



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO

Gestión del recurso hídrico para consumo humano en la microcuenca La
Pagua, Sierra de Otontepec, Veracruz, México

por

Floriana Hernández Martínez

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Turrialba, Costa Rica, 2010

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

FIRMANTES:

Francisco Jiménez, Dr.Sc.
Consejero Principal

Jorge Faustino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Laura Benegas, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Yamileth Astorga, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Jorge Chagoya, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado

Floriana Hernández Martínez
Candidata

DEDICATORIA

A mi bonita y querida familia:

Mis padres y hermanos, porque juntos hemos aprendido que con fuerza de voluntad no hay impedimento alguno para alcanzar cada uno de nuestros propósitos...

AGRADECIMIENTOS

A Dios...

A mi familia: Hernández Martínez

A la Fundación Ford y al Programa Internacional de Becas (IFP)

A Blanca Ceballos y Xóchitl Hernández del Instituto Internacional de Educación (IIE)

A Marina Cadaval, Trinidad Romero y David Navarrete del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS)

A Francisco Jiménez, profesor, amigo y consejero principal en la tesis

A Laura Benegas, Yamileth Astorga, Jorge Faustino y Jorge Luis Chagoya, miembros de mi comité asesor

A las personas que me facilitaron información para el desarrollo de esta investigación

A todos los amigos y compañeros de la promoción y maestría, con quienes compartí gratos momentos.

Agradecimiento especial a Mayito, Sandrita, Carito, Prisci, Sarita, Mary, Gaby, Ale, Celes, Abner, Walker, Juan Tomás, Hector, Apaza, Tavo, gracias por haberme compartido su amistad y conocimientos.

A la comunidad mexicana en CATIE

A aquellos amigos que a distancia me alentaron a seguir adelante

A todos... muchas "Gracias"

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	X
SUMMARY.....	XI
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 <i>Objetivos del estudio</i>	17
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	17
1.1.2 <i>Objetivos específicos y preguntas de investigación</i>	17
2. MARCO REFERENCIAL.....	19
2.1 <i>Conceptos básicos</i>	19
2.2 <i>El agua como recurso integrador de la cuenca</i>	21
2.3 <i>Gestión Integrada del Recurso Hídrico</i>	22
2.4 <i>Marco normativo de gestión del agua para consumo humano en México</i>	24
2.5 <i>Gobernanza del agua</i>	28
2.6 <i>La gobernabilidad del agua</i>	29
2.7 <i>Oferta y demanda del recurso hídrico para consumo humano</i>	31
2.8 <i>Gestión de cuencas y zonas de recarga hídrica de fuentes de agua para consumo humano</i>	34
2.9 <i>Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos</i>	37
2.10 <i>Impactos del uso de la tierra sobre el régimen hidrológico (disponibilidad del agua)</i>	37
2.11 <i>Escorrentía superficial media</i>	38
2.12 <i>Caudales pico/inundaciones</i>	39
2.13 <i>Caudal base/caudal de la estación seca</i>	40
2.14 <i>Impactos del uso de la tierra sobre la calidad del agua</i>	40
2.15 <i>Vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano</i>	41
2.16 <i>Eficiencia en la conducción del agua en acueductos</i>	46

3. METODOLOGÍA.....	48
3.1 <i>Ubicación del área de estudio</i>	48
3.2 <i>Descripción del área de estudio</i>	49
3.2.1 <i>Características biofísicas</i>	49
3.2.2 <i>Características biológicas</i>	53
3.2.3 <i>Descripción socioeconómica</i>	53
3.3 <i>Procedimientos metodológicos</i>	55
3.3.1 <i>Metodología para el objetivo 1. Analizar el marco normativo, institucional, políticas públicas sobre el recurso hídrico para consumo humano en la Sierra de Otontepec, partiendo de la regulación estatal y federal.</i>	57
3.3.2 <i>Metodología para el objetivo 2. Analizar con actores claves, políticos e institucionales la gestión y gobernanza del agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla.</i>	60
3.3.3 <i>Metodología para el objetivo 3. Identificar las fuentes de agua para consumo humano, los usos de la tierra y las prácticas de manejo de cuencas en las áreas de recarga hídrica aparente de estas fuentes.</i>	70
3.3.4 <i>Metodología para el objetivo 4. Analizar la vulnerabilidad y eficiencia de conducción del agua, en los sistemas de agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla.</i>	74
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	79
4.1 <i>Marco normativo sobre uso, conservación y protección del agua y de zonas de recarga de agua para consumo humano en México</i>	79
4.2 <i>Identificación y caracterización de actores en la gestión y gobernanza del agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua</i>	96
4.3 <i>Fuentes de agua para consumo humano, usos de la tierra y prácticas de manejo de cuencas en las áreas de recarga hídrica aparente de estas fuentes.</i>	124
4.4 <i>Vulnerabilidad y eficiencia del sistema de agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla</i>	143
5. CONCLUSIONES.....	160
6. RECOMENDACIONES.....	162
7. LITERATURA CITADA.....	163
ANEXOS.....	174

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Instituciones y organismos con los que se coordina la CONAGUA	26
Cuadro 2. Efecto de la actividad antrópica sobre los acuíferos.....	37
Cuadro 3. Evaluación para categorizar a los actores, según la metodología de análisis CLIP	62
Cuadro 4. Unidades de uso de suelo según superficie.....	74
Cuadro 5. Caracterización y valoración de la vulnerabilidad.....	75
Cuadro 6. Escala de valoración de la vulnerabilidad	76
Cuadro 7. Instrumentos legales relacionados con el recurso hídrico en México.	80
Cuadro 8. Análisis FODA en la implementación de la normativa sobre el uso, conservación y protección del agua y de sus zonas de recarga de aguas en la microcuenca La Pagua.	91
Cuadro 9. Análisis FODA en el cumplimiento de las funciones de las instituciones que tienen responsabilidad con el recurso hídrico.	95
Cuadro 10. Actores involucrados y funciones que desempeñan en la gestión y gobernanza del agua en la microcuenca La Pagua.	96
Cuadro 11. Relaciones de poder entre actores.....	98
Cuadro 12. Interés de los actores en la gestión del agua.....	98
Cuadro 13. Legitimidad de los actores	99
Cuadro 14. Categorización de actores según el análisis CLIP	100
Cuadro 15. Colaboración y conflicto entre actores	101
Cuadro 16. Análisis FODA para conocer la participación y consolidación de los actores en la gestión del agua.	107
Cuadro 17. Opinión de los usuarios con respecto a la entidad que administra el agua y el papel que éstos desempeñan.....	110
Cuadro 18. Porcentaje de actividades realizadas por las mujeres en el hogar con respecto al manejo del agua.	113
Cuadro 19. Porcentaje de respuestas de los usuarios con respecto a las causas, consecuencias y soluciones a los conflictos por el agua	116
Cuadro 20. Acciones inmediatas consideradas por los usuarios del agua, para contrarrestar los problemas de abasto de agua en la cabecera municipal de Tepetzintla.....	119
Cuadro 21. Repeticiones realizadas para conocer el tiempo que tarda determinado objeto en recorrer cierta distancia.	120
Cuadro 22. Proyección de la población de Tepetzintla del 2010 al 2030.	122
Cuadro 23. Oferta y demanda de agua actual y proyectada en Tepetzintla, Veracruz.....	123

Cuadro 24. Resumen de los usos de suelo, superficie y características particulares por uso de suelo en las zonas de recarga hídrica aparente.	130
Cuadro 25. Ubicación geográfica de las fuentes de agua para consumo humano	131
Cuadro 26. Evaluación de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del acueducto de Tepetzintla, Veracruz.	145
Cuadro 27. Resumen de vulnerabilidad global y para cada componente del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del acueducto de Tepetzintla	149
Cuadro 28. Clasificación de tarifas por uso del agua	155
Cuadro 29. Vulnerabilidad global ponderada.....	156
Cuadro 30. Repeticiones realizadas para calcular el volumen del caudal inicial	157
Cuadro 31. Repeticiones realizadas para calcular el volumen del caudal final.....	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura organizativa de la gestión del agua en México (CONAGUA 2004)	25
Figura 2. Mapa de ubicación de la Reserva Ecológica, Sierra de Otontepec	48
Figura 3. Mapa de ubicación de la microcuenca La Pagua, Sierra de Otontepec, Veracruz...	49
Figura 4. Proceso metodológico de la investigación	56
Figura 5. Medición de la longitud para determinar la velocidad de la corriente	66
Figura 6. Medición de la profundidad y ancho del cauce para el cálculo del área.....	67
Figura 7. Línea que muestra el nivel de agua en condiciones normales	69
Figura 8. Cálculo del aforo de salida mediante el método de aforo volumétrico.....	77
Figura 9. Estructura organizativa del consejo de cuencas	86
Figura 10. Interacción de actores en la gestión del agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua.....	103
Figura 11. Responsables de realizar actividades de manejo y protección en la zona que abastece de agua a la cabecera municipal de Tepetzintla.....	108
Figura 12. Tarifas diferenciadas que pagan los usuarios por el agua	111
Figura 13. Frecuencia en el consumo de agua embotellada en Tepetzintla, Veracruz.....	115
Figura 14. Zonas aparentes de recarga hídrica en la microcuenca La Pagua	126
Figura 15. Rangos altitudinales y zonas aparentes de recarga hídrica en la imagen SPOT 2004.....	127
Figura 16. Rangos altitudinales y zonas aparentes de recarga hídrica en la imagen IKONOS 2006.....	127
Figura 17. Usos de la tierra en las zonas de recarga hídrica aparente	129
Figura 18. Red hidrográfica y fuentes de agua en la microcuenca “La Pagua”	131
Figura 19. Grado de cumplimiento (%) de prácticas de producción para un buen manejo de cuencas en los diferentes usos de suelo de la microcuenca La Pagua.....	134
Figura 20. Grado de cumplimiento (%) de las diferentes prácticas de manejo y protección del agua en los diferentes usos de suelo presentes en la microcuenca La Pagua.....	139
Figura 21. Vulnerabilidad de los componentes del acueducto de Tepetzintla.	150
Figura 22. Manejo de agua post-uso en la cabecera municipal de Tepetzintla, Veracruz. ...	150
Figura 23. Emanación de petróleo cercano a la fuente de agua	151

RESUMEN

Hernández Martínez, F. 2010. Gestión del recurso hídrico para consumo humano en la microcuenca La Pagua, Sierra de Otontepec, Veracruz, México. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 189 p.

