



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.

Vol 10. N° 30
Octubre 2017
www.eumed.net/rev/delos/30

EXPERIENCIAS EN LA GESTIÓN RURAL DEL AGUA EN UNA MICROCUEENCA EN LOS ALTOS DE JALISCO, MEXICO

Dr. Aldo Antonio Castañeda Villanueva ¹
acastaneda@cualtos.udg.mx
Dr. Cándido González Pérez ²
cgonzalez@cualtos.udg.mx
Dr. Marco Antonio Berger García ³
marco.berger@cualtos.udg.mx
México.

CONTENIDO

Resumen	2
Abstract	2
1 Introducción.....	3
1.1 Los Altos de Jalisco	4
1.2 Descripción de la microcuenca de estudio.	7
1.3 Etapas en la gestión del agua en la microcuenca del Río Jihuite.....	9
2. Métodos y materiales	11
2.1 Definición del tamaño de muestra.	11
3. Resultados	12
4. Conclusiones.....	18
5. Referencias	19

¹ Doctor en Estudios Regionales (Gestión integral del agua), Maestría en Desarrollo Sustentable, Licenciatura en Ingeniería Química. Profesor e Investigador en el Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara.

² Doctor en Educación, SNI nivel I, Profesor e Investigador en el Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara.

³ Doctorado y Maestría en Políticas Públicas, Licenciado en Economía. Jefe del departamento de Estudios Organizacionales del Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara.

RESUMEN

La administración local del agua en pequeñas comunidades rurales, puede presentar cierto grado de efectividad, la cual depende en gran medida de la apropiación local y de la voluntad política de los tomadores de decisión. Lo anterior es evidenciado en una microcuenca ubicada en Los Altos de Jalisco donde los comités vecinales que gestionan los servicios de agua potable, presentan esquemas organizacionales sencillos y eficientes, ya que los usuarios cuentan con acceso a información directa y expedita, en relación con la gestión y manejo de los sistemas de abasto. Poseen mecanismos efectivos de participación social y democracia local, sus sistemas son gestionados con mínima burocracia y conocimiento local, así desde la óptica del manejo descentralizado y sustentable de los sistemas de abasto de agua potable, se deben de reconocer jurídicamente las capacidades locales de las comunidades rurales, ya que estas formas de administración y operación de los sistemas, reducen costos, hace expedita la gestión y fortalecen la cohesión social comunitaria.

Palabras clave: Administración del agua, Comunidades rurales, Microcuenca, Altos de Jalisco, Gestión de recurso.

ABSTRACT

Local water management in small rural communities may have some effectiveness level which depends to a large extent on local ownership and the political will of decision makers. This is evidenced in a micro watershed located in Jalisco Highlands, where the neighborhood committees that manage drinking water services, present simple and efficient organizational schemes, since users have access to direct and expedited information, in relation to the manage and management of supply systems. They have effective mechanisms of social participation and local democracy, their systems are managed with minimal bureaucracy and local knowledge, and from the point of view of the decentralized and sustainable management of drinking water supply systems, local capacities of this rural organizations must be legally recognized, since these forms of administration and operation of systems, reduce costs, expedite management and strengthen community social cohesion.

Key words: Water management, Rural communities, Micro watershed, Highlands of Jalisco, Resource management.

1 INTRODUCCIÓN.

En México los ajustes para el manejo integral de las cuencas hidrológicas, tienden a transitar de un enfoque sectorial y centralista hacia uno más completo, descentralizado y de mayor participación social, no obstante las deficiencias institucionales y la ausencia de consensos entre las dependencias oficiales son aspectos que frenan el conocimiento y la gestión adecuada de las cuencas (Cotler, 2004).

Las posibilidades de gestionar y manejar integralmente una cuenca, son inversamente proporcionales a su complejidad y a su tamaño, lo significa que a medida que descendemos en la escala de complejidad y tamaño de la cuenca podemos aumentar la integralidad de nuestra intervención y a la inversa, entre más grande y compleja es una cuenca las intervenciones integrales son más idealistas (Guillermo Chávez, Colegio de Ingenieros Civiles de México A.C.), de tal forma es posible afirmar que no todas las cuencas requieren de una gestión integral y completamente articulada en todos sus componentes y procesos, primero porque simplemente no es posible manejar todas las operaciones dentro de una cuenca, dado que no es igual la cuenca del Río Bravo, la cuenca del Río Amazonas o la cuenca del Río Nilo, que las cuencas del Río Tecolutla en Veracruz, del Río Sabinal en Chiapas o el Río Apatlaco en el estado de Morelos, y segundo, porque no existe la gestión integral como proceso único; lo que existe son múltiples procesos naturales, sociales y económicos que dependen de factores muchas veces ajenos a la cuenca, por ejemplo la disponibilidad de recursos públicos, el precio del petróleo o el Tratado de Libre Comercio (TLC), en resumen: la gestión sólo existe en función de su objeto y sobre todo de los objetivos que se proponen alcanzar los actores de la cuenca.

Chávez afirma que en México, para hacer posible y viable la gestión integrada del agua y de las cuencas es necesario:

- 1) Depurar las reformas recién aprobadas a la ley de aguas nacionales y reglamentarlas para darles consistencia con un modelo descentralizado y participativo.
- 2) Construir una gran red nacional de datos sobre el agua, las cuencas y el medio ambiente.
- 3) Replantear los esquemas de planificación nacional y sectorial, para dar paso a un nuevo modelo que concentre la atención de las instituciones federales en lo verdaderamente estratégico, para la seguridad nacional y en aquellos aspectos intercuenas que son vitales para el desarrollo regional y que rebasan el ámbito local.
- 4) Un modelo que facilite y promueva la definición de objetivos, estrategias y acciones en el ámbito de cuenca con la intervención de los gobiernos locales, los usuarios y la sociedad, dejando lo específico y operativo en los territorios de subcuenca, microcuencas y acuíferos, para los actores locales, incluidos los gobiernos estatales y municipales, las comunidades y los grupos sociales organizados, haciendo de los procesos de elaboración de planes y programas, verdaderos ejercicios de información, consulta, concertación y codecisión e incorporando las actividades de seguimiento y evaluación periódica, para verificar los

impactos que se van logrando en cada cuenca. Para avanzar es indispensable reformar las instituciones del agua cumpliendo los propósitos largamente anunciados de descentralización, acción coordinada de los gobiernos locales y acción participativa de los usuarios y ciudadanos.

