña	todos	alta / rocas gran
*	85	*		*		manchones de cienega, humedal en claros, bq dos edades	montaña	todos	no
*	*	*		*		*	montaña	*	revestido
*	5	*		*		pradera de montaña, potrero muy fragil, en cienega	andosol	desde A	expuesto
*	100	no		*		bosque de patula, estado excelente, reiniciacion tardía	andosol	todos	no
*	100	*		*		rodal maduro, aparenta diversificación	andosol	todos	no

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Compactación	Erosión	OBSERVACIONES	Tipo de comunidad	Estabilidad del cauce	Edo. salud comunidad	Indicadoras de disturbio	Sotobosque
media	no se observa	desbroce total y frecuente, sin MO	cultivo estratificado	bueno	bueno	no hay MO	hojarasca, residuos finos
*	*	*	*	*	*	*	*
no	aparente	traspatio, casas, huertos, interface rural, ornamental, frutal	traspatio	regular	regular	no hay MO	no hay veg rasante, patio limpio
*	*	*	*	*	*	*	*
no	no	fértil, sin horizonte O, hojarasca y veg humedad no pasto	cafetal maduro	muy bueno	muy bueno	no	hierbas que no son pastos
cercano a max	evidente	camino es tierra, y esta pastizado	cafetal maduro	malo	malo	pasto	*
media	inicia en surcos	empedrado, revestido, orillas forradas de vegetacion	cafetal maduro	regular	regular	surcos	*
*	*	muy sucio, estropeado, orilla: platano, cafe, hierbas, caña	canal agricola	canal	pésimo	basura	*
maxima	muy alta	rocas grandes, alcantarillas a mitad, carcavas, riachuelos	urbano rural	nula	muy malo	carcavas	*
*	*	alta, agua con cieno, hay limpieza en margen izq por cultivo	policultivo	mala	regular	labor agricola	*
por cultivo	no se observa	*	cañal	bueno	regular	ratas?	no
maxima	en surcos	*	cañal	mala	regular	surcos	*
no	no se observa	suelo cubierto con pasto, labores de cultivo= limpieza de hierbas	huerto frutal	bueno	muy bueno	no	pasto
*	*	*	huerto /cañal	bueno	bueno	no	*
no	visible	hay MO en el agua, suelo desgajado por raíces enormes	cafetal dos edades	pésimo	muy malo	basura, raíces muertas	café 30 cm, limpieza total
labores cultivo	visible	cafetos de reemplazo, muy pequeños, a sol densidad media, con sombra, hojarasca, ramillas	cafetal dos edades	mala	*	exceso limpieza	nada
no	no	profundo, andosol, horizontes todos y en orden, sin pasto	bq. Frio dos edades	excelente	excelente	un Arctostaphyllus	ciperaceas, herbacaeas variadas
maxima	no	camino de acceso principal	bq frio reiniciacion	*	*	*	*
muy alta	cárcavas pequeñas	abuso, presencia de escobillas, carga animal excesiva	pradera de montaña	malo	muy malo	ganado	ciperaceas y pasto escaso
no	no	andosol bien profundo, 30 cm de MO, 10 cm hojarasca	r tardia o diversificación	excelente	excelente	no	hierbas y regeneración
no	no	fértil, horizontes claros, corteza, tocones, musgos, líquen	rodal maduro	excelente	excelente	no	tolerantes, regeneración abundante