El objetivo de la investigación fue analizar algunos componentes de la gestión del recurso hídrico para consumo humano: marco normativo, institucional, políticas públicas sobre el recurso hídrico; actores claves en la gestión y gobernanza del agua; ubicación de las fuentes de agua, los usos del suelo y las prácticas de manejo de cuencas en las áreas de recarga hídrica aparente; vulnerabilidad y eficiencia de conducción del agua en los sistemas de agua para consumo humano. La investigación se apoyó en varias metodologías: revisión de literatura, reuniones y entrevistas semiestructuradas, identificación nominal de actores, observación participante, análisis social CLIP, ARS, FODA, diagrama de cuencas, recorridos en campo, aplicación de guías de campo para la identificación de prácticas de manejo de cuencas y análisis de vulnerabilidad en el sistema de conducción de agua para consumo humano. Entre los resultados obtenidos destacan que no existe una gobernanza efectiva en la gestión del recurso hídrico, las zonas de recarga hídrica no están integradas en la normativa ni a la gestión de los acueductos, existe politización de la gestión del agua, se requiere mejorar la eficiencia en la conducción del agua del acueducto y reducir la vulnerabilidad de sus componentes, aunque la demanda actual es suplida por la oferta. El uso actual del suelo es favorable para la recarga hídrica aunque se deben mejorar algunas prácticas productivas. Los recursos económicos limitan una mejor gestión del agua para consumo humano y se requiere fortalecer la cultura del agua en las comunidades y decisores.

Palabras claves: componentes de la gestión del recurso hídrico, gestión y gobernanza, análisis social CLIP, ARS, vulnerabilidad y eficiencia. Tepetzintla.

SUMMARY

The objective of this research was to analyze some components of the watershed management for human consumption including the regulatory and institutional framework and public policy on water resources; key actors in water management and governance; location of water sources and watershed management in the areas of apparent water recharge; vulnerability and efficiency of the water transport system.

The methodology for the research included a literature review, meetings and semi-structured interviews, nominal technique for stakeholder identification, participant observation, social analysis CLIP, ARS, and SWOT, basin diagram, the use of guides to identify watershed management practices, and the analysis of vulnerability of the water transport system.

Results convey that there is no effective governance of water resources while at the same time politicization of the water supply management is evident. Water recharge areas are not integrated in the regulation and management of the water supply system, hence an increase of the system's efficiency is necessary to reduce vulnerability of its components, even though current demand is met by supply. Land use is suitable for water recharge but some production practices need to improve. Limited financial resources hinder an efficient management of water resources while there is a strong need of communities and decision makers to develop water awareness and its conservation.

Keywords: components of water resource management, management and governance, social analysis CLIP, ARS, vulnerability and efficiency. Tepetzintla.

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ANP:	Área Natural Protegida
ARS:	Análisis de Redes Sociales
ABC:	Agua, Bosques, Cuencas
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CONAPO:	Consejo Nacional de población
CONAGUA, CNA:	Comisión Nacional del Agua
OC:	Organismos de Cuencas
CC:	Consejo de cuencas
CEA:	Comisiones Estatales del Agua
CEPIS:	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CAEV:	Comisión del Agua del Estado de Veracruz
CLIP:	Colaboración o Conflicto, Legitimidad, Intereses, Poder
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
DOF:	Diario Oficial de la Federación
ERP:	Estrategia de Reducción de la Pobreza
FODA:	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas
FAS:	Factor de Amenaza Sísmica
GWP:	Global Water Partnership
GIRH:	Gestión Integrada del Recurso Hídrico
IDRC:	International Development Research Centre
INEGI:	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INIFAP:	Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria
IOG:	Institute On Governance
IDH:	Índice de Desarrollo Humano
IMN:	Instituto Meteorológico Nacional
INAFED:	Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal
IBD:	Índices Básicos de Daño
IPN:	Instituto Politécnico Nacional
LGEEPA:	Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente
LAN:	Ley de Aguas Nacionales

NOM: Norma Oficial Mexicana
OMS: Organización Mundial de la Salud
OPS: Organización Panamericana de la Salud
OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POA: Programa Operativo Anual
PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PRD: Partido de la Revolución Democrática
PIB: Producto Interno Bruto
REDPA: Registro Público de Derechos de Agua
SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SAPSYRS/MIDUVI: Subsecretaría de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador
SANAA: Servicio Autónomo de Acueductos y Alcantarillados
SS: Secretaría de Salud
SEDARPA: Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Forestal
SEDESMA: Secretaría de Desarrollo Municipal y Medio Ambiente
UICN: Unión Nacional para la Conservación de la Naturaleza
UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los recursos naturales dentro del territorio de una cuenca y bajo el enfoque de gestión de cuencas hidrográficas, es una opción valiosa para guiar y coordinar procesos para el desarrollo local, entendiéndose este como la aplicación del modelo del desarrollo sustentable en cada área geográfica (Zury 2004).

Un informe de la International Development Research Centre (IDRC 2004) revela que los sistemas de agua dulce están tan degradados que su capacidad para sustentar la vida del ser humano y de los ecosistemas está en peligro. También señala que para el año 2025, por lo menos tres mil quinientos millones de personas de la población mundial, se verá afectada por la escasez de agua. Sin embargo, la causa de esta crisis global (escasez de agua) no solo es la disponibilidad limitada de agua dulce, sino también la crisis del agua tiene sus raíces en la mala gestión de este recurso.

La situación del agua en muchas regiones del mundo se está haciendo cada vez más crítica, con problemas de escasez y calidad que generan crisis de salud, hambrunas y hasta conflictos armados. Esta crisis se ve acelerada por el rápido crecimiento demográfico y la falta de conocimiento y conciencia entre las personas que compiten por el agua, la derrochan y la contaminan (Tejada et ál. 2000).

En México la demanda de agua aumenta cada año debido al crecimiento de la población. El siglo pasado la población aumentó en cinco veces, de 25 a 106 millones de habitantes (Meadows et ál. 2004). Por desgracia la disponibilidad de agua no aumenta año tras año, como lo hace el crecimiento de la población.

Según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática “INEGI” (2005), en el norte de Veracruz, México, el agua potable para las aproximadamente 122 000 personas, se origina en las laderas de la Sierra de Otontepec (Gaceta oficial de Veracruz 2005). El agua liberada por los manantiales es transportada por una red de tuberías y contenedores desde las zonas altas de la montaña hacia las partes bajas donde las comunidades y ciudades están localizadas. Sin embargo, el abastecimiento de agua potable a lo largo del año es irregular y el problema se ve agravado durante la temporada seca, de marzo a mayo (Chagoya 2009).

La Sierra de Otontepec es un macizo montañoso localizado en la zona Norte del Estado de Veracruz. Debido a sus características geológicas (Robin 1976) y su cobertura natural del suelo (INEGI 2000), esta montaña está geológicamente capacitada para retener el agua de lluvia y liberarla lentamente en forma de manantiales. Los ecosistemas naturales de esta montaña son bosque de encino (*Quercus oleoides*), bosque sub-húmedo caducifolio y bosque mesófilo. Sin embargo, los usos de suelo naturales están cambiando a usos de suelo que generan más ingresos a los dueños de los terrenos (Chagoya 2009).

Desafortunadamente, dicho cambio de usos de suelo se desarrolla en general bajo esquemas de producción insostenibles (sobrepastoreo o agricultura a suelo desnudo), las cuales pueden afectar la recarga de los acuíferos, ocasionando una reducción en su flujo base. Robin (1976) señala que los suelos de la Sierra son de origen volcánico con buena fertilidad, por lo que es lucrativo el establecimiento de actividades productivas (aproximadamente US \$ 264/año de ingreso neto por cabeza de ganado bovino de doble propósito y hasta US \$ 378/año/0,25 ha de ingreso neto por venta de cilantro) (Chagoya 2009).

Por lo tanto, las acciones a plantear para la protección de los bosques naturales deben ser lo suficientemente atractivas para motivar su protección. En un esfuerzo por contrarrestar el proceso de deforestación en la sierra, en febrero del 2005, el Gobierno del Estado de Veracruz decretó Área Natural Protegida (ANP) en su categoría de Reserva Ecológica, a la Sierra de Otontepec (Gaceta Oficial de Veracruz 2005).

Con base a lo reportado en la Gaceta Oficial, el ANP tiene una extensión de 15 152 ha, de las cuales, más de 8 000 ha están bajo otro uso de suelo que no es bosque natural. El decreto es un documento normativo que indica cuáles deben ser los usos de suelo tomando en cuenta la altitud de la sierra. Aunado a lo anterior, el Gobierno del Estado de Veracruz desarrolló un plan de manejo para regular el uso de suelo por zonas:

- a) Zona núcleo (mayor a 750 m.s.n.m.) solo uso forestal;
- b) Zona de amortiguamiento (550-750 m.s.n.m.) conversión de agricultura y ganadería a bosques;
- c) Zona de aprovechamiento sustentable (350-550 m.s.n.m.) establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles (Gaceta Oficial de Veracruz 2005).

Sin embargo, la publicación del decreto no ha detenido la deforestación ni el uso de los bosques, ya que la gente que vive en esos lugares necesita producir algo para vivir. Esta situación plantea que las políticas de protección deben desarrollarse a nivel local en consenso con los dueños de la tierra y los usuarios de los servicios ambientales, basándose en información científica con el objetivo de evitar falsas expectativas en la población e instituciones políticas (Chagoya 2009).

Como se mencionó anteriormente debido a las características geológicas, la sierra está capacitada para retener agua de lluvia y la microcuenca La Pagua no es la excepción, sin embargo, para garantizar agua en calidad y cantidad debe considerarse que la infraestructura esté en buenas condiciones físicas y por tanto presente buena eficiencia en la conducción, Chagoya (2009), menciona que esta situación no se está dando en la cabecera municipal de Tepetzintla (la infraestructura se construyó hace tres décadas), a la par de esta situación la demanda por el agua va en aumento, por esta razón algunas comunidades aledañas a Tepetzintla han querido abastecerse de la misma fuente de agua, lo que ha ocasionado conflictos por el vital líquido.

Se considera que además de las características naturales de la cuenca, la infraestructura física de captación, conducción, almacenamiento y tratamiento del agua es muy importante. En otras palabras, para la satisfacción de necesidades humanas directas, tiene poco sentido mejorar la capacidad del ecosistema en la provisión y regulación hídrica si la infraestructura física impide que los usuarios del agua potable disfruten de esos beneficios (Madrigal y Alpízar 2008).