- 5) También es necesario diferenciar más claramente las responsabilidades y tareas que competen a los gobiernos federal, estatal y municipal, procurando la complementariedad y coherencia de las leyes estatales con la legislación federal, para evitar contradicciones y vacíos que dificultan la gestión integrada del agua y de las cuencas.
- 6) Para lograr nuevos avances en la gestión integrada del agua y de las cuencas, es necesario alejarse del concepto tradicional del gobierno centralizado y autoritario que lo sabe todo y lo puede todo, para acercarse al de gobernabilidad, en el que, las autoridades se relacionan cotidiana, sistemática y orgánicamente con los ciudadanos, para definir los planes y sus contenidos, para darles seguimiento y evaluar periódicamente sus resultados, los ciudadanos tienen en mente un futuro más equilibrado de las cuencas hidrológicas, y en esa imagen está presente su deseo de dar mayor certidumbre a las nuevas generaciones sobre la posible mejora de su bienestar y que los gobiernos, así como los propios ciudadanos seamos capaces de construir sistemas más eficientes de gestión (Chávez, 2014).

Juan Carlos Pérez (Gobierno de Guanajuato, Gto.), propone una metodología acorde con la visión sobre de que el manejo de microcuencas debe ser estudiado en el contexto integral, esto es considerando principalmente; el entorno del sistema y los diversos modos de ocupación territorial, la participación del hombre, la deforestación, el sobrepastoreo y la apertura de espacios al cultivo (que cada día se están haciendo más extensos, sin los resultados productivos esperados y generando impactos negativos que se manifiestan en los recursos naturales), en referencia a los recursos hídricos disponibles, para lo cual el enfoque que se debe perseguir al incidir en la rehabilitación de estas pequeñas regiones llamadas microcuencas, es mediante la intervención directa en el medio físico, integrando factores sociales y tecnológicos con los socioeconómicos, con el único fin de apoyar y contribuir al incremento del nivel de vida, primero de los habitantes de la microcuenca y, segundo de los habitantes de microcuencas contiguas, tomando como base el saneamiento, la conservación y la rehabilitación de los recursos naturales existentes en la microcuenca en cuestión (Pérez, 2014).

1.1 Los Altos de Jalisco

La región Altos de Jalisco representa el 19.41% de la superficie total del estado, se localiza en la región hidrológica "Lerma-Santiago" (RH-12), se divide en dos zonas: Altos-Norte y Altos-Sur, en la primera la profundidad de los pozos para la extracción del agua es del orden de 200 a los 300 metros, a excepción de los municipios de Ojuelos y San Diego de Alejandría en donde las profundidades son de 300 y 400 metros.

Los Altos–Sur presentan un acuífero definido en la zona Acatic–Tepatitlán–Arandas, con una superficie aproximada de 6,000 km², misma que por sus características geo-hidrológicas es explotado ampliamente, especialmente por los municipios de Tepatitlán y Arandas, oscilando las profundidades de los pozos en la zona entre los 200 y 500 metros.

Las fuentes de contaminación del agua en estos territorios se relacionan directamente con las actividades socio-económicas que se desarrollan en cada zona, en general predominan las explotaciones pecuarias (porcina, avícola y ganadera), la agricultura de temporal y una creciente industria de transformación (embutidos, lácteos, tequila, entre otros).

En referencia el inventario ganadero en Jalisco y la zona de estudio, para el año 2014 se reporta lo siguiente: (cuadro 1)

Especie pecuaria	Jalisco	Altos	Tepatitlán
Bovinos para leche	995,298	541,650	56,014
Bovinos para carne	2,413,874	630,763	103,300
Porcino	6,830,868	3,598,103	533,312
Aves para huevo	80,352,803	56,430,282	17,059,746
Aves para carne	22,042,833	10,259,502	2,341,942
Caprino	200,358	92,672	6,080

Cuadro 1. Inventario ganadero 2014 en número de cabezas (Fuente: OEIDRUS Jalisco, con información de la delegación estatal de la SAGARPA.)

Lo que refleja la importancia de la zona alteña, tanto en la producción pecuaria nacional, como en la generación de desechos orgánicos y aguas residuales.

Así mismo es evidente un elevado grado de eutrofización del agua de bordos que sirven de abrevaderos para la ganadería regional y en los embalses de presas, cuyas aguas son utilizadas como suministro de agua potable para municipios como el de Tepatitlán, donde ya se han identificado problemas de contaminación (Ramírez *et al.*, 1997).

Según la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Social del Estado de Jalisco (SEMADES, 2006), todos los municipios de Los Altos de Jalisco, presentan problemas de contaminación de agua superficial, al verter aguas residuales sin tratamiento a la red fluvial y por desechos de granjas, además los sistemas de producción agropecuaria también se han identificado como fuentes de contaminación no puntual para los cuerpos de agua superficial (Flores *et al.*, 2009).

De igual forma en la región alteña se reportan problemas de sobreexplotación de acuíferos (CONAGUA, 2006), acentuados por la extracción de aguas subterráneas profundas con alto contenido de fluoruros y arsénico (Hurtado y Gardea, 2005), con el consecuente efecto negativo en la salud de la población y la disminución del agua para el consumo humano.

Algunos factores que se relacionan con la contaminación en estas regiones son los siguientes:

- 1) El exceso de nutrimentos contenidos en los alimentos consumidos y las excretas.
- 2) La salida de nutrimentos y sólidos suspendidos vía escurrimiento superficial.
- 3) Procesos fisicoquímicos del suelo asociados a los nutrimentos de fósforo y nitrógeno.

- 4) El manejo de estiércoles y desechos orgánicos.
- 5) La erosión hídrica de las áreas de pastoreo.
- 6) El efecto residual a largo plazo de la aplicación constante de estiércoles.
- 7) La intensidad de pastoreo o sobrepastoreo y,
- 8) La cercanía de los animales en pastoreo a las corrientes de agua, entre otros.

Así mismo, según datos publicados por la CONAGUA (2007), de los 59 acuíferos identificados en el estado de Jalisco, ocho no tienen disponibilidad y están sobreexplotados; Atemajac, Toluquilla, Cajititlán, Poncitlán, Ocotlán, La Barca, Encarnación y Jesús María, un total de trece no tienen disponibilidad de acuerdo con la condición de manejo del organismo debido a que hasta el momento se han concesionado en el Registro Público de Derechos del Agua (REPGA) todos los volúmenes de agua subterránea disponibles calculados en sus estudios: San Isidro, Huejotitlán, Cuquío, Arenal, Valle de Guadalupe, Jalostotitlán, La Huerta, Aguacate, Altos de Jalisco, Tepatitlán, Lagos de Moreno, Yahualica y Tomatlán. En la región Altos de Jalisco existen 11 acuíferos, de los cuales únicamente, Ojuelos, Primo Verdad, 20 de Noviembre y El Muerto, cuentan con disponibilidad (figura 1) (CEA jalisco, 2013).