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Arbustivas	Arbóreas	Altura	Diámetro	Radio de copa	Area basal	Regeneración	Uso de suelo	Manejo vegetación	Manejo del cauce	Manejo del agua	Fauna
café	sombra café	10	38.2	4	5	no	agrícola	cultivo estratificado	bueno	bueno	
*	*	*	*	*	*	*	agrícola	*	*	*	
bambu	ornato	*	*	*	*	*	traspatio	jardin	malo	malo	
*	*	*	*	*	*	*	calle	*	malo	malo	
café 3 m	sombra café	17	67.3	7	4	no	cultivo	cafetal de sombra	muy bueno	excelente	
*	*	*	*	*	*	*	brecha	sombreado	malo	malo	
*	*	*	*	*	*	*	camino	sombra, calzada	regular	regular	
*	arbol sobre cauce	9	38	5	3	no	urbano rural	pobre	pésimo	pésimo	
*	*	*	*	*	*	*	urbano rural	sombreado	muy malo	muy malo	
café 2 m	sombra de café decayendo	8	46.9	7	5	no	agrícola	cafe	regular	regular	
caña 3m	*	*	*	*	*	*	agrícola	monocultivo	regular	regular	
*	*	*	*	*	*	*	agrícola	sombra	malo	malo	
no	Macadamia	5	30	1.5	10	no	frutal	huerta macadamia	bueno	muy bueno	
*	*	*	*	*	*	*	agrícola	huerta / jardin	bueno	bueno	
café 1.5m	uno casi muerto	*	*	*	*	*	agrícola	cafetal sol	pésimo	pésimo	
café 1.5m	*	*	*	*	*	*	agrícola	cafetal sol	muy malo	muy malo	
café	laurel dañado base	10	24	4	8	no, limpieza	agrícola	policultivo multiestrato	bueno	bueno	
no	rudis dos pisos	25 / 6 a 8	69 / 8.6	4 / 1.0	1.0 / 35	eventual	proteccion	protección	protección	excelente	
*	*	*	*	*	*	hierbas, helecho	proteccion	protección	protección	excelente	
no	no	*	*	*	*	*	pecuario	pradera forzada	muy malo	muy malo	
regeneración pino, hierbas	patula	13	25.5	2.5	12	abundante	bq manejado	forestal	excelente	excelente	
Abies, Quercus	Abies	12	31.5	2.5	19	es, Pinus, Quer	forestal	forestal	excelente	excelente	

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

OBSERVACIONES	Tipo de camino	Mantenimiento	Agua cruza el camino	Estructura de obra	Pendiente	Uso de suelo (a orilla)	Poblado	Población
arbol podrido en el centro, hongos, arañas, mfauna	*	*	*	*	*	cafetal	Buena Esperanza	Esperanza
*	brecha	revestido	corre sobre el	permanente	4	cafetal	Buena Esperanza	Esperanza
casa habitacion, techo de lamina, apisonada	*	*	*	*	*	poblado	Buena Esperanza	Esperanza
*	calle rural	revestido	corre sobre el	permanente	5	poblado	Buena Esperanza	Esperanza
semeja bq maduro, cafetos frondosos 2-3m, exhuberantes	*	*	*	*	*	cafetal	Finca El Deseo	Finca Privada
árboles y vegetación de orilla entran al camino	brecha intercultivo	no	corre sobre el	permanente	0.01	agricola	Finca El Deseo	Finca Privada
los arboles forman en la orilla una calzada visual/ atractiva	troncal	empedrado	mal drenaje	permanente	0.5	agricola	Finca El Deseo	Finca Privada
casas tras los cultivos, drenaje al agua	*	*	*	*	*	*	Jalcomulco	Colonia
*	calle rural	nulo	corre sobre el	permanente	2	calle	Jalcomulco	Colonia suburbana
limpieza agricola ensucia el cauce, no hay leña que filtre	*	*	*	*	*	agricola	*	*
cultivo normal, sobredensidad, nada de MO	*	*	*	*	*	*	*	*
cultivos a orilla, cañal y huerto	troncal	revestido	corre sobre el	permanente	2	agricola	Mahuixtlan	frontera poblado
no hay certeza de uso de herbicidas, cambiaría manejo agua	*	*	*	*	*	agricola	Mahuixtlan	frontera poblado
un poco de basura en el agua, cauce frontera poblacion	*	*	*	*	*	agricola	Mahuixtlan	frontera poblado
el Panteón cerca es incongruente con calidad de agua	*	*	*	*	*	agricola	Mahuixtlan	hacia carretera
cafetal a sol, exceso limpieza; cafetal mediano, descuido	*	agrícola	*	*	*	agricola	Mahuixtlan	hacia carretera
hojarasca y ramillas finas, sin H ni O, limpieza constante	*	*	*	*	*	agricola	Pacho Viejo	Pacho Viejo afueras
entorno de rancho ecológico, potencial recreativo	*	*	*	*	*	forestal	El Mirador	Rancho Ecológico
bosque anexo, sobredenso, sin evidencia de uso	troncal	revestido	mojado por lluvia	permanente	2	forestal	El Mirador	Rancho Ecológico
distancia a cauce infinito, pero daño evidente, Arctostaphyllus	*	*	*	*	*	pecuario	El Mirador	*
condición humeda, vigorosa, 3 pisos arbolado, veg rasante	*	*	*	*	*	forestal	El Mirador	*
protección, sin uso comercial evidente	*	*	*	*	*	forestal	El Mirador	*