Con base a lo anterior en el presente estudio se aplicó una metodología que puede ser replicada en otras comunidades que conforman la Sierra de Otontepec, Veracruz, e incluso en comunidades de otros estados de la República Mexicana, tomando como unidad geográfica de intervención las microcuencas, subcuencas o cuencas hidrográficas para promover la gestión coordinada del agua para consumo humano. El estudio consideró el análisis de algunos componentes de la gestión del recurso hídrico, principalmente para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla, tales como el análisis del marco normativo e institucional, gestión y gobernanza del agua, ubicación de las fuentes de agua, usos de la tierra y prácticas de manejo de cuencas, así como el análisis de vulnerabilidad y eficiencia de conducción del agua.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Analizar algunos componentes de la gestión del recurso hídrico para consumo humano, en la microcuenca La Pagua, Sierra de Otontepec, Veracruz, México.

1.1.2 Objetivos específicos y preguntas de investigación

1. Analizar el marco normativo, institucional y las políticas públicas sobre el recurso hídrico para consumo humano en la Sierra de Otontepec.

¿Qué normativa existe en México sobre el uso, conservación y protección del agua y de sus zonas de recarga de aguas y que por lo tanto, es aplicable en la microcuenca La Pagua?

¿Cuál es el grado de cumplimiento e implementación de esa normativa en el área de estudio?

¿Cuáles son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que existen para la implementación de la normativa existente?

¿Qué instituciones tienen relación con la gestión del recurso hídrico, áreas de protección y servicios de agua para consumo humano en particular en la microcuenca La Pagua?, ¿Cuál es su función y el grado de cumplimiento de sus responsabilidades?

¿Cuáles son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que existen para el cumplimiento de las funciones de las instituciones y organizaciones que tienen responsabilidad en el recurso hídrico?

2. Analizar con actores claves, políticos e institucionales la gestión y gobernanza del agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla.

¿Cuál es la oferta y demanda actual y proyectada de agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla, Veracruz?

¿Cuál es la percepción de los actores locales y usuarios del agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla, Veracruz sobre el manejo y gestión de la misma?

¿Qué acciones se deben implementar para lograr una gestión sostenible del agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua?

3. Identificar las fuentes de agua para consumo humano, los usos del suelo y las prácticas de manejo de cuencas en las áreas de recarga hídrica aparente de estas fuentes.

¿Cuáles son, dónde están ubicadas y qué características tienen las principales fuentes de agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua?

¿Existe información sobre la calidad del agua y sobre la relación de esta con los indicadores de salud?

¿Cuáles son las zonas aparentes de recarga hídrica?

¿Cuáles son los usos de suelo en las zonas de recarga hídrica aparente de la microcuenca La Pagua?

¿Cuáles prácticas de producción y de uso del suelo en las zonas aparente de recarga hídrica de las fuentes de agua para consumo humano son compatibles con el buen manejo de cuencas?

4. Analizar la vulnerabilidad y eficiencia de conducción del agua, en los sistemas de agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla, Veracruz.

¿Cuál es la vulnerabilidad de los diferentes componentes del acueducto que abastece de agua a la cabecera municipal de Tepetzintla, Veracruz?

¿Cuál es la eficiencia en el sistema de conducción de agua para consumo humano que abastece a la cabecera municipal de Tepetzintla, Veracruz?

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 *Conceptos básicos*

Cuenca

Una cuenca hidrográfica es una unidad natural, cuyos límites físicos son definidos por la divisoria superficial de las aguas, también conocida como “parteaguas”, que ante la ocurrencia de precipitaciones y la existencia de flujos o caudales base, permite configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, el mar, o a otros cuerpos de agua, como los lagos, embalses artificiales y naturales, humedales, desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión en la zona de menor altitud (Jiménez 2009).

La cuenca se divide en subcuencas y microcuencas. El límite de la subcuenca está delimitado por la divisoria de agua de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen sus aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o parte de ella (Ramakrishna 1997).

Gestión de cuencas

Por gestión de cuencas se entiende la dirección de acciones coordinadas que el hombre realiza considerando su efecto en el sistema natural formado por dicha cuenca y la dinámica de dicho sistema. Esta gestión adquiere diferentes niveles o grados de integración de áreas temáticas y complejidad. Se relaciona con la cantidad de recursos naturales y construidos, considerados en el proceso de gestión, así como con las etapas en que se realiza dicho proceso: previa, intermedia o permanente (Dourojeanni 1998).

La gestión tiene como base un conjunto de procesos y acciones, denominado ciclo de gestión de cuencas que incluye el reconocimiento de la cuenca, la identificación y análisis de los actores e informantes claves, el diagnóstico, el ordenamiento del territorio, el establecimiento de la línea base, la elaboración e implementación del plan de gestión de la cuenca, los mecanismos de gestión financiera y administrativa, el sistema de monitoreo y evaluación, así como la sistematización y comunicación de las experiencias, todo este proceso en conjunto constituye la gestión integral de cuencas (Jiménez 2009).

El agua para consumo humano

El agua para consumo humano ha sido definida en las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud como aquella “adecuada para consumo humano” (beber, cocinar, higiene personal y limpieza del hogar). En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores. Independientemente de los agentes que afectan la calidad del agua para consumo humano, es necesario también tener en cuenta los riesgos causados por la pobre protección de las fuentes de agua, el manejo inadecuado del agua durante el proceso de tratamiento y la mala conservación de las redes de distribución (Rojas 2002).

La SEMARNAT (2005) señala que la cobertura de agua potable en México fue en 2004 de 89.5%. Sin embargo, la cobertura de este servicio aún es mucho mayor en zonas urbanas (95.6%) que en zonas rurales (71.3%). El suministro de agua de buena calidad en los sistemas de abastecimiento es importante para la salud e higiene de la población. A nivel nacional, se suministraron más de 320 mil litros de agua por segundo para consumo humano, de los cuales el 95% fue desinfectado. En promedio, en el país se suministran 264 litros diarios por habitante.

Sin embargo algunos organismos reportan que la demanda de agua en América Latina y el Caribe se ha incrementado dependiendo de la fuente de información, el promedio de consumo de agua por habitante por día se podría aproximar a 150 litros por habitante por día (PNUMA 2010).

En los últimos 25 años se han organizado una serie de reuniones mundiales en las cuales la preocupación de los países ha girado en torno a diferentes temas relacionados con la pobreza, la educación y la salud. Una de las más influyentes ha sido la Cumbre de las Naciones Unidas realizada en el año 2000. Allí se formularon los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que sintetizan los compromisos de las conferencias internacionales y las cumbres mundiales realizadas en los años noventa (PNUD 2005).

Dentro de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio, descritos por las Naciones Unidas (2008), uno de ellos hace referencia a “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”, relacionado con el agua potable y el saneamiento y que plantea las siguientes metas para el 2015: reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso al agua potable y

reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso al saneamiento, así mismo mejorar considerablemente el nivel de vida de por lo menos 100 millones de personas a escala mundial.

En México existen 2443 municipios (INEGI 2002), de los cuales, 367 tienen un muy alto grado de marginación en los que habitan 4,5 millones de personas. El 77,8% de la población de municipios con un muy alto grado de marginación se encuentra en las entidades federativas de Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Veracruz de Ignacio de la Llave. Tan solo el estado de Veracruz ocupa el cuarto lugar con muy alto grado de marginación, abarca 37 municipios con una población de más de 554 mil habitantes y que en muchas ocasiones son las comunidades rurales las más vulnerables a sufrir enfermedades porque no tienen acceso al agua potable (CONAPO 2005).

Las metas del milenio incluyen la Estrategia de Reducción de la Pobreza (ERP), respecto a la mejora de los indicadores del sector agua potable y saneamiento en las áreas urbana y rural, sin embargo, los resultados están en función de los ingresos (ONU 2008).

Garantizar que cada persona disponga de acceso a por lo menos 20 litros de agua limpia al día para cubrir sus necesidades básicas es un requerimiento mínimo para respetar el derecho al agua y una meta mínima para los gobiernos. La desigual ocurrencia del agua y ubicación geográfica de la población y de la generación de la riqueza obliga a México a tomar medidas trascendentales para el futuro inmediato (IDH 2006).

2.2 El agua como recurso integrador de la cuenca

La zona de cabecera de las cuencas hidrográficas garantiza la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año. Los procesos en las partes altas de las cuencas invariablemente tienen repercusiones en la parte baja dado el flujo unidireccional, y por lo tanto, toda la cuenca se debe manejar de manera integral, como una sola unidad.

Al interior de la cuenca, el agua funciona como distribuidor de insumos primarios (nutrientes, materia orgánica, sedimentos) producidos por la actividad sistémica de los recursos. Este proceso modela el relieve e influye en la formación y distribución de los suelos en las laderas, y por ende en la distribución de la vegetación y del uso de la tierra. En las zonas de emisión de

los acuíferos, las lagunas costeras regulan el funcionamiento de los ecosistemas marinos adyacentes, que pueden afectar los manglares, arrecifes, pastos marinos y otros ecosistemas. El movimiento del agua de lluvia y flujos superficiales, a través de la red de drenaje, desde la parte alta de la cuenca hasta la parte baja, promueve el desprendimiento y arrastre de partículas (sedimentos orgánicos y minerales) e induce la formación de valles, planicies o llanuras de inundación. El sistema hídrico también refleja un comportamiento de acuerdo a como se están manejando los recursos, agua, suelo y bosque, así como que actividades o infraestructuras afectan su funcionamiento (Jiménez 2009).

2.3 Gestión Integrada del Recurso Hídrico

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso de promoción del manejo y gestión coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, es una herramienta flexible para el abordaje de los desafíos relacionados con el agua, busca optimizar la contribución de este recurso en el camino del desarrollo sostenible. Su fin es garantizar un desarrollo y gestión equitativos del agua y dar respuesta a las distintas necesidades que tienen en este ámbito el colectivo de mujeres y las capas de población más desfavorecidas. Busca asegurar un empleo del agua en concordancia con los objetivos de desarrollo socioeconómicos de los países, en una manera que no ponga en riesgo la sostenibilidad de los ecosistemas ni ponga en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus demandas de agua (GWP 2000).

Principios básicos de la GIRH

De acuerdo a la Declaración de Dublín 1992, sobre agua y desarrollo sostenible, la GIRH no es un marco dogmático, sino un enfoque flexible y lleno de sentido común para la gestión y desarrollo hídricos. Si bien la GIRH no estipula “reglas”, el enfoque se basa en los principios de Dublín, en los que se establece los siguientes puntos:

1. El agua dulce es un recurso limitado y vulnerable, esencial para la preservación de la vida, el desarrollo y el medio ambiente. Dado que el agua es sostén de vida, una eficaz gestión de esta requiere un planteamiento holístico, así como la vinculación del desarrollo socioeconómico a la protección de los ecosistemas naturales.