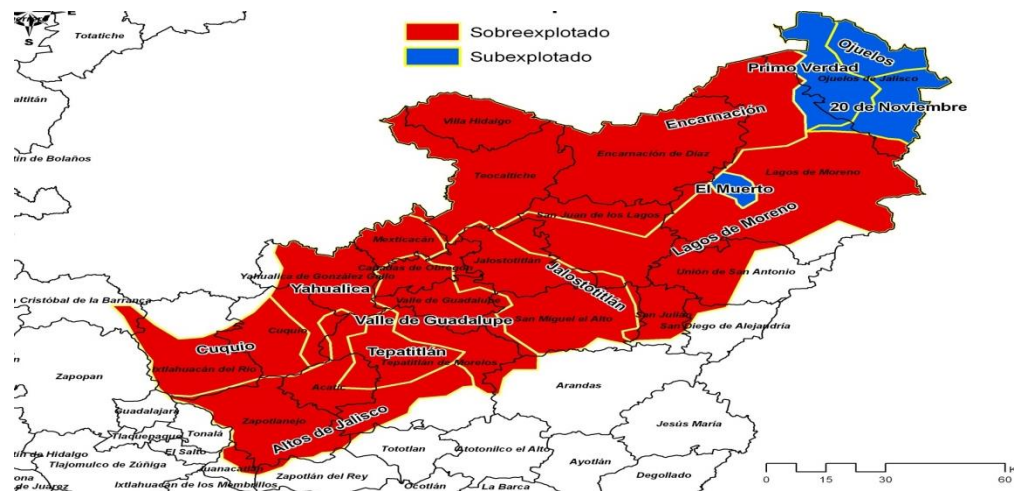


Figura 1. Situación de los acuíferos en Los Altos de Jalisco (Fuente: CONAGUA, 2013).

Los compuestos orgánicos, alcanzan las masas de agua subterráneas por infiltración a través del suelo, la capacidad filtrante depende de varios parámetros como; la porosidad, la capacidad de absorción, la formación de compuestos solubles o insolubles, entre otros. El nitrógeno en sus principales formas (nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos), al ser muy soluble se incorpora a las aguas de lluvia o de riego, acompañándolas en su recorrido a través del suelo, alcanzando finalmente a los acuíferos subterráneos, por su parte el fósforo (ion orto fosfato) se combina con los iones de hierro, aluminio y calcio dando lugar a compuestos poco solubles, siendo retenidos por el suelo y puestos a disposición de los cultivos. Las poblaciones microbiológicas (bacterias y virus),

son retenidos por el poder filtrante del suelo, recorriendo solamente pequeñas distancias en el horizonte edáfico (Consejería del medio ambiente/Junta de Andalucía, 2003).

Por otro lado, el impacto del cambio climático sobre los recursos naturales y en particular del agua, en los últimos cuatro años, ya ha mostrado efectos devastadores, como es la modificación del patrón de distribución de lluvias, que en 2003 provocó inundaciones en Tepatitlán, así como en el 2006 la pérdida de una amplia superficie de siembra en la región y en general, en el estado de Jalisco.

Cabe hacer mención que en gran parte de la región alteña y particularmente en el municipio de Tepatitlán donde se localiza la microcuenca del Río Jihuite (figura 2), predomina la propiedad privada en la tenencia de la tierra, prácticamente no existen las propiedades comunales y escasamente las ejidales.

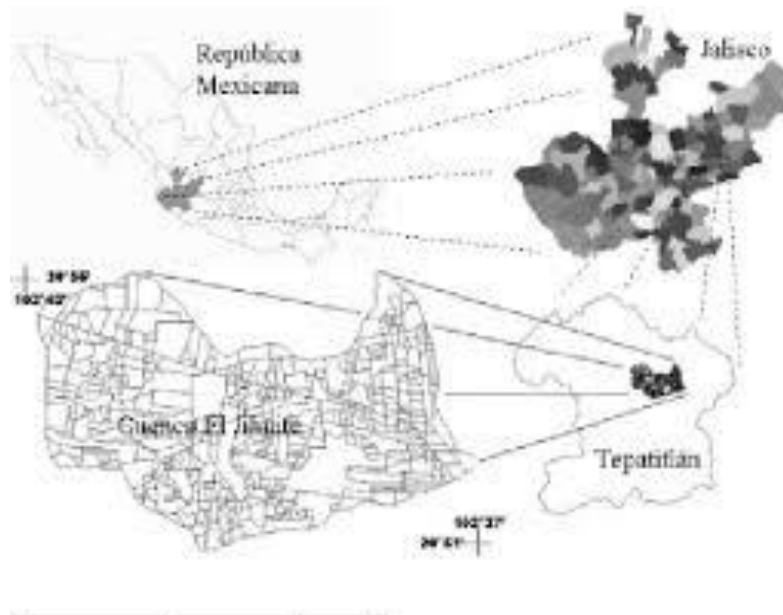


Figura 2: Localización de la microcuenca del Río Jihuite.

1.2 Descripción de la microcuenca de estudio.

La microcuenca del Río Jihuite se localizan en las sub-cuencas del Río Zula y del Río Calderón, mediante fotografías aéreas digitalizadas, se ha obtenido su extensión total equivalente a 5,904.6 hectáreas (ha) de las cuales 53.97 ha corresponden al embalse de la presa, en la figura 3 se puede apreciar el área total así como el uso del suelo.



Figura 3. Extensión total y uso del suelo en la microcuenca del Río Jihuite, Tepatitlán Jalisco, México (Fuente: Flores, 2003).

La microcuenca se ubica en el municipio de Tepatitlán, al noreste del estado de Jalisco, geográficamente se localiza entre los paralelos 20°50'57" y 20°55'50" Norte, y los meridianos 102°36'50" y 102°43' Oeste (figura 4), con una altitud de 1900 a 2150 metros sobre el nivel del mar, el clima se considera templado semicalido. El promedio anual de temperatura máxima, mínima y media es de 25.6, 7.6 y 16.6°C, respectivamente, la precipitación promedio anual es de 816.3 mm, con 88 días de lluvia apreciable (Flores, *et al.*, 2009).

El régimen de propiedad de la tierra es la pequeña propiedad, el uso del suelo indica que aproximadamente el 30% de la superficie está dedicada a cultivos anuales, 10% a praderas de temporal, 55% a agostadero con especies nativas y 5% es utilizado como caminos, construcciones y otros usos.