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Construcciones	Drenaje	OBSERVACIONES
rural	entubado	presente leña de 100 hs, menor a 30 diametro, hojarazca, sombra
rural	entubado	corte en "m", hay una alcantarilla y cuneta, de todos modos charcos
rural	entubado	*
rural	entubado	calle con banquetas, topes de agua, alcantarillas cada 100 m, techos de lamina o teja, energia del agua maxima
*	*	arboles de sombra, caducifolios, cargados de epifitas, cavidades, madrigueras, cafetos muy verdes, fertilidad, humedad
*	*	sin revestir, el agua se encharca y corre en surcos profundos, sin drenaje, sin obras, de medio uso
*	*	la intencion es visual, los arboles sombrean, tiene bajo tránsito por eso no esta tan mal, mal drenaje, inicia forma "w"
rural concreto	al agua	*
rural concreto	rustico	calle pésima, frontera hasta cañales, termina en los terrenos y en ellos es brecha con menos pendiente
*	*	hay algunas hierbas sobre margen derecha, un poco de cieno, rocas ocasionales, disminuyen velocidad del agua
*	*	*
rural concreto	entubado	piedra de rio es revestimiento, sin mantenimiento, mal trazado, sin drenaje, pasto en las orillas, charcos, surcos profundos o carcavas pequeñas
rural concreto	entubado	frontera con cauce, pequeña corriente entre los cultivos, casa del dueño anexa, cruzando el cauce, cultivo unico en el lugar
rural concreto	al agua?	evidencia de lluvias abundantes cercanas, mucha agua corriente, rebotada, sin detergentes, leña o basura estancada
*	*	cañales, cafetales, basura en agua, corre hacia la carretera, pasa debajo de ella y al otro lado la brecha esta desgajada, evidencia de agua en exceso
*	*	cafe en iniciacion, suelo excesivamente fragil, remocion, limpieza, todo el desprendimiento va hacia el agua
*	*	distancia al cauce infinito, distancia al camino infinito, fauna y microfauna abundantes, madrigueras, humedad
*	*	excelente estado de comunidad, microambiente no parece regional, maxima proteccion para cauces, uso excelente del agua
*	*	en buen estado, con dos cunetas, con abanicos para salida de agua, transitable siempre
*	*	potrero en montaña, extremadamente fragil, uso excesivo, carga constante, totalmente incorrecto y en desastre
*	*	estado exhuberante de la vegetación, con mucho el mejor trozo de bosque, estado natural, arroyuelos espontaneos
*	*	no hay estratos definidos de vegetación, pero hay muchas edades, mucha regeneración, humedo, exhuberante, musgos sobre arbolado vivo