Una administración efectiva ha de vincular los usos de los terrenos y las aguas en el conjunto de una cuenca hidrográfica o acuífero subterráneo.

2. El desarrollo y gestión hídricos deben fundamentarse en un enfoque participativo, en el que se involucre a los usuarios, planificadores y gestores a todos los niveles. El enfoque participativo conlleva una sensibilización acerca de la importancia del agua entre los gestores como en la opinión pública. Significa que las decisiones deben adoptarse al nivel más bajo posible, a partir de una consulta pública plena y la participación de usuarios en la planificación y aplicación de los proyectos hidrológicos.
3. Las mujeres desempeñan un rol crucial en el suministro, gestión y protección de las aguas; ese papel decisivo de las mujeres como proveedoras y usuarias del agua, así como de guardianas del entorno vital pocas veces se ha reflejado en los proyectos institucionales destinados al desarrollo y gestión de los recursos hídricos.

La aceptación y puesta en práctica de este principio precisa de políticas positivas destinadas a satisfacer las necesidades específicas de la mujer al objeto de habilitarlas y capacitarlas para su participación a todos los niveles en los programas de recursos hídricos, incluyendo los procesos de toma de decisiones y aplicación, de acuerdo a las formas definidas por ellas.

4. El agua tiene un valor económico en todos sus usos en conflicto y debe ser asumida como un bien económico. Dentro de este principio, resulta fundamental reconocer, en primer lugar, el derecho básico de todos los seres humanos a disponer de agua pura y de servicios de saneamiento a un precio accesible.

La GWP (2000) menciona que el no reconocimiento del valor económico del agua en el pasado ha dado lugar al despilfarro de este recurso y usos perjudiciales desde el punto de vista medioambiental. La gestión del agua como un bien con valor económico es un factor fundamental para conseguir un empleo efectivo y equitativo de esta, así como para promover la conservación y protección de los recursos hídricos.

La Ley de Aguas Nacionales (LAN 2004) de la República Mexicana, define la GIRH como el proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con estos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico

equitativamente, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de esta Ley en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque.

2.4 Marco normativo de gestión del agua para consumo humano en México

El sistema normativo es un instrumento que debe contener los elementos operativos de la política ambiental, cumplir con las condiciones de suficiencia y coherencia evitar los vacíos normativos, las ambigüedades relativas a cada una de las materias tratadas y la parcialización de los derechos que deben ser tutelados (Gaviño 2001).

Dentro del marco normativo que rige la gestión del agua en México se encuentra la Ley de Aguas Nacionales (LAN) de 1992, modificada el 29 de abril de 2004. Según esta Ley, las funciones principales del sector son responsabilidad del gobierno federal a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA o CONAGUA). La LAN posibilitó la implantación de un marco regulador que intenta incentivar una mayor eficiencia y una percepción más precisa del valor social, económico y medioambiental de este recurso. Por lo tanto, los usuarios de aguas nacionales operan dentro de un marco de derechos y obligaciones que están claramente definidos en tres instrumentos básicos (LAN 2004):

- Títulos de concesión o asignación, que establecen los derechos para extraer, utilizar o usufructuar un volumen específico de agua.
- Permisos para la descarga de aguas servidas. Estos instrumentos establecen la concesión bajo la cual los autorizados pueden disponer de las aguas servidas.
- Inscripción en el Registro Público de Derechos de Agua (REDPA), tanto de los títulos de concesión o asignación como de los permisos para descargar las aguas servidas, que proporciona los derechos a los usuarios del agua una mayor certeza y asistencia desde un punto de vista legal.

Las principales responsabilidades del manejo de los recursos hídricos se han asignado a tres grupos de instituciones a) la CONAGUA a nivel federal, b) Comisiones Estatales del Agua (CEA) a nivel estatal y c) autoridades y consejos de cuenca.

CONAGUA es la institución de mayor nivel en cuanto al manejo de los recursos hídricos en México; incluye las políticas sobre el agua, planificación, desarrollo de riego y drenaje, abastecimiento de agua y saneamiento y manejo de emergencias a desastres (con énfasis en inundaciones). Su misión es gestionar y preservar los recursos hídricos nacionales, con la participación de la sociedad, para lograr un uso sostenible del recurso (CONAGUA 2007).

La CONAGUA se encuentra formalmente bajo la autoridad de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), pero goza de una considerable autonomía de facto. Tiene 13 oficinas regionales y 32 oficinas estatales (Figura 1).



Figura 1. Estructura organizativa de la gestión del agua en México (CONAGUA 2004).

La CONAGUA también administra directamente algunas instalaciones hidráulicas clave, como el acueducto Cutzamala que abastece un gran porcentaje del agua utilizada en el Área Metropolitana de la Ciudad de México, la CNA posee y opera la mayoría de las presas de México y opera la red de agua del país.

Las Comisiones Estatales del Agua (CEA) son entes autónomos que generalmente se encuentran bajo la autoridad del Ministerio de Obras Públicas del Estado. Sus atribuciones son diferentes entre los distintos estados y pueden incluir el manejo de recursos hídricos, riesgos y suministro de agua y de servicios de saneamiento. Los recientemente creados Organismos de Cuencas (OC) se formaron a partir de las 13 oficinas regionales de CONAGUA existentes y se espera que sean responsables de formular políticas regionales, diseñar programas para

implementar esas políticas, realizar estudios para evaluar los recursos financieros generados dentro de sus límites (tarifas por uso de agua y servicios), recomendar y cobrar tasas específicas para las tarifas por el uso del agua. Se espera que los Consejos de Cuencas (CC), junto con CONAGUA, guíen el trabajo de los OC. Hay un total de 25 CC que han sido establecidos con los mismos límites de cuencas que los OC (CONAGUA 2007).

El marco jurídico que regula la materia de aguas en el país está representado fundamentalmente por:

- a) La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, (artículos 27, 28 y 115).
- b) La Ley de Aguas Nacionales (LAN), una ley reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia de aguas nacionales.
- c) El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
- d) La Ley Federal de Derechos.
- e) La Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica.
- f) La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- g) El Reglamento Interior de la SEMARNAT.
- h) La Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- i) La Ley General de Bienes Nacionales.
- j) Las leyes estatales en materia de agua promulgadas en las entidades federativas.

Dentro de las instituciones y organismos con los que se coordina la CONAGUA se encuentran los siguientes (Cuadro 1):

Cuadro 1. Instituciones y organismos con los que se coordina la CONAGUA

INSTITUCIONES	EJEMPLO DE COORDINACIÓN QUE EFECTUAN
Secretaría de Hacienda y Crédito Público	Definir el presupuesto anual que es asignado a la Institución y la forma en que se ejercerá a lo largo del año.
Honorable Congreso de la Unión	Concertar políticas y presupuesto requeridos en materia hidráulica, coordinar proyectos hidráulicos de interés nacional, así como modificaciones a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
Estados y Municipios	Programas y acciones para restaurar las cuencas del país, apoyar el suministro de los servicios de agua potable y saneamiento a la población, impulsar el uso eficiente del agua en las actividades productivas como el riego y la industria y acciones para la atención de eventos meteorológicos.

Secretaría de Salud	Apoyar en forma conjunta a los municipios para que las comunidades rurales cuenten con sistemas formales de agua y saneamiento.
Secretaría de Educación Pública	Acciones dirigidas a la población escolar para promover el uso eficiente del agua y su preservación.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Acciones para lograr un uso más eficiente del agua en la agricultura.
Secretaría de Gobernación	Acciones para la atención de sequías e inundaciones.
Comisión Federal de Electricidad	Coordinar la operación de las presas que, además de emplearse para la generación de energía eléctrica, se usa para otros fines, como el abastecimiento a las ciudades, el riego o la protección contra inundaciones.
Secretaría de Relaciones Exteriores	Manejo del agua en las fronteras del país, cumplimiento de tratados internacionales de agua y acciones de cooperación con otros países.
Secretaría de Turismo	Acciones para la protección de la calidad del agua en las zonas de recreación.
Secretaría de Economía	Registro de trámites y servicios, desarrollo y publicación de normas oficiales para el sector hidráulico.
Comisión Nacional Forestal	Cuidado del suelo y bosque para preservar los ríos, lagos, lagunas y acuíferos.
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	Acciones para vigilar la calidad del agua de los ríos y lagos del país.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Acciones de investigación y desarrollo tecnológico.
Secretaría de la Función Pública	Acciones para impulsar la agenda de buen gobierno.
Consejos de Cuenca y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas	Concertación de programas y realización de acciones para lograr el uso sustentable del agua.
Consejo Consultivo del Agua	Estrategias para el mejor uso y preservación del agua.
Colegio de Profesionales, Institutos, Asociaciones, Cámaras Industriales y de Comercio	Acciones para el uso eficiente y pago del agua y para el cumplimiento de las normas en materia de agua.

Fuente: CONAGUA 2007.

En México, la LAN incorpora el concepto de gestión por cuencas, pero no puede decirse que se ha implementado de forma adecuada (desarrollo institucional) pues la creación de innumerables categorías y divisiones de gestión (cuencas hidrológicas, regiones hidrológicas, regiones hidrológicas-administrativas, consejos de cuenca, comités de cuenca, etc.) provoca confusión en la delimitación de responsabilidades y el ejercicio claro de funciones, en detrimento de una gestión integral del medio ambiente (Domínguez 2007).

Domínguez (2007) también hace mención que la adaptación que se hizo de la experiencia de otros países, principalmente de España y Francia, no parece ser la más adecuada, por ejemplo, no se otorga autonomía financiera a los Organismos de Cuenca y esta es una gran limitante para el efectivo desempeño de sus funciones. Es decir, dependen orgánica y financieramente

de la Comisión Nacional de Agua. Para que un sistema de protección sea eficaz debe ser completo, es decir no solo basta la reforma legal, hay que crear todas las instituciones e instrumentos, que permitan que la ley sea implementada efectivamente.

2.5 *Gobernanza del agua*

Desde 1990 aproximadamente, el término "gobernanza" se ha impuesto cada vez más en los medios de desarrollo, con diferentes opiniones en cuanto a su significado que de este modo dan lugar a numerosas definiciones (Jiménez 2009).

Para fines de la cogestión de cuencas, Jiménez (2009) define gobernanza como el proceso formal e informal de interacción entre actores para la conducción de la sociedad. Un sistema de gobernanza está integrado por las reglas y procedimientos (formales e informales) que configuran un marco institucional en el cual los diversos actores implicados tienen que operar, abarca la interacción entre las estructuras, los procesos, las tradiciones y los sistemas de conocimientos que determinan la forma en que se ejerce el poder y la responsabilidad, se adoptan las decisiones, expresan su opinión los ciudadanos y otros interesados directos.