Las actividades agropecuarias e industriales en Los Altos de Jalisco, representan un importante suministro de materias primas y alimentos básicos, tanto para la propia región como para otras partes del país, sin embargo estas actividades afectan la sustentabilidad de recursos naturales como el agua.

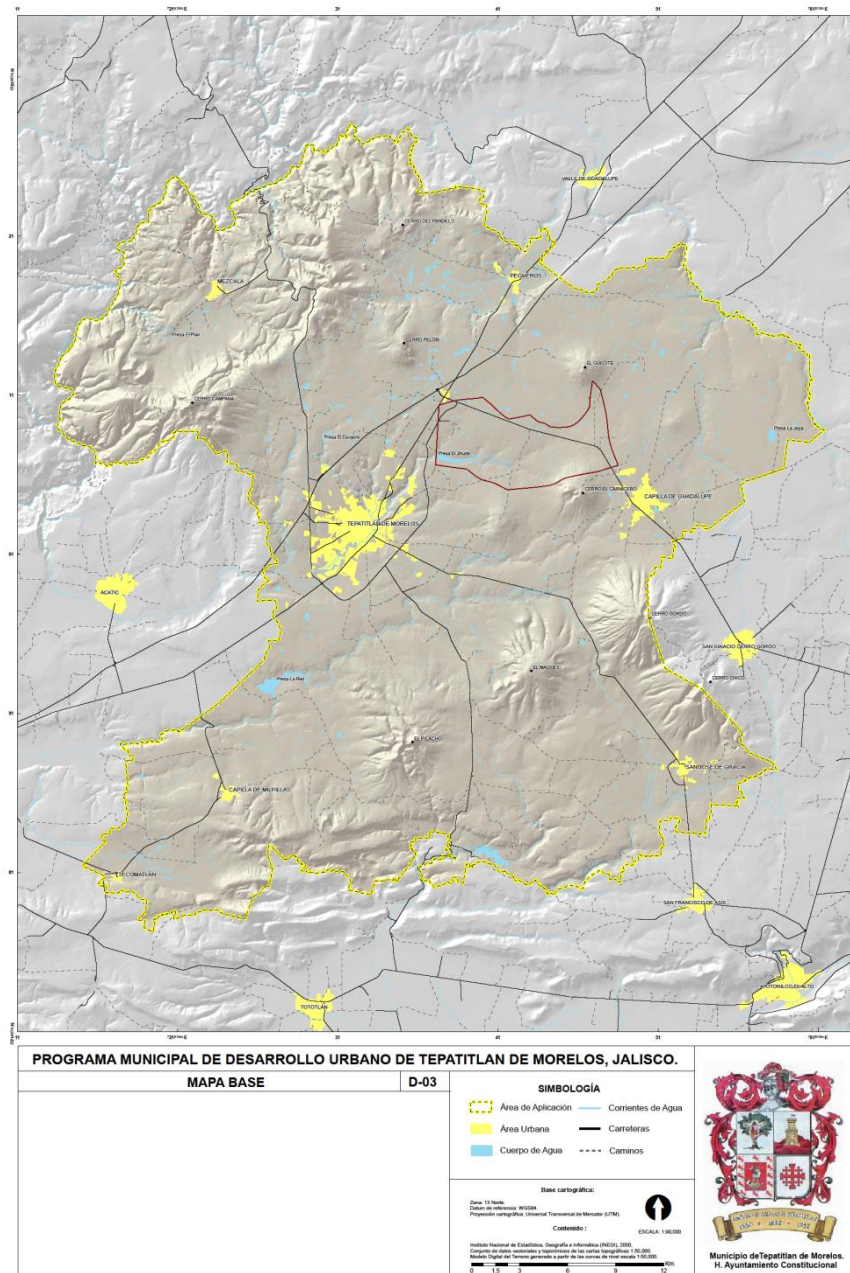


Figura 4: Polígono de la microcuenca del Río Jihuite en el Municipio de Tepatitlán Jalisco.

1.3 Etapas en la gestión del agua en la microcuenca del Río Jihuite.

El agua constituye una necesidad primordial para el desarrollo integral de las poblaciones humanas, sin embargo ya no es un recurso abundante y disponible en cantidad y calidad (UNDP, 2006).

En México la mayor demanda de agua es para el uso agrícola (88%), seguida del uso industrial (7%) y el municipal (5%), sin considerar la generación de energía; por una parte, esto ha ocasionado la sobreexplotación, y por otra la contaminación de nuestros recursos hídricos (CNA, 2008).

Por tanto, los gobiernos locales y los usuarios enfrentan un enorme reto para diseñar e implementar nuevos modelos de gestión integral de cuencas que aseguren la calidad y el abasto del agua a sus comunidades y generaciones futuras (UNDP, 2006. Barkin, 2007. UNESCO, 2009), en lo que se incluye la participación ciudadana para diseñar políticas y acuerdos que promuevan el manejo sustentable del agua-La nueva cultura del agua- (Martínez, 2002. Arrojo, 2006).

Durante los últimos 20 años del siglo XX, con la dependencia del agua extraída desde pozos profundos, algunos con más de quinientos metros, la población de estas regiones ha modificado sus prácticas, de tal forma que los escurrimientos de agua por los ríos y arroyos pasaron a ser los drenajes en la superficie. En el inicio del siglo XXI se consolida en la región una competencia por el agua con las grandes ciudades, pero también con la industria, la agricultura y la ganadería (Barkin y Klooster, 2006).

Los cambios en la gestión del agua, tienen que ver directamente con su desarrollo cronológico y los actores que han requerido de sus servicios, así podemos identificar seis etapas:

Primera etapa: los actores son básicamente los pobladores indígenas, hasta antes de la colonización española de la región, siendo los principales suministros de agua los arroyos de la sub-cuenca y el Río Tecpatitlán (agua rodada), utilizando sus aguas para uso y consumo humano y agricultura principalmente.

Segunda etapa: periodo de colonización española de aproximadamente 250 años, donde las mismas fuentes de abastecimiento se utilizaron para una sustancialmente mayor población, más superficie para agricultura y una inicial e incipiente actividad pecuaria.

Tercer etapa: independentista y revolucionaria donde prácticamente las mismas fuentes de abastecimiento, más algunos pozos artesanos (agua freática), dieron servicio a una creciente población humana y una mayor variedad de actividades agropecuarias formales.