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Corriente	Localidad	Altitud	Exposición	Slope	Conglomerado	Componente	Tipo de cauce	Permanencia	Ancho cauce	I.v. (cm)	Velocidad
Alto Pixquiac	cima R El Mirador	2995	100	10	bq templado frio	camino	*	*	*	*	*
La Antigua	La Antigua	1	zenital	0	potrero/jardin	cauce	desembocadura	permanente	70	2	reposada
el de MF Altam	Mata Mateo	30	zenit(E)	3	potrero induc.	cobertura	*	*	*	*	*
*	Mata Mateo	30	zenit(E)	*	infraestructura	camino	*	*	*	*	*
*	Mata Mateo	30	zenit(E)	*	habitacion	caserio	*	*	*	*	*
Paraíso, Tolome	Rinconada-Paraíso	*	90	4	cañaveral	cobertura	rio	permanente	*	*	*
rio	Paraíso	*	90	50	riberaña	cauce	rio	permanente	60	0	muy alta
rio	Paraíso	*	Este/SE	3	riberaña	cobertura	rio	permanente	30	50	alta
Los Pescados	Los Pescados	*	zenital	3	riberaña	cauce	rio	permanente	40	30	muy alta
Los Pescados	cerca Tlaltetela	*	90	60	matorral mesofilo	cobertura	*	*	*	*	*
Los Pescados	cerca Tlaltetela	*	270	10	cultivo	cafetal	*	*	*	*	*
*	Buzón	30	*	*	cobertura	mat.arbus	*	*	*	*	*
*	Buzon	30	*	*	*	camino	*	*	*	*	*
Canal Riego	Tierra Colorada	50	*	2	lomerio	cauce	canal riego	permanente	5	0-300	alta
micro-arroyo	La Reforma (Tenampa)	*	*	40	BQM Umbroso	Cauce	micro-arroyo	efimero	0.5	-0.0009	muy alta (seca)
*	La Reforma (Tenampa)	*	*	35	BQM Umbroso	cafetal	*	*	*	*	*
arroyuelo	Comapa (1km)	*	*	20	BQM expuesto	cauce	arroyuelo	estacional	0.8	0	lenta
drenaje	Barranca Rio Pescados	*	*	60	BQM expuesto	drenaje	drenaje	permanente	0.4	0	muy alta

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Oxigenación	Sombra o Cobertura	Arbolado muerto	CWD	Remansos	Erosión del cauce	OBSERVACIONES	Tipo de suelo	No. Horizontes	Pedregosidad
*	*	*		*		*	andosol	todos	no
buena	60	uno sobre cauce	no	tres	escasa	pesca/turismo	arenoso/ribera	*	nula
*	70	*	*	*	*	pastizal inducido, arboles tamarindo, potrero en secas	arcilla arenosa	m.o.	escasa
*	*	*	*	*	*	*	revestido	*	*
*	caserío, concreto, teja	*	*	*	*	arbolado para sombra, solares sin cobertura, mascotas	arcilla arenosa	*	*
*	80	*	*	*	*	sin sotobosque, tal vez roedores, barbecho	arcilla arenosa	sin mo, sin h	alta
muy buena	90	ninguno	no	0	nula	muy turbulento, ramas se inclinan a cauce, rocas gdes	aluvial	todos	no
muy buena	*	truncos sobre el casi		1	no se observa	cauce estable, agua cristalina, sin algas, musgo o lirio	aluvial	sin mo, sin h	baja
muy buena	50	no	moderada	1	no	cantidad moderada leña mil horas en degradacion	aluvial	todos	regular
*	50	*	*	*	*	enfrente de cañada pequeña con exposicion N	volcanico	todos	rocas gdes
*	60	*	*	*	*	*	cafetal	sin mo, sin h	*
*	30	*	*	*	*	*	arcilla arenosa	sin mo, sin h	alta
*	*	*	*	*	*	*	arcilla arenosa	*	*
muy buena	50	1	si	no	ligera	una margen estable, la otra erosionada y pisoteo	aluvial pesado		
excelente	100	no sobre cauce	*	no	nula	tiempo secas	volcánico/roc.basalt	humus	nula
*	80 y 20 no café	no	no	*	*	cafetal de sombra, cubierto, hojarasca en cantidad	volcánico	todos	no
buena	60 (15 no café)	2	no	no	fuerte	derrumbes por pisoteo, basura (latas)	andosol/calizo	sin H, mo y casi	baja
excelente	75 (20 no café)	*	no	*	extrema	flujo constante, intensidad variable, media muy alta	andosol/volcanico	intemperizacion	ligera