Gentes y Ruiz (2008) menciona que en la interacción de actores que conducen a la sociedad se involucra a los públicos, sociales y privados con intereses similares u opuestos.

La gobernanza resulta de la creación y gestión de redes o estructuras de relación que involucran a diferentes tipos de actores, cuya interacción es crucial para enfrentar los desafíos más urgentes. Una buena gobernanza, entonces, no implica anular o subestimar las atribuciones del gobierno, sino que propone más bien un cambio en el ejercicio de la administración pública tendiente a la coordinación y organización de un espacio deliberativo, basado en la confianza, la participación y el control social (Prats (2006).

Entidades internacionales de asesoría a las políticas hídricas nacionales, como el Global Water Partnership (GWP), enfocan la gobernanza del agua o gobernabilidad como la habilidad del oficialismo en el diseño compartido de políticas públicas y estructuras institucionales socialmente aceptadas que movilizan recursos sociales en su aplicación. De aquí que la gobernanza no debe ser considerada como un concepto rígido: su implementación requiere bastante creatividad, flexibilidad, coordinación y capacidad de aprendizaje local y social (Rogers y Hall 2003).

Solís et ál. (2005) y Turton et ál (2007) definen que los indicadores de la buena gobernanza de los recursos naturales son: legitimidad y voz, participación y apropiación, democratización del poder, desempeños de los involucrados en la gestión del proceso, efectividad, rendición de cuentas, justicia y equidad, y dirección.

Puesto que la gestión depende de la gobernanza, el éxito de la gestión dependerá entonces, según los hidrólogos funcionalistas, de la capacidad y eficiencia de dirigir y coordinar los intereses con relación a los recursos hidrológicos en cuencas. Por lo anterior las actividades de gestión requieren información y un sistema de comunicación que permite: i) conocer los límites de aguas subterráneas frente a los límites superficiales; ii) definir distintos niveles de gobernanza para facilitar el buen funcionamiento de los procesos de gestión de recursos hídricos y de prestación de servicios por ejemplo para agua potable; y iii) definir formas institucionales de coordinación e implementación de políticas hídricas, ya que a menudo los límites naturales de las cuencas no coinciden con los ámbitos de acción de los organismos públicos (Ruíz y Gentes 2008).

2.6 La gobernabilidad del agua

Etimológicamente, gobernabilidad se refiere a la habilidad de gobernar y, por lo tanto, es una cualidad de la arquitectura de la gobernanza; denota la idea de una red compleja de relaciones. Sí entendemos a los gobiernos como redes de instituciones políticas, entonces gobernabilidad sería la capacidad de procesar y aplicar institucionalmente decisiones políticas (Barriga et ál. 2007) En el caso de la gobernabilidad ambiental esta se puede definir como la capacidad de procesar y aplicar decisiones destinadas a mejorar las condiciones ambientales en el paisaje.

No existen aún definiciones compartidas entre especialistas sobre lo que significa “gobernabilidad” en la gestión del agua. Por lo mismo tampoco existen marcos de análisis aceptados como modelos de referencia para comparar las situaciones existentes en diferentes países en materia de la capacidad de sus gobiernos para la gestión integrada del agua. Rogers (2003) define la gobernabilidad sobre el agua como la capacidad de un sistema social para movilizar energías en forma coherente para alcanzar el desarrollo sostenible de los recursos hídricos. La coherencia implica tener capacidad de articular los elementos que intervienen en un sistema complejo.

Rogers (2003) enfatiza la necesidad de la acción colectiva y de la participación de la sociedad civil para lograr dicha gobernabilidad. La necesidad de la acción colectiva, y por tanto de la organización del gobierno, la sustenta señalando que sin la aplicación de medidas compartidas con fines de bien colectivo, como el otorgamiento de los derechos de propiedad o concesiones, lo que origina es anarquía e inequidad. En un mundo habitado por personas imperfectas, la organización y los acuerdos colectivos son requeridos para evitar que unos pocos se aprovechen de los demás. La gobernabilidad sobre el agua es practicable sólo si existe un sistema político que funcione aceptablemente bien en el ámbito nacional, ya que la gestión del agua no es sólo responsabilidad de las autoridades asignadas para este fin.

El Instituto para la Gobernabilidad (*Institute on Governance*–IOG) de Canadá define la gobernabilidad como las tradiciones, las instituciones y los procesos que determinan la forma en que se ejerce el poder y autoridad, la forma en que se le da participación a los ciudadanos, y la forma en que se toman las decisiones que afectan a la sociedad (IOG 2002).

A las definiciones mencionadas se le podría agregar que la gobernabilidad requiere de racionalidad para llevarse a cabo, definiéndose racionalidad como la capacidad de tomar buenas decisiones, proporcionales y coherentes con el conocimiento del medio donde se van a aplicar tales decisiones e igualmente proporcionales y coherentes con la capacidad de llevarlas a cabo (Röling 2000).

Si se desea avanzar, hay que partir por reconocer que la gestión del agua es función de las políticas macroeconómicas de un país, de su estabilidad institucional, social y política. Asimismo, para avanzar en la gestión de agua y cuencas, es importante reconocer que los límites territoriales político administrativos de nada sirven para gestionar el agua o los ecosistemas. Por ello desde las autoridades elegidas para gobernar sobre territorios políticos administrativos hasta las estadísticas de población, poco o nada tiene que ver con el territorio de las cuencas. Más bien son obstáculos naturales mientras no acepten la necesidad de coordinarse para administrar estos espacios compartidos (Dourojeanni 2002).

Dourojeanni (2004) considera que si tomamos las grandes cuencas o agrupaciones de cuencas para construir una plataforma de gobernabilidad sobre el agua, nos encontramos con la opción de crear entidades de aguas por cuencas (consejos, agencias, corporaciones o autoridades de cuencas en general). A este nivel, que es el caso de México y Brasil, supone que es más fácil

construir lo que algunos llaman “el andamiaje institucional” necesario para empezar a hacer por lo menos una gestión coherente del agua con fines de uso múltiple integral, así como, eventualmente, sentar las bases para manejar las cuencas de captación.

Si bien la creación de entidades de gestión de aguas para grandes cuencas, en su fase inicial no reviste la complejidad de crear un sistema nacional capaz de llegar a miles de pequeñas cuencas y localidades, como es el caso de manejo de cuencas, no es menos cierto que también requieren de un largo apoyo del estado para partir y consolidarse. La instalación, por ley, de una entidad de aguas por cuencas, es sólo el primer paso, como en el caso de la instalación de los 25 consejos de cuencas de México, lo cual se ha convertido en un ejemplo que los demás países quisieran seguir, pero ello es aún muy frágil y por tanto el país deberá hacer un gigantesco esfuerzo para consolidarlos. México tiene un compromiso fundamental en seguir con la tarea ya iniciada (Dourojeanni 2004).

2.7 Oferta y demanda del recurso hídrico para consumo humano

Los componentes de la interacción entre oferta y demanda indican la forma en que se puede construir un estado de balance de agua para fines de planificación. La cantidad ofrecida está en función de la lluvia generada mediante el ciclo hidrológico, mientras que la cantidad de agua sustraída se refiere a la cantidad (volumen) de agua demandada durante el año. El conocimiento de los volúmenes de oferta y demanda de agua en una economía, proporciona elementos importantes para el campo de la planificación al informar de aquellas limitaciones biofísicas en la disponibilidad y la posibilidad de reubicar actividades económicas que demandan gran cantidad, lo que generaría información útil para limitar el uso de acuerdo a la cantidad disponible. Esa interacción entre oferta y demanda es un indicador claro de que la economía y la producción de servicios ambientales de la biodiversidad están totalmente ligados (Barrantes y Castro 1999).

Oferta de agua para consumo humano

La oferta hídrica superficial se define como la tasa de flujo o descarga de agua por unidad de tiempo (Ej. m^3/s) a lo largo de un canal natural. Su representación básica tradicional lo constituye el hidrograma, el cual es una gráfica o tabla que muestra la tasa de flujo, como función del tiempo, en un lugar dado de la corriente, por lo que es “una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la

escorrentía de una cuenca de drenaje particular” (Chow et ál. 1994). Se constituye entonces en el componente del ciclo hidrológico que transfiere el agua que originalmente precipita como lluvia o nieve sobre la cuenca o zona de captación, desde las superficies terrestres a los océanos (Mosley y McKerchar 1993).

Demanda de agua para consumo humano

La demanda de agua está referida a la cantidad de líquido requerido para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de una comunidad: domestica, agrícola-pecuaria e industrial y servicios (Marín 2003).

La demanda de agua por el sector doméstico es influenciada por múltiples factores, incluyendo el nivel de ingreso, la tecnología, y hasta la disponibilidad de agua. En la actualidad, las intensidades de consumo de agua doméstico reflejan grandes variaciones entre países (Rojas y Echevarria 2003).

La demanda del sector doméstico se calcula como:

$$\text{Demanda} = [\text{Población}] \times [\text{Consumo per cápita de agua}]$$

Con respecto al cálculo de la demanda de agua, el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA 2003) de Honduras, recomienda hacerla en función a los datos de población. En el caso de no contar con un dato de población, se calcula la misma multiplicando la cantidad de viviendas por seis habitantes por casa. Considera como índice de crecimiento anual el 3%, el cual representa el promedio a nivel nacional, según datos recabados por la Dirección General de Censos y Estadísticas.

Conociendo entonces los factores que condicionan el crecimiento de cierta comunidad, es posible estimar su población futura. Para hacer tal cálculo, el SANAA (2003) recomienda utilizar el método aritmético y con menos frecuencia, el método geométrico. Una tasa de crecimiento poblacional puede ser estimada suponiendo que este crecimiento sigue cierto patrón preestablecido. Los análisis más utilizados en demografía parten del supuesto que la población sigue cierto modelo matemático y el procedimiento consiste en estimar la relación funcional que lo explica. Generalmente se consideran tres modelos básicos: modelo aritmético, geométrico y exponencial (Chaves 2006).

Modelo aritmético: es el más simple de todos, supone que la población tiene un comportamiento lineal y por ende, la razón de cambio se supone constante, es decir, se incrementa en la misma cantidad cada unidad de tiempo considerada (Chaves 2006).

$$P = P_i + (r * k) \quad r = \left[\frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \right]$$

Donde:

P = Población a estimar

P_i = Población base

r = Tasa de crecimiento entre dos censos

K = Número de años a estimar

Para el caso de México, INEGI (2010) reporta que la tasa de crecimiento anual promedio fue del 2% observada en el periodo de 1980-1990, disminuyó a 0,84% entre 2005 y 2010; no obstante la reducción en el ritmo de crecimiento de la población sigue aumentando en números absolutos debido a la inercia dada por el alto número de jóvenes en edad de procrear, que propicia que el total de nacimientos permanezca elevado aunque descienda el promedio de hijos por mujer.