Cuarta etapa: proyección y construcción de la presa (agua superficial) para consumo humano exclusivo (población de Tepatitlán), desarrollo de bordos y abrevaderos para uso principalmente pecuario, como motor de desarrollo regional. Donde los actores que administran el recurso hídrico son principalmente autoridades federales y estatales

Quinta etapa: Perforación de pozos profundos (agua subterránea), principalmente en la cabecera municipal y delegaciones, para uso y consumo humano, y en la sub-cuenca para apoyo estratégico de la actividad agropecuaria, así como en la industrialización de productos pecuarios. Comienza la descentralización en la administración del agua, teniendo los municipios mayor participación en la misma y la conformación del consejo de cuenca,

Sexta etapa: Contaminación de la presa, sobreexplotación del acuífero, erosión de terrenos y mayor demanda de los actores: centros de concentración humana, actividades agropecuarias e industriales (exportación de agua virtual). Consolidación del Organismo Público Descentralizado (OPD), como organismo operador que administra el agua potable, alcantarillado y saneamiento de las aguas residuales del municipio.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

El nivel de la presente intervención fue básicamente descriptivo, para su implementación y desarrollo se utilizó tanto la investigación documental en fuentes oficiales como la correspondiente contrastación evidencial mediante recorridos y trabajo de campo, incluyendo la aplicación de encuestas y entrevistas.

Específicamente la investigación se realizó a través de un esquema de tres etapas:

- 1) Recolección de información documental oficial.
- 2) Recorridos de reconocimiento y delimitación de la zona de estudio: microcuenca del Río Jihuite.
- 3) Aplicación de encuestas y entrevistas.

2.1 Definición del tamaño de muestra.

Mediante un análisis estadístico simple de las comunidades ubicadas dentro de la microcuenca y un muestreo aleatorio, se determinó la cantidad de Casas-Habitación para la aplicación de las encuestas, las cuales consistieron en 52 preguntas agrupadas en 5 módulos: 1) Datos personales, 2) Identificación de problema relacionados con el agua, 3) Problemas en el servicio de agua potable, 4) Percepción del gobierno en la administración del agua, 5) Participación ciudadana y cultura del agua.

A continuación se muestra la selección del tamaño de la muestra, según los criterios estadísticos preestablecidos: 1) Nivel de confianza 95%, 2) Desviación estándar 0.5 y 3) Error por muestreo 10%.

La formulación para determinar el tamaño de la muestra fue la siguiente:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{e^2(N-1) + Z^2\sigma^2}$$

Donde: n: es el tamaño de la muestra, N: son el número de casas-habitación totales, σ : es la desviación estándar (para el caso 0.5), Z: es la constante que depende del nivel de confianza que asignamos, el nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de la investigación sean ciertos; un 95% de nivel de confianza, significa que es posible equivocarnos con una probabilidad del 5%. Los valores de Z se obtienen de la tabla de la distribución normal estándar:

Valor de Z	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2.24	2.58
Nivel de confianza (%)	75	80	85	90	95	97.5	99

Cuadro 2: Valores de la constante Z según el nivel de confianza.

Por tanto, para este estudio Z equivale a 1.96 (para un nivel de confianza del 95%, cuadro 2), e: es el error por muestreo y equivale a la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos considerando una muestra de la población y el que obtendríamos si tomáramos en cuenta al total de ella (en este caso: e=10%); por tanto, tenemos que;

$$n = (1.96^2)(231)(0.5^2)/(0.10^2)(230) + (1.96^2)(0.5^2)$$

$$n = 221.8524/(2.3+0.9604) = 68$$

En resumen, el tamaño de muestra para el presente estudio aparece en el cuadro 3;

Número de Casas-Habitación	
Total de Casas-Habitación con servicio de agua potable en la microcuenca	231
Tamaño de muestra	68

Cuadro 3: Tamaño de muestra de Casas-Habitación.

Las entrevistas fueron del tipo semi-estructuradas, diseñadas para obtener información básica cuantitativa de los principales actores como; autoridades, administradores de locales del agua, instituciones, empresas, y otros grupos sociales de interés.

3. RESULTADOS

En la microcuenca del Río Jihuite el servicio de agua potable es independiente al organismo operador del municipio, este es administrado por pequeños comités vecinales en las comunidades más grandes, en algunos casos el agua es proporcionada por pozos privados principalmente de las granjas de la zona.

Los comités vecinales, formados por habitantes de las mismas localidades, normalmente cobran el servicio de agua potable mediante estimados anuales y ajustes extraordinarios a lo largo del periodo.

En el caso del saneamiento, prácticamente cada unidad habitacional dispone de las aguas residuales de diferente forma, la mayoría mediante los sistemas tradicionales de fosas sépticas.

En las granjas y empresas de la microcuenca, aunque muchos poseen títulos de explotación de pozos, algunas de estas fuentes de abastecimiento de agua, no están debidamente registrados y/o aforados, de igual forma en algunas empresas se cuenta con algún tipo de permisos para la descarga de las aguas residuales, sin embargo en varios casos, o se carece de sistemas para el tratamiento y disposición final de los efluentes o bien no se cumple cabalmente, tanto con la normatividad oficial vigente, como con las especificaciones de las concesiones para la descarga (Dirección de Ecología Municipal, 2015).

En la microcuenca del Río Jihuite habitan 1222 personas, en 231 Casa-Habitación (México PueblosAmerica, 2016) distribuidas en varios asentamientos, los más grandes aparecen en el cuadro 4:

Asentamiento	Número de habitantes	Número de Casas-Habitación
Santa Bárbara	287	58
El Cuatro	198	32
El Crucero de Arandas	144	32
San Diego	106	19
El Jagüey	89	17
Las Peñitas	76	11
Presa del Jihuite	47	8
Lindavista	45	9
Las Cruces de Abajo	44	9
San Miguel	33	6
El Cócono	29	6
Montecillos	26	5
Otras (en granjas)	76	15
Total	1222	231

Cuadro 4: Población y casas-habitación en la microcuenca del Río Jihuite (Fuente: CONAPO, 2014).