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Compactación	Erosión	OBSERVACIONES	Tipo de comunidad	Estabilidad del cauce	Edo. salud comunidad	Indicadoras de disturbio	Sotobosque
maxima	no	en orilla, ocochal, ciperaceas, no pasto	rodales maduros	excelente	excelente	no	ciperaceas, ocochal
sendero	muy escasa	transito personas, en tramos veg orilla quemada, trampas camarón	ribereña	completa	muy bueno	ninguno	60
si	no	leña fina abundante	pastizal	buena	regular	uña gato	80
maxima	sin erosion	*	*	*	*	*	*
muy alta	*	limpieza en jardines, agua en bebederos y tinajas, ornamentales	caserio	*	*	sin cobertura	no hay
regular	ligera	limpieza para el cultivo, anexos cuamiles de maiz-frijol	cultivo	bueno	regular	sin cobertura	no hay
no	no	20 m orilla de cauce, humedo, sombreado, epifitas	ribereña	completa	excelente	ninguno	herbaceas, no pasto
ligera	no	orilla de cauce, canoras abundantes, garzas arboles, jarilla (3 m altura), Panicum (35 cm alto)	ribereña	completa	excelente	ninguna	herbaceas, no pasto
no	no	suelo de ceniza, m.o. Fina, desmenuzada, en incorporacion	matorral seco	*	conservado	moderada (espinosas)	hierbas espinosas, otras fix N
*	*	raices muy expuestas, solo hojarazca reciente	policultivo	*	regular	sin mo	limpiado
regular	escasa	matorral arbustivo seco, hierbas espinosas	matorral seco	regular	regular	leguminosa calva	hierbas espinosas, otras fix N
*	escasa	matorral arbustivo seco, hierbas espinosas	matorral seco	regular	*	*	*
nula	nula	piedra volcánica totalmente cubierta de musgo, hor H y todos O	esorrentia	*	excelente	ninguna	abundantes Ciperaceae
no	no	suelo profundo, todos horizontes, H solo café	cultivo	buena	muy buena	ninguno	rasante algo escaso
moderada(pisoteo)	fuerte	suelo fragil y muy mal manejado	cauce	mala	muy mala	basura	escasa ribereña rasante
alta	carcavas e intemperismo	flujo del agua desnuda el suelo sin vegetacion ladera abajo	bqmesofilo ladera	mala	buena	*	vegetacion rasante, hierbas no pastos

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Arbustivas	Arbóreas	Altura	Diámetro	Radio de copa	Area basal	Regeneración	Uso de suelo	Manejo vegetación	Manejo del cauce	Manejo del agua	Fauna
regeneración	Pinus, Abies	*	*	*	*	*	camino	forestal	*	*	
nula	Salix	8	32.6	3.2	14	0	proteccion	proteccion	pesca/turismo	transporte/ocio	peces
uña de gato/zacate privilegio	tamarindo	5	33.7	5.5	6	1	potrero/frutal	agropecuario	proteccion	adecuado	canoras/roed
*	*	*	*	*	*	*	*	*	proteccion	adecuado	*
*	yuca, almendro	*	*	*	*	*	habitacion	huerto familiar	ninguno	consumo	*
caña	*	*	*	*	*	*	agricola	cultivo	proteccion	consumo	roedores
variadas	Ficus	20	79	7.5	13	15	proteccion	proteccion	proteccion	excelente	canoras
variadas/juven	varias	*	*	*	*	*	cauce	proteccion	proteccion	excelente	canoras
jarilla	Platanus	18	70	5	2	ninguna	cauce	proteccion	proteccion	bueno	canoras
espinosas	porte bajo, aisladas	7	*	*	1	ninguna	proteccion	sin uso	proteccion	muy bueno	aves, reptiles,
café	sombra café caduc	5	14.9	2.2	8	ninguna	agricola	cultivo	malo	malo	insectos
leguminosas	leguminosas	6	7.6	2	20	1	potrero	descanso	*	adecuado	insectos / ave
*	*	*	*	*	*	*	potrero	descanso/recoleccion	*	bueno	*
abundantes	abundantes,	18	25	6	0	0	proteccion	proteccion	no	excelente	canoras, inse
Musa	Varios BQM										
compuestas, café	sombra café	15	26.3	3.3	3 café 2 somb	0	agricola	cafetal sombra	muy bueno	bueno	insectos
no	no	15	30	3.7	3	0	agricola	cafetal	muy malo	pesimo	no
café	sombra café	5	10	0.9	1 café 4 somb	0	agricola	cafetal	drenaje	regular	*