Jain (2001) realizó un estudio sobre optimización del sistema de agua de la comunidad de Tecomate, Municipio de Tepetzintla, Veracruz, México, considerando que todo proyecto de ingeniería, las obras de alcantarillado sanitario se deben proyectar no solo para satisfacer los requerimientos actuales sino dar un servicio eficiente durante un intervalo de tiempo. Para ello consideró como datos de partida los censos de población de 1970 y 1990 reportados por INEGI, realizó una proyección a 20 años utilizando tres métodos (aritmético, geométrico-logarítmico y el método del Banco Mundial), con el fin de determinar cuál de estos tres métodos era el que mejor estimaba al número de habitantes que reporta el INEGI, resultando ser el aritmético que tuvo una diferencia de (+) 15 habitantes, con respecto a los datos que reporta el INEGI.

Fórmula utilizada

$$P = P_2 + \left(\frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \right) (t - t_2)$$

Donde:

P = Población futura

P1 = Población penúltimo censo considerado

P2 = Población último censo considerado

t = Año para el que se busca la población

t1 = Año del penúltimo censo considerado

t2 = Año del último censo considerado

2.8 Gestión de cuencas y zonas de recarga hídrica de fuentes de agua para consumo humano

La recarga es el proceso de incorporación de agua a un acuífero producido a partir de diversas fuentes: de la precipitación, de las aguas superficiales y por transferencias de otros acuíferos o de un acuitardo. Los métodos para estimarla son de variada naturaleza, entre los que destacan los balances hidrológicos, el seguimiento de trazadores ambientales o artificiales (químicos e isotópicos), las mediciones directas en piezómetros, la cuantificación del flujo subterráneo y las fórmulas empíricas entre los más comunes. Los resultados son inseguros debido a la incertidumbre de los componentes considerados en las ecuaciones, la naturaleza empírica o semiempírica de las fórmulas utilizadas, la simplificación de las variables y de los procesos y errores en las mediciones de calibración (Carrica y Lexow 2004).

En términos generales se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante en general) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistema acuífero en consideración (Custodio 1998).

Los acuíferos se recargan principalmente a través de la precipitación en “suelos de alta capacidad de infiltración” o rocas superficialmente permeables. Las áreas de recarga de los acuíferos pueden o no estar a grandes distancias de donde son explotados. Los fenómenos más importantes concernientes a los acuíferos desde el punto de vista de la hidrología son la

recarga y descarga de ellos. Normalmente los acuíferos se van recargando de forma natural con la precipitación que se infiltra en el suelo y en las rocas (Losilla 1986).

En el ciclo geológico normal el agua suele entrar al acuífero en las llamadas zonas de recarga, atraviesa muy lentamente el manto freático y acaba saliendo por las zonas de descarga, formando manantiales y fuentes que devuelven el agua a la superficie. La descarga de un acuífero a un río es un fenómeno habitual como también es frecuente lo contrario, la recarga de un acuífero por un río. Existe, por tanto, una relación acuífero-río-acuífero muy importante en la cual el sentido del flujo depende básicamente de los niveles de agua en el río y en el acuífero, así como de la geomorfología de la zona (Faustino 2006).

La recarga natural tiene el límite de la capacidad de almacenamiento del acuífero, de forma que en un momento determinado, el agua que llega al acuífero no puede ser ya almacenada y pasa a otra área, superficie terrestre, río, lago, mar o incluso a otro acuífero. La capacidad de almacenamiento de un acuífero dependerá del espesor y profundidad; esto se refiere a la “geometría de los acuíferos solos, en conjunto o interconectados” (Faustino 2006).

Los acuíferos recargan en cualquier área en que: a) exista suelo o roca permeable en superficie; b) que esté en comunicación hidráulica con los acuíferos; y c) que esté temporalmente en contacto con agua. Todos estos factores definen la recarga, ocurren en diferentes grados relativos en las capas que sobreyacen a los acuíferos. Para conocer y delimitar las principales zonas de recarga de un acuífero y su mecánica de funcionamiento, se necesitan muy variados y específicos estudios hidrogeológicos (Losilla 1986).

De acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar en (Faustino 2006):

Zonas de recarga hídrica superficial: prácticamente es toda la cuenca hidrográfica, excluyendo las zonas totalmente impermeables. Es la zona que se humedece después de cada lluvia, originando escorrentía superficial, según las condiciones de drenaje (relieve del suelo y su saturación). La medición de este caudal se realiza en el cauce principal del río y se conoce como descarga superficial o caudal de escorrentía superficial.

Zonas de recarga hídrica subsuperficial: corresponde a las zonas de la cuenca con suelos con capacidad de retención de agua o almacenamiento superficial sobre una capa impermeable que

permite que el flujo horizontal en el subsuelo se concentre aguas abajo en el sistema de drenaje. Es la ocurrencia de caudales en la red hídrica, aun cuando las lluvias hayan finalizado. También dependen de la cantidad de precipitación y el efecto “esponja” del subsuelo (libera lentamente el agua en su movimiento horizontal). Este caudal se mide de igual manera que en el caso anterior y puede ocurrir después de las lluvias y en épocas secas.

En esta evaluación, cuando se determina la infiltración en el movimiento del agua en el suelo o subsuelo, el flujo horizontal corresponde a esta zona de recarga y el flujo vertical corresponde a la escorrentía subterránea.

Zonas de recarga hídrica subterránea: corresponde a las zonas de la cuenca (sitios planos o cóncavos y rocas permeables), en la cual el flujo vertical de la infiltración es significativa, esta es la forma que alimenta los acuíferos. Un aspecto importante en esta zonificación es la conexión entre acuíferos y la recarga externa (que viene de otra cuenca). Para la evaluación se pueden considerar dos métodos: directo (mediante sondeos, bombeos y prospección geofísica) ó indirecto (mediante el balance hidrogeológico).

Zonas de recarga hídrica sobterránea: es la que corresponde a zonas de la cuenca que presentan fallas geológicas profundas o cuando en el balance hidrogeológico identifica una pérdida por percolación profunda. Generalmente coincide con las zonas de recarga subterránea.

Faustino (2006), también hace mención que según la condición hidrogeológica (calidad del acuífero) las zonas de recarga se pueden clasificar de la siguiente manera:

Zonas de buen acuífero: tiene buena capacidad de almacenamiento y conducción.

Zonas de acuífero pobre: tiene poca capacidad de almacenamiento.

Zonas acuitardas: almacenan agua, pero no favorece su aprovechamiento.

Zonas impermeables: no tienen ninguna capacidad de almacenamiento de agua. El mal manejo de los recursos naturales consecuentes del desarrollo, el crecimiento demográfico, urbanístico, industrial y la expansión de las fronteras agropecuarias conducen a los siguientes efectos e implicaciones en los acuíferos (Cuadro 2):

Cuadro 2. Efecto de la actividad antrópica sobre los acuíferos.

ACTIVIDADES	IMPLICACIONES EN EL ACUÍFERO
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mayor explotación de las aguas subterráneas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Descenso de niveles de agua ✓ Mejoramiento del drenaje en tierras bajas (control de inundaciones) ✓ Aumento en costos de bombeo ✓ Intrusión de aguas salinas en zonas costeras (degradación) ✓ Disminución de descargas naturales (manantiales, flujos base)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Impermeabilización de suelos (zonas de recarga) ✓ Deforestación (compactación de suelos por lluvia y erosión por escorrentía superficial) ✓ Construcciones (urbanizaciones, carreteras) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menor recarga (menor potencial de los acuíferos, aumento de la escorrentía superficial y erosión en zonas de recarga)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensificación de actividades humanas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contaminación de agua y suelo

Fuente: Losilla 1986.

2.9 Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos

Kiersch (2000) considera que es difícil formular declaraciones universales con validez sobre el impacto que presenta el uso de la tierra en el recurso hídrico por diferentes razones, los impactos dependen de un conjunto de factores naturales y socioeconómicos, menciona que entre los factores naturales incluyen: el clima, la topografía y la estructura del suelo y los factores socioeconómicos: incluyen la capacidad económica y la sensibilización de los agricultores, las prácticas de manejo y el desarrollo de la infraestructura, por ejemplo, las carreteras. Además, los impactos del uso agrícola podrían ser difíciles de distinguir de los impactos naturales o de los impactos de origen humano, como es el caso del impacto de la escorrentía agrícola comparada con los sistemas de saneamiento rurales sobre la degradación de las aguas superficiales y subterráneas.

2.10 Impactos del uso de la tierra sobre el régimen hidrológico (disponibilidad del agua)

Con respecto al régimen hidrológico, se pueden distinguir: impactos sobre las aguas superficiales y las subterráneas. Los impactos de las prácticas de uso de la tierra sobre las aguas superficiales se pueden dividir en: impactos sobre la disponibilidad de agua en general, o sobre la escorrentía media anual, e impactos en la distribución estacional del agua. Con respecto a esta última, son de importancia los impactos de los caudales pico y de los caudales

en la estación seca. En cuanto a las aguas subterráneas, se debe examinar el efecto del uso de la tierra en la recarga de acuíferos (Kiersch 2000).

2.11 Escorrentía superficial media

Bosch y Hewlett (1982) definieron que el impacto del uso de la tierra sobre la escorrentía superficial media es una función que depende de numerosas variables, siendo las más importantes el régimen hídrico de la cubierta vegetal en lo referente a la evapotranspiración (ET), la capacidad de infiltración, la capacidad del suelo para retener agua y la capacidad de la cubierta vegetal para captar humedad. Un cambio en la cubierta del suelo de especies de menor a mayor ET conducirá a un descenso en el caudal anual. De una revisión de 94 cuencas de recepción experimentales, concluyeron que el establecimiento de una cubierta forestal en un terreno con núcleos de vegetación aislados reduce la escorrentía superficial de agua. Los bosques de coníferas, las especies madereras de hoja caduca, el monte bajo y las praderas tienen (en ese orden) una influencia decreciente en la escorrentía superficial proveniente de superficies fuente donde las cubiertas han sido manipuladas.

Contrariamente, un cambio de una cubierta vegetal de mayor a menor ET incrementará la escorrentía superficial media: una reducción en la cubierta forestal incrementa el aporte de agua (Bosch y Hewlett 1982; Calder 1992). El impacto, sin embargo, depende mucho de las prácticas de manejo y de los usos de la tierra alternativos, una explotación forestal cuidadosa y selectiva tiene un efecto muy limitado o nulo sobre el caudal, el caudal después del desarrollo de la nueva cubierta vegetal podría ser más alto, el mismo o inferior al valor original, dependiendo del tipo de vegetación (Bruijnzeel 1990).