Mediante información oficial, así como la correspondiente confrontación en los recorridos de campo, las principales granjas y explotaciones pecuarias, dentro de la microcuenca son las siguientes (cuadro 5):

Razón social	Tipo explotación pecuaria	Capacidad
Granja La loma	Avícola/porcino	Variable
Granja Los pozos	Porcino/ovino	Variable
Avícola Agua Caliente	Ave postura	Variable
Agropecuaria La cuesta	Porcino	1,507
Avícola Carmelita (el cuatro)	Ave postura	205,000
Avícola Carmelita (la saucedá)	Ave postura	135,000
Las cruces de Abajo	Avícola/porcino	Variable
Granja La saucedá	Avícola/porcino	Variable
Granja San Antonio	Ave postura/caprino	Variable
Granja Santa Bárbara	Porcino	900
Granja La soledad	Ave postura	290,000
Las palmera	Bovino/avícola	380/446,647
Los Sauces de arriba	Bovinos/avícola	180/150,000
Granja La escondida	Porcino	1708
Rancho lechero San Francisco	Bovino	350

Cuadro 5: Principales explotaciones pecuarias en la microcuenca. (Elaboración propia)

De igual forma, complementando la información oficial, mediante los recorridos de campo, las principales empresas e industrias establecidas dentro de la microcuenca son las siguientes (cuadro 6):

Razón Social	Descripción	Demanda de agua (m ³ /día)	Generación aguas residuales (m ³ /día)
Inulina y miel de agave SA de CV	Producción de inulina y miel de agave	35	12
Destiladora la barranca SA de CV	Fabricación de Tequila	15	17
Ovoalimentos Nutritivos SA de CV	Producción huevo líquido pasteurizado	15	8
Pasteurizadora san Francisco	Fabricación productos lácteos	16	10
PigaMex SA de CV	Procesamiento de cerdo	28	18
Lechera Guadalajara	Enfriadora de leche	25	12
Leche los 19 hermanos	Enfriadora de leche	12	8

Cuadro 6: Principales empresas e industrias en la microcuenca (Elaboración propia).

Dentro de la microcuenca, se localizan además, otros tipos de establecimientos que requieren cantidades considerables de agua para su operación, los de mayor relevancia aparecen en el cuadro (7) siguiente:

Cantidad	Descripción
4	Estaciones de servicio (Gasolineras, Gas natural.)
3	Restaurantes/salón eventos
7	Talleres: mecánicos, pailera
2	Escuelas primarias
10	Comercios varios

Cuadro 7: Otros establecimientos en la microcuenca. (Elaboración propia)

Un somero y muy conservador balance, tanto del agua mínima requerida por las explotaciones pecuarias de la microcuenca de estudio, como del volumen de desechos orgánicos que se generan podría ser el siguiente (cuadros 8, 9 y 10):

Especie	Consumo de agua (L/día)
Cerdos 25 Kg	2.5
Cerdo 90 Kg	9.0
Cerdas en lactancia	25
Ovejas/cabras	6.0
Vacas lactando	65
Vacas secas	37
Gallina ponedora	0.25
Pollo de engorda	0.38

Cuadro 8: Consumo promedio de agua en especies pecuarias. Elaboración propia con datos de la SAGARPA (2014).

Espece	Generación diaria de excretas: orina y heces (Kg)
Cerdo adulto	4.03
Ovejas/cabras	4.5
Vaca lechera	45
Gallina ponedora	0.1
Pollo engorda	0.06

Cuadro 9: Generación de excretas de diferentes especies animales (Robertson, 1977)

Cantidad de cabezas	Volumen de agua requerido (m ³ /día)	Volumen de desechos generado (Ton/día)	Agua virtual exportada (m ³ /día) (cuadro 1)
1,500 cerdos	13.5	6	9,720
3,000,000 aves	750	300	545,450
950 Ovejas/cabras	5.7	4.3	9,000
1,200 vacas	78	54	24,000
Total	847.2	364.3	588,170

Cuadro 10: Volumen de agua potable requerida, cantidad de desechos orgánicos generados y agua virtual exportada en la microcuenca del Río Jihuite. (Construcción propia con datos de la Dirección de Ecología Municipal de Tepatlán)

Como se puede apreciar las cantidades anteriores son considerables y sin la adecuada gestión y planeación, por sí solas comprometen la sustentabilidad hídrica tanto de la microcuenca, como del municipio.

Los comités vecinales, formados por habitantes de las mismas localidades, normalmente cobran el servicio de agua potable mediante un estimado anual y ajustes extraordinarios a lo largo del año. En el caso del saneamiento, prácticamente cada unidad habitacional dispone de las aguas residuales de diferente forma, la mayoría mediante los sistemas tradicionales de fosas sépticas.

En las granjas y empresas de la microcuenca, aunque muchos poseen títulos de explotación de pozos, algunas de estas fuentes de abastecimiento de agua, no están debidamente registrados y/o aforados, de igual forma en algunas empresas se cuenta con algún tipo de permisos para la descarga de las aguas residuales, sin embargo en varios casos, o se carece de sistemas para el tratamiento y disposición final de los efluentes o bien no se cumple cabalmente, tanto con la normatividad oficial vigente, como con las especificaciones de las concesiones para la descarga (Dirección de ecología municipal, 2015).

Desde el año de 1996 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en su campo experimental Centro Altos de Jalisco, inicio un proyecto de investigación y desarrollo para el manejo integrado de los recursos naturales con fines de sustentabilidad, las actividades del este proyecto se realizaron en la microcuenca hidrográfica de la presa del Jihuite, como ya se ha mencionado, el destino del agua almacenada en este embalse, es para cubrir una parte (25%) de la demanda que genera la población de la cabecera municipal de

Tepatitlán, los resultados indicaron que dentro de la cuenca, el manejo que se realiza en la actualidad va en deterioro de los recursos naturales; principalmente suelo y agua, los resultados más sobresalientes fueron los siguientes:

- 1) Eutrofización de las aguas del embalse, con un contenido de nitrógeno inorgánico durante el temporal de lluvias de 3.67 miligramo/litro (mg/l) a 6.8 mg/l.
- 2) Se percibió contaminación en el vaso de la presa por bacterias coliformes fecales y totales desde 1.9 hasta 17,000 Numero Más Probable/100 mililitros (NMP/100 ml), provocando que al agua en algunos periodos de tiempo, no sea recomendable para uso humano, agrícola o de recreación.
- 3) Residuos de herbicidas e insecticidas; entre los plaguicidas con alto niveles se encontró; lindano con menos de 2 microgramo/litro ($\mu\text{g/l}$), metoxicloro con menos de 20 $\mu\text{g/l}$ y 2-4 DDT con menos de 30 $\mu\text{g/l}$.
- 4) Alto contenido de materia orgánica; su origen se atribuye a las granjas de porcinos localizadas en la microcuenca, así como al escurrimiento superficial de las áreas agrícolas y de agostadero, de donde se acarrearán sedimentos al vaso de la presa.
- 5) La deforestación de terrenos para usos pecuario o agrícola; que unido a las prácticas de pastoreo y de labranza convencional, han provocado que 99% de la superficie de la microcuenca presenten algún grado de erosión, al respecto 30.7 % de la superficie de la cuenca tienen erosión menor a 2.2 toneladas por hectárea por año (Ton/hà/a), el 58% del área tienen pérdidas de suelo de 2.2 a 10 ton y 7.54% del área tienen erosión con más de 10 Ton/hà/a con límite permisible de 6.7 Ton/hà/a (Flores, *et al.*, 2009).