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

OBSERVACIONES	Tipo de camino	Mantenimiento	Agua cruza el camino	Estructura de obra	Pendiente	Uso de suelo (a orilla)	Poblado	Población
*	troncal	revestido	corre sobre el	permanente	4	forestal	El Mirador	*
cauce sano, 2 árboles a orilla, inclinados s/agua	*	*	*	*	*	*	La Antigua	ciudad pequeña
tamarindos, espaciados, copas de buen aspecto	*	*	*	*	*	*	*	*
*	brecha	cunetas	no	permanente	3	potrero	*	*
en la iglesia los árboles tienen riego	*	*	*	*	*	*	Mata Mateo	rural
caña de temporal y riego	brecha	no	si	permanente	5	agricola	Paraíso	?
suelo cubierto con hojarasca, renuevos muy proximos	*	*	*	*	*	*	*	*
arboles muy frondosos, rancho pecuario margen derecha	*	*	*	*	*	conservacion	*	*
turismo cercano, descenso de rio, nado y limpieza	*	*	*	*	*	variado	Restaurante	cerca Jalcomulco
proximidad a cultivos de platano, yucas y terminalias aisladas	*	*	*	*	*	agricola/abandono	prox Tlaltetela	prox Tlaltetela
café, sombra, platano, cultivo de 3 ciclos	*	*	*	*	*	agricola	?	*
pequeños claros, habitat canoras, gramineas inducidas	*	*	*	*	*	potrero	Buzon	rural
*	troncal	revestido	no	permanente	2	potrero	Buzon	rural
exhuberante, zona de alta humedad, sombra cerrada	*	*	*	*	*	conservacion	Tenampa	La Reforma
sombra, humedad, sbpob.epifitas, bromelias, heno	*	*	*	*	*	agricola	Tenampa	La Reforma
todo mal, efectos graves sobre agua	*	*	*	*	*	agricola	Comapa	caserío
Beneficio de café La Laja, mal manejo de laderas	*	*	*	*	*	agricola	Benef La Laja	caserío

Apéndice 2. Diagnóstico de la condición ecológica (lectura del paisaje) y su relación con los usos del agua, en los puntos de muestreo de los sitios establecidos en la cuenca La Antigua, Veracruz.

Construcciones	Drenaje	OBSERVACIONES
*	*	mal diseño, esfuerzos de mantenimiento, pero mal, la pendiente requiere cortes de agua y no hay, cunetas insuficientes, ya hay cárcavas
urbana	*	orilla de río, restaurantes, jardines privados, potreros, ramas sobre el agua hacen remansos, niños nadando, trampas p/camaron
*	*	potrero en secas con abundante materia combustible, linderos a un lado del camino, aprovechamiento del tamarindo para venta
*	*	revestido, brecha 2 carriles, mantenimiento de junta local, sin baches, tramo recto y casi plano, iluminado, cunetas, sin erosión
concreto	letrinas	sin observaciones el camino; techos de lamina o teja, iglesia, jardín, huerto, casas de madera y concreto, rural
*	*	*
*	*	no hay evidencia de tránsito humano constante, zona protegida frente a un rancho ganadero
*	*	comunidad casi natural, trepadoras, epifitas, árboles variados, renuevo abundante, fauna, sin uso humano intenso, consumo río arriba
*	*	jarilla y zacaton frondosos, cubren las rocas del lecho del río, veg exhuberante pero abierta, suelos ya no calc sino volcanicos
*	*	caserio a pocos km, frente a cañada con huertas mixtas de mango y platano de exc condicion, terreno en abandono, seco por completo.
*	*	fragilidad en suelos de ladera, que se agrava con la pendiente y la limpieza excesiva con fines de cultivo
*	*	madera aprovechada para leña, postes, domestico, 10 años de disturbio, leguminosa calva, crucetas y nopal, flores, frutos y perchas para aves
balaustrado	margen estable	bien trazado, sin cunetas ni obras para desague, sin baches, muy estable, bien realizado y transitable
Rural	ninguno	carretera federal 20 m arriba, poblacion dispersa a orilla de la carretera, cultivo de café en orillas en medio de sombra
rural	no	cafetal en pendiente es cafetal de montaña, evidencia apenas visible de fuego, i.e. Manejo de vegetacion a nivel del suelo
rural	drenaje	escaleras (BMP intento), manejo de vegetación rasante para impedir cubrir cauce, casi nula materia orgánica, árboles muertos con cavidades y hoyos de raíz
Rural	letrinas	Desechos del beneficio directos a laderas, desechos humanos de la parte alta, por filtracion, letrinas. Distancia 300 m desde la carretera