Una excepción a esta regla son los bosques «de niebla», que pueden interceptar más humedad (humedad ambiental, precipitación oculta) de la que consumen por ET (Bosch y Hewlett 1982). Los bosques maduros, dependiendo de las especies que posean, podrían consumir menos agua que la vegetación que se establece en ellos mismos después de la tala (Calder 1992).

Las variables claves que explican el consumo de agua son: el área foliar y la tasa de vapor de agua transferida desde las hojas hasta la atmósfera, la tasa de transpiración por unidad de área foliar es explicada por la diferencia en la presión de vapor (interna y externa a la hoja y por la conducción de la hoja al vapor de agua (la que es controlada por apertura y cierre de estomas),

la arquitectura de las raíces es diferente para las distintas especies y, por tanto la capacidad de explotar el suelo o fuentes adicionales a la precipitación (Rodríguez 2009).

Un estudio sobre el efecto de las plantaciones sobre la escorrentía superficial realizado por Robert Vertessy (2000) demostró que las reducciones en la escorrentía media anual son mayores en áreas de altos niveles de precipitación, las reforestaciones con pinos presentan mayor impacto en la escorrentía que el de eucaliptos (bosque nativo y plantaciones), en áreas con 800 mm de precipitación anual las praderas producen 210 mm por año, las de eucalipto se reducen en 165 mm por año y en pino a 210 mm por año, en áreas con 1200 mm por año de precipitación las praderas producen 493 mm por año. Si se reforestan completamente la escorrentía se reduce entre 265 a 350 mm por año.

2.12 Caudales pico/inundaciones

Los caudales pico se pueden incrementar como resultado de un cambio en el uso de la tierra si se reduce la capacidad de infiltración del suelo, por ejemplo por la compactación del suelo o por la erosión, o si se incrementa la capacidad de drenaje. El caudal punta se podría incrementar una vez que se han cortado los árboles. Los incrementos relativos en los caudales después de la tala de árboles son más pequeños en las grandes avenidas y mayores en acontecimientos menores. A medida que la precipitación aumenta, disminuye la influencia de la cubierta vegetal y del suelo sobre los caudales de tormentas. En cuencas mayores, los efectos de las prácticas de uso de la tierra sobre los caudales punta son contrarrestadas por el tiempo de respuesta de los diferentes tributarios, diferentes usos de la tierra y variaciones en la precipitación (Bruijnzeel 1990).

Diversos estudios han comprobado que las plantaciones forestales ejercen una influencia beneficiosa sobre los caudales máximos, debido a varias razones, entre las que se incluyen: la intercepción por los doseles de bosques, puesto que reducen la cantidad de precipitación que podría alcanzar el suelo, la humedad del suelo se obtiene a mayores profundidades en las plantaciones, de tal manera que los suelos pueden infiltrar más lluvia antes que lleguen a saturarse y se presenten escorrentías superficiales de alto poder erosivo, la estructura del suelo bajo los bosques permite una infiltración más fácil que en praderas, por ejemplo, particularmente donde el ganado ha compactado el suelo superficial, en bosques, las pequeñas

áreas de suelos saturados se presentan regularmente adyacentes a los cauces, reduciendo así el volumen de escorrentía de estas áreas (Rodríguez 2009).

2.13 Caudal base/caudal de la estación seca

El efecto del cambio en el uso de la tierra sobre el caudal en la estación seca depende de los procesos concurrentes, pero fundamentalmente de los cambios en la ET y de la capacidad de infiltración. El impacto neto es normalmente muy específico de las condiciones locales (Calder 1998). En contraste, los caudales provenientes de la tierra deforestada podrían decrecer si se redujera la capacidad de infiltración del suelo, por ejemplo mediante el uso de maquinaria pesada (Bruijnzeel 1990).

2.14 Impactos del uso de la tierra sobre la calidad del agua

Las prácticas de uso de la tierra pueden tener importantes impactos en la calidad del agua, que en cambio podrían tener efectos negativos o, en algunos casos, positivos sobre los usos del agua. Los impactos incluyen cambios en la carga de sedimentos y en las concentraciones de sales, metales y productos agroquímicos, los agentes patógenos y un cambio en el régimen térmico (Kiersch 2000).

Zhen Wu (2008) realizó un estudio sobre calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la Quebrada Victoria, Guanacaste, Costa Rica y aunque no hizo mediciones específicas, la observación de campo le permitió identificar que la presión que causó el mayor impacto, fue el arrastre de sedimentos del suelo y de la carretera así como de materia fecal de ganado por la escorrentía superficial, la cual fue favorecida por la tala de árboles, erosión y pendiente del suelo.

Auquilla (2005) determinó que la calidad del agua a nivel físico-químico presenta alteraciones importantes debido al cambio de uso de suelo, factor principal que influencia la vulnerabilidad del recurso; en un estudio sobre los usos del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la cuenca del río Jabonal Costa Rica, comprobó que a medida que disminuyen las franjas riparias de las microcuencas y se incrementa el área de pasturas-ganadería con el consecuente acceso de los animales al cauce, también aumenta el aporte de materia contaminante. Sin embargo, la mayoría de los parámetros medidos no presentaron diferencias entre épocas climáticas. Los parámetros de calidad de agua que excedieron el nivel

crítico para consumo humano fueron la demanda química de oxígeno, los sólidos suspendidos, el fósforo total y coliformes fecales y totales

Mientras tanto, Reyes (2006) realizó un análisis del estado de las fuentes de agua para consumo humano y funcionamiento de los acueductos rurales en la cuenca del río La Soledad, Honduras, el agua para consumo es captada de un área declarada como Parque Nacional por lo que el uso del suelo predominante son los bosques mixtos latifoliados y bosques de coníferas con diferentes grados de cobertura; y sus condiciones particulares influyen directamente en la calidad del agua que se infiltra y llega a los cauces de quebradas y ríos, repercutiendo principalmente en parámetros como el bajo pH de las aguas, alta cantidad de coliformes totales presentes, así como valores altos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), los cuales indican la fuerte cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas en el agua, según Reyes estas sustancias se asocian a la deforestación, asentamientos humanos, ganadería y cultivos.

Entre otros autores que han realizado estudios sobre el impacto del uso de la tierra en la calidad de agua se encuentran: Mendoza (1996), impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del río Sábalos, cuenca del Río San Juan Nicaragua; Sagastizado (2001), impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la cuenca del Río Talnique El Salvador; Vilela (2003), usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil; García (2003), indicadores técnicos y evaluación de la influencia del uso de la tierra en la calidad del agua, subcuenca del río Tascalapa Yoro, Honduras; Cuadra (2004), Análisis de la calidad del recurso hídrico superficial y su relación con el uso actual de la tierra en la cuenca del Río Turrialba, Costa Rica y Córdoba (2001), Calidad de agua y su relación con los usos actuales en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua.

2.15 Vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano

La vulnerabilidad es el proceso por el cual la población humana y los ecosistemas están sujetos a riesgo de sufrir daños o amenazas ocasionadas por factores biofísicos y sociales. Esto conduce a una situación de limitada o nula capacidad de respuesta frente a tal contingencia y grandes dificultades para adaptarse al nuevo escenario generado por la materialización del riesgo (Ávila 2008).

La Subsecretaría de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador “SAPSYRS/MIDUVI” (2005), establece que la vulnerabilidad es el instrumento que permite determinar las debilidades de los componentes de un sistema para hacerle frente al impacto de una amenaza con el objeto de establecer las medidas de mitigación que disminuyan la vulnerabilidad del componente y del sistema como un todo, y las medidas de emergencia para dar respuesta al impacto de la amenaza una vez se haya producido.

Jiménez (2009) considera que el resultado de la probable ocurrencia de un evento de una magnitud e intensidad dada se expresa en una escala desde 0 (sin daño) a 100 (pérdida total). La diferencia de vulnerabilidad de los elementos expuestos ante un evento peligroso determina la severidad de las consecuencias de dicho evento sobre los mismos.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Organización Mundial de la Salud (OMS) (1996b), establecen que el análisis de vulnerabilidad en sistemas complejos de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado sanitario se efectúa en dos etapas:

a) La primera es la identificación y evaluación de amenazas para un área o sistema, la estimación detallada de la vulnerabilidad para cada amenaza, el planteamiento de las medidas de mitigación para hacerle frente y disminuir la vulnerabilidad y el establecimiento de las medidas de emergencia para dar respuesta al impacto, consideran que es usual realizar esta etapa a través de talleres con amplia participación del personal involucrado y de expertos si fuera necesario.

b) La segunda etapa consiste en elaborar términos de referencia detallados para realizar estudios especializados con el fin de determinar la resistencia y medidas de mitigación para los componentes más complejos, como cuencas, acuíferos, represas, puentes, grandes obras de acero y concreto, conducciones de gran diámetro, emisarios, etc. al elaborar estos estudios y diseños es posible que se detecten medidas o procedimientos especiales de emergencia que se deberán incorporar en el plan respectivo. Los análisis de vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario se han realizado con la finalidad de elaborar planes de mitigación y emergencia. CEPIS/OPS/OMS (1996b) elaboraron una serie

de guías para el análisis de vulnerabilidad ante diferentes amenazas (sismos, huracanes, inundaciones, erupciones volcánicas, y accidentes que afectan el servicio).

Para este tipo de análisis de vulnerabilidad se consideran tres tipos de vulnerabilidades: operativa (deficiencias en la prestación de los servicios, tales como cantidad, continuidad y calidad del agua suministrada y de la cantidad de agua residual evacuada), física (debilidades de los componentes físicos de los sistemas) y administrativa-organizativa (debilidades organizativas, capacidad institucional y empresarial de respuesta ante impactos). (CEPIS/OPS/OMS 1996a; García y Espadas 2004).

Existen metodologías para el análisis de vulnerabilidad de aspectos muy particulares, como es el caso de análisis de vulnerabilidad de los sistemas de tuberías a las acciones sísmicas, este tipo de análisis se ha realizado a través del cálculo de número de fallas por kilómetro de longitud. Se realiza a través de Índices Básicos de Daño (IBD) y del Factor de Amenaza Sísmica (FAS). Debido a que se contempla como base la tubería de hierro fundido para hacer los cálculos, es necesario emplear factores de corrección para cada tipo de material, estado de la tubería y diámetro de la misma (CEPIS/OPS/OMS 1996a).