En el mismo sentido, varios análisis fisicoquímicos realizados por la CNA, han reportado que, el agua en la presa del Jihuite tiene una calidad muy por debajo de lo permitido para consumo humano, encontrándose principalmente contaminantes del tipo pesticidas e insecticidas, los cuales son arrastrados por las lluvias, erosionando además, los terrenos adyacentes, así como por excretas pecuarias de las granjas (CNA, 1996).

La Gallinaza y la pollinaza (excretas de gallina y pollo) son fertilizantes orgánicos utilizados frecuentemente, pero cuando se aplican en grandes cantidades pueden producir serios problemas, como la proliferación de maleza, insectos e infecciones respiratorias, además de contaminar las fuentes y cuerpos de agua. Estos materiales son una fuente rica en nitrógeno el cual, sin las medidas adecuadas se puede infiltrar en los mantos freáticos (por cada 100 Kg de nitrógeno generado en excretas, se infiltran 29.5 Kg de nitrógeno amoniacal), el amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua, ya que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es un producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco.

En general, la presencia de amoniaco libre o ion amonio se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa (info.jalisco.gob, 2015).

En estudios recientes sobre la microcuenca se ha encontrado que la observación continua de los sistemas de producción de maíz y ganado bovino de leche, han permitido definir las ineficiencias técnicas, muchas de ellas asociadas al proceso de contaminación y erosión del suelo, particularmente por el uso indiscriminado de algunos insumos, como agroquímicos e insecticidas y actividades como el sobrepastoreo.

La contaminación no puntual se origina en la microcuenca por la aplicación excesiva de nutrimentos y estiércoles en los terrenos agrícolas, así como la aplicación desmesurada de plaguicidas y desechos del ganado en las praderas, que durante las lluvias el escurrimiento superficial arrastra, junto con sedimentos tanto de terrenos agrícolas como praderas, por otro lado se encuentran cultivos de temporal, establos lecheros, granjas avícolas y porcinas, agostaderos, agroindustrias y comunidades humanas.

El sistema de producción de maíz es un componente del sistema de producción de leche, aunque la dinámica de este inicio el cambio hacia la producción de grano. Se observan pérdidas de suelo netas del orden de 13.5 y 11.6 toneladas por hectárea (ton/há), para los ciclos del 2002 y 2003 respectivamente, en referencia al cultivo de agave tequilero fue posible observar un impacto muy fuerte sobre la pérdida de suelo, por las características morfológicas de la planta, que favorecen la formación de flujos concentrados de escurrimiento superficial en la base de su piña. Las pérdidas de suelo medidas fueron del orden de 27 y 36.6 de ton/hà, para los años 2002 y 2003 respectivamente (Flores, *et al.*, 2009).

La erosión hídrica se relacionó al trazo de hileras sin considerar el sentido de la pendiente y espacio entre hileras sin cobertura vegetal y la falta de canales de desagües para la conducción controlada de los excesos de agua. Se concluye que la erosión hídrica actual en los sistemas de producción de agave tequilero y maíz de la microcuenca del Jihuite, está provocando degradación del suelo y contaminación de las aguas superficiales. En el sistema de producción de pasto, se requiere al menos 20% de cobertura edáfica para mantener la erosión hídrica en niveles inferiores a los permisibles (Flores, *et al.*, 2009).

Por otro lado y en variadas ocasiones, se han detectado gran mortalidad de peces en el vaso de la presa del Jihuite, como en agosto del 2009 (figura 5), cuando amanecieron flotando más de 7 toneladas, las causas de este suceso según, las autoridades podrían ser la contaminación por descargas de granjas e industrias, o bien por la aplicación excesiva de herbicidas y/o fertilizantes en los cultivos de la zona, que las lluvias arrastraron hasta el embalse.



Figura 5: Imágenes de la mortandad de peces en la presa del Jihuite (Fuente: ASTEPA, 2014).

4. CONCLUSIONES

En la microcuenca del Rio Jihuite, se destacan los siguientes puntos en la administración del agua:

- En la microcuenca se capta agua de lluvia (superficial), mediante una presa, además y existen zonas de recarga natural para el acuífero.
- El único uso legal concesionado del agua almacenada en la presa es el doméstico, exclusivo para la población de la cabecera municipal de Tepatitlán.
- La capacidad de la presa en la actualidad es menor que el nominal (5 millones de m³), debido principalmente a azolves y falta de mantenimiento, en los últimos 15 años se estima un promedio de almacenamiento anual de 2,050,000 m³, observándose periodos en los cuales se ha vaciado casi por completo.
- La calidad del agua de la presa es muy variable, encontrándose que la mayor concentración de contaminantes es durante la temporada de estiaje, además se ha detectado que cuando comienzan las primeras lluvias, muchas explotaciones pecuarias de la zona, desalojan sus lagunas de aguas residuales (granjas porcinas principalmente), las cuales tienen altos niveles de contaminantes sobre todo de tipo orgánico, llegando hasta el vaso de la presa, provocando una calidad no aceptable de agua para consumo humano durante gran parte del año.
- La administración del servicio de agua para las comunidades dentro de la microcuenca, es mediante comités vecinales, que operan 5 pozos profundos (de 150 a 300 m de profundidad), con caudales de 4 a 15 l/s.
- Con relativa frecuencia se verifican reuniones en las comunidades donde los usuarios de la microcuenca expresan sus necesidades, concretándose acuerdos para el manejo del agua.
- La principal problemática percibida por los habitantes de la microcuenca, es la contaminación del agua de la presa y los riegos en la disponibilidad y calidad de agua de

los pozos, para el manejo de las aguas residuales domesticas solo se disponen de fosas sépticas.

- Los cobros por concepto de servicio de agua en las localidades de la microcuenca no son fijos, varían de los 100 pesos al mes por máximo 20 m³, hasta 10 pesos por m³ en un promedio de 20 m³ al mes, con un costo ponderado de 7 pesos/m³.

En resumen, en las comunidades rurales de esta microcuenca se puede apreciar, así como en otras localidades rurales, por ejemplo las del valle de Zamora, Michoacán, que los comités vecinales para la administración de los servicios de agua potable, presentan esquemas organizacionales sencillos y eficientes, ya que los usuarios cuentan con acceso a información directa y expedita, en relación con la gestión y manejo de los sistemas de abasto. Poseen mecanismos efectivos de participación social y democracia local, sus sistemas son gestionados con mínima burocracia y conocimiento local (Pimentel et al., 2012). Así en la perspectiva del manejo descentralizado y eficiente de los sistemas de abasto de agua potable, deben reconocerse legal y jurídicamente las capacidades locales de las comunidades, estas formas de administración y operación de los sistemas, por las comunidades reducen costos, hace expedita la gestión y fortalece la cohesión social comunitaria

El reconocimiento jurídico pleno de estas capacidades, fortalecería las capacidades sociales locales, incrementando la cohesión social comunitaria, procediendo a la descentralización adecuada de la administración del agua y, evitando conflictos locales entre el estado y las comunidades rurales, lo que contribuiría a la gestión integral y sustentable de este vital recurso.

5. REFERENCIAS

- Arrojo, P. (2006). "El reto ético de la nueva cultura del agua, funciones, valores y derechos en juego". Ediciones Paidós. Barcelona, España.
- ASTEPA. Ayuntamiento de Tepatitlán (2014). Consultado en Septiembre del 2016. <http://www.tepatitlan.gob.mx/astepa/transparencia>
- Barkin, D. (2011). "The governance crisis in urban water management in Mexico. En Water resources in Mexico: scarcity, degradation, stress, conflicts, management, and policy", volumen 7, editado por Ursula Oswald Spring, 379-393. Berlín, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- _____. (2007). "La gestión del agua urbana en México: Retos, debates y bienestar", Universidad de Guadalajara, México.
- Barkin, D. y Klooster, D. (2006). "Water managment strategies in urban Mexico: limitations of the privatization debate". Patel Center for Global Solutions. University of Southern Florida, USA.
- Comisión Estatal del Agua-Jalisco, CEA-Jal., (2011). Datos y Estadísticas por Cuenca Hidrológica; http://www.ceajalisco.gob.mx/cuencas_prioritarias.html

- Comisión Estatal del Agua Jalisco CEA-Jal. (2013). Datos y Estadísticas por Cuenca Hidrológica; http://www.ceajalisco.gob.mx/cuencas_prioritarias.html
- Comisión Nacional del Agua. CNA (2008). Estadísticas del agua en México 2008 sobre sequía, México, CONAGUA. Capítulo 2.
- Comisión Nacional del Agua. CNA. (2006). Estadísticas del agua en México, Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua (SINA) Capítulo 5.
- Comisión Nacional del Agua. CNA. (1996). Estadísticas del agua en México. Sistema Unificado de Información Básica del Agua (SUIB). Capítulos 1 y 3.
- Comisión Nacional del Agua. CONAGUA (2014). Situación de los recursos hídricos. Estadísticas del agua en México, edición 2014. México.
- Comisión Nacional del Agua. CONAGUA (2013). Sistema nacional de información del agua (SINA). México.
- Comisión Nacional de Población, CONAPO (2014) Estimaciones de población Jalisco. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos
- Consejería del Medio Ambiente. (2003). "Contaminación de suelos por compuestos orgánicos". Informe final Consejería de medio ambiente de la junta de Andalucía, España
- Cotler, H (compilador) (2004) "El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental". Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. México
- Chávez, G (2014) "Del gobierno a la gobernabilidad de los recursos hídricos en México". En: El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. SEMARNAT/INE. Mexico.
- Flores, H. *et al.*, (2009). "Aportes de nitrógeno y fósforo de tres sistemas agrícolas de la cuenca hidrográfica del Jihuite", en Jalisco, México. Revista Agrociencia Núm. 43 México.
- Flores, H. *et al.*, (2009). Identificación de Buenas Prácticas Agrícolas para Reducir la Degradación del Suelo e Incrementar la Calidad del Agua: Metodología Aplicada en la Cuenca Hidrográfica del Jihuite". Libro Científico Núm. 1 Campo experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos Jal. México
- Flores, H., *et al.* (2003). "Estimación de escurrimiento superficial en la cuenca El Jihuite, México". En Terra Latinoamericana, vol. 21, núm. 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Hurtado, R. y Gardea, J. (2005). "Estimación de la exposición a fluoruros en Los Altos de Jalisco, México". Revista Salud Pública de México, Vol. 47, Núm. 1, Washington, USA.
- Martínez, M. (2002). "La Gestión Privada de un Servicio Público: El Caso del Agua en el Distrito Federal, 1988-1995". Instituto Mora y Plaza y Valdés, México, D. F.
- México PuebloAmerica (2016) Presa el Jihuite, Jalisco. <http://mexico.pueblosamerica.com/i/presa-el-jihuite/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2009). "The United Nations World Water Development Report 3: Water in a changing world". World

Water Assessment Programme. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization y Earthscan. Paris, Francia.

Pérez, J. (2014) "Manejo integral de microcuencas en la subcuenca Guanajuato, Guanajuato". En: El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. SEMARNAT/INE. México.

Pimentel, J.L., Velázquez M.A. y Palerm J. (2012) "Capacidades locales y de gestión social para el abasto de agua doméstica en comunidades rurales del valle de Zamora, Michoacán, México". En Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Volumen 9, numero 2. México.

Ramírez, A., *et al.* (1997). "Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales". Formulación y aplicación. *C.T.F. Cienc. Tecnol. Futuro*. Vol.1, Núm. 3, México.

Ramírez H., *et al.* (1996). "Informe socio-económico de la cuenca del Jihuite". INIFAP manejo integral de la cuenca agropecuaria y forestal del Jalisco.

Robertson, A. (1977). "Farm wastes handbook". Scottish Farm Building Investigation Unit, Craibstone, Bucksburn, Aberdeen, AB2 9TR, Scotland.

Secretaría de Agricultura, Ganadería desarrollo rural pesca y alimentación (2014) SAGARPA (<http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/ganaderia/inventario/>).

Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Social, SEMADES (2006)
<http://semadet.jalisco.gob.mx/desarrollo-territorial/sistema-de-informacion-territorial>

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT (1996)
http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/pdf/cap_1_poblacion.pdf

United Nations Documents (2014). Gathering a Body of Global Agreements. Consultado en Septiembre del 2016. <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

United Nations Development Programme UNDP (2006). Informe sobre Desarrollo Humano: Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua. <http://hdr.undp.org/es/content/informe-sobre-desarrollo-humano-2006>, consulta realizada el 14 de noviembre del 2016.