Estudios de vulnerabilidad

Entre los estudios de vulnerabilidad que se han realizado se encuentran los siguientes:

1. Mendoza (2008) realizó un estudio de análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano. La metodología aplicada consta de 10 componentes y 63 indicadores. Los componentes considerados fueron: zona de recarga hídrica (A), fuente de abastecimiento de agua (B), toma de agua y obra de captación (C), línea de conducción (D), tanque de almacenamiento (E), red de distribución (F), tratamiento del agua en el hogar (G), uso y manejo del agua en el hogar (H), manejo de aguas post-uso (I) y gestión administrativa (J). Se aplicó exitosamente en tres sistemas de acueductos de la subcuenca del río Copán en Honduras.

La aplicación de la metodología en los tres sistemas, le permitió concluir que la mayor vulnerabilidad (68,85%) se presentó en uno de los sistemas evaluados, en el que seis de sus componentes fueron los más vulnerables (A, B, E, G, H, I) y por tanto en este sistema se

requiere multiplicar esfuerzos para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico debido a que los problemas que se presentan son muy diversos.

2. Para el caso de México, el Instituto Nacional de Ecología (2002) evaluó la vulnerabilidad del recurso hídrico y analizó las tendencias actuales que conducen a una situación de mayor vulnerabilidad y menor seguridad hídrica en el país, para así proyectar escenarios alternativos. En su propuesta metodológica construyó una serie de indicadores de tipo cualitativo y cuantitativo con el fin de evaluar la vulnerabilidad en un espacio y tiempo determinado.

Los indicadores utilizados fueron los siguientes: a) Vulnerabilidad ecológica; b) Vulnerabilidad climática por sequías e inundaciones; c) Vulnerabilidad por disponibilidad de agua; d) Vulnerabilidad por presión hídrica; e) Vulnerabilidad por explotación de acuífero; f) Vulnerabilidad por contaminación del agua; g) Vulnerabilidad agrícola; h) Vulnerabilidad urbana; i) Vulnerabilidad por marginación social; j) Vulnerabilidad económica y k) Vulnerabilidad política.

Es importante señalar que dentro de los hallazgos de esta investigación se encontró que el país es cada vez más vulnerable y tiene menor seguridad hídrica, como resultado de una multiplicidad de factores socioambientales. No obstante dentro de las regiones hay factores que contribuyen a la vulnerabilidad, por citar algunos ejemplos:

- La región VII de las cuencas centrales del norte de México, es altamente vulnerable a 9 de 12 indicadores, ya que presenta: deterioro ecológico, frecuentes sequías, baja disponibilidad de agua, contaminación en la mayoría de sus cuerpos de agua, sobreexplotación de aguas subterráneas, alta presión y competencia por el agua, problemas en la agricultura de riego, ciudades con escasez de agua, bajos niveles de Producto Interno Bruto (PIB) para financiar obras de abastecimiento de agua e irrigación. En cambio, no es vulnerable a las inundaciones por huracanes, no tiene elevados niveles de marginación social ni registra un número importante de conflictos por el agua.
- La región V del río Bravo es altamente vulnerable a 8 de 12 indicadores. Comparte varios indicadores con la región VII, pero difiere en que no presenta altos niveles de sobreexplotación de acuíferos ni bajos niveles del PIB. Además tiene niveles altos de conflictividad por el agua.

- La región II noroeste es vulnerable a lo ecológico, sequía, explotación de acuíferos, estrés hídrico agrícola y urbano; y la región IX golfo norte es vulnerable a la sequía, estrés hídrico, agrícola, PIB, marginación y conflictos. Si bien ambos tienen el mismo número de indicadores (6) solo comparten la mitad de ellos (sequía, estrés agrícola) y difieren en el resto.

En este sentido, el análisis de la vulnerabilidad socioambiental muestra los factores cuantitativos y cualitativos donde las regiones son similares y diferentes y conlleva a la necesidad de realizar estudios regionales como una forma de entender las especificidades de cada una de ellas.

3. Picado (2003) realizó un estudio en Nicaragua, estimó la vulnerabilidad de los recursos hídricos ante el cambio climático a partir del índice de escasez (relación de la demanda de agua entre la oferta determinada por el potencial, tanto de aguas superficiales y subterráneas). Al potencial indicado le restó un volumen definido por el deterioro de la calidad del agua. Los resultados obtenidos demostraron que la relación que existe entre la demanda del recurso agua y la disponibilidad actual de los mismos, presentaron una alta, moderada y baja vulnerabilidad para las regiones Pacífica, Central y Atlántica, respectivamente. Por las condiciones del suelo y los bosques en la región del Pacífico y parte norte de la región Central, la vulnerabilidad estará asociada a las condiciones de poco escurrimiento y al efecto de la demanda; en la región Central, además de la agricultura se verán afectadas las plantas hidroeléctricas. Las proyecciones realizadas revelaron que la mayor vulnerabilidad de los sistemas de agua subterráneas para las regiones Pacífico y Central ocurrirá a partir del año 2050 para la condición pesimista, 2070 para la condición moderada y optimista; la región Atlántica no es vulnerable en ninguno de los escenarios realizados, la mayor afectación se deberá principalmente por las inundaciones.

4. Costa Rica a través del Instituto Meteorológico Nacional “IMN” (2005) realizó el análisis de vulnerabilidad del sistema hídrico al cambio climático, proceso que se dio dentro del marco del Proyecto Regional Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba, para realizar el análisis de vulnerabilidad se utilizaron indicadores socioeconómicos que incluyeron: población menor de 12 años, población mayor de 64 años, población discapacitada, población afectada por asma, dotación doméstica de agua, población analfabeta, casas con paredes de madera, casas sin cielo raso,

casas con hacinamiento, casas con tanque séptico, población en pobreza e indicadores biofísicos: área propensa a deslizamiento, área propensa a inundaciones, área dedicada a actividades agrícolas, área con sobreuso de suelo.

Como resultado se obtuvo que la mayor vulnerabilidad se concentra en las partes bajas de los cantones de Alajuela y las zonas altas de Heredia y Vásquez de Coronado de la provincia de San José. Se caracterizan por ser zonas rurales con un alto porcentaje de su área dedicada a labores agropecuarias, con conflicto de uso de suelo, altos niveles de analfabetismo y una deficitaria infraestructura de vivienda (en algunos casos con hacinamiento). La zona menos vulnerable se encuentra en la zona central del área de estudio. Corresponde a los distritos de menor índice de pobreza, analfabetismo y hacinamiento. Son los centros de mayor población, con mejores condiciones de infraestructura, servicios básicos y oportunidades. Sin embargo, son distritos que presentan altos índices de población teóricamente vulnerable: niños y adultos mayores, así como mayores problemas de asma. Estas zonas menos vulnerables tienen una alta concentración de tanques sépticos como medio de eliminación de excretas y los mayores índices de consumo potencial de agua por persona.

2.16 Eficiencia en la conducción del agua en acueductos

La forma en que los usuarios aprovechan el agua tiene repercusiones en el derecho que otros usuarios tienen sobre el mismo recurso, tanto en términos de calidad como de cantidad. Considerando lo anterior, el aprovechamiento de los recursos debe de realizarse bajo principios de racionalidad con el propósito de evitar la generación de externalidades negativas que afecten los derechos de los otros usuarios, así como el medio natural en que el agua se encuentra (Ferrera et ál. 2005).

La asignación de recursos hídricos por la administración pública, por lo general da lugar a importantes ineficiencias, desperdicio de agua, prestación de servicios deficientes, abastecimiento limitado de agua a los pobres e incapacidad de proteger el ambiente. Cuando el agua escasea de manera creciente, ya no es una opción factible continuar con la política tradicional de aumentar la oferta. Se requieren conceptos económicos operativos e instrumentos que puedan contribuir a la gestión, limitando la demanda de agua. En este sentido, el uso eficiente de agua se convierte en un recurso por sí mismo (GWP 2000).

Al gestionarse eficientemente el agua en el sistema de abastecimiento para consumo humano, se obtienen impactos positivos sobre la producción de aguas residuales, ya que los caudales disminuyen al tiempo que se incrementa la concentración de los contaminantes. Este hecho presenta ventajas importantes para el tratamiento biológico de aguas residuales; puesto que se incrementa la cantidad de sustrato por unidad de volumen; con lo cual, los sistemas biológicos mejoran sus tasas de degradación, a la vez que se economiza espacio y volumen de tratamiento al requerirse sistemas más pequeños (Sánchez y Sánchez 2004).

Dickinson (2004) indica que el uso eficiente del agua trae consigo múltiples beneficios para los diferentes sectores usuarios del agua: ahorro por pago de consumo, ahorros en el desarrollo y construcción de nueva infraestructura y un mejor manejo de sequías y cortes de suministro.

Las ciudades, los centros urbanos y rurales afrontan diversos problemas relacionados con los recursos de agua tales como: el agotamiento de sus fuentes hídricas, la contaminación de ríos y acuíferos, altos costos de prestación de los servicios por consumo de energía y las distancias a fuentes seguras, y los conflictos entre diferentes usuarios. A pesar de todas las dificultades señaladas, se presentan fugas y pérdidas de agua, se utilizan tecnologías que usan mucha agua, no se reutiliza el recurso, los sistemas de cobro y tarifas son deficientes y algunas veces no reflejan el costo real de la prestación del servicio, existen conexiones clandestinas e ilegales. Por otra parte se detecta una limitada conciencia de esta problemática por parte de los usuarios (Sánchez y Sánchez 2004).

Mondragón (2005) realizó el análisis de la eficiencia en el uso del recurso hídrico en sistemas de agua de uso doméstico, en la microcuenca del río la Soledad, Valle de Ángeles Honduras; evaluó la capacidad de abastecimiento de la microcuenca, comparando la oferta y demanda del recurso. Determinó la oferta por medio de aforos y la demanda a través de la fórmula aritmética, número de usuarios y tasa de crecimiento poblacional.

3. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la cabecera municipal de Tepetzintla, Veracruz, México. Los terrenos de esta comunidad se encuentran parcialmente ubicados en la denominada “Sierra de Otontepec” (también conocida como Sierra de Tantima), al igual que los terrenos de los municipios de Chontla, Ixcatepec, Citlaltépetl, Tantima, Tancoco, Cerro Azul y Chicontepec.

La Sierra de Otontepec fue declarada en febrero del 2005 como Área Natural Protegida, en su categoría de Reserva Ecológica y comprende una superficie de 15 152 hectáreas (figura 2). Este macizo montañoso se ubica entre las coordenadas 97°58'30'' y 97°48'00'' de longitud oeste y 21°19'19" y 21°09'34" de latitud norte (Gaceta Oficial de Veracruz 2005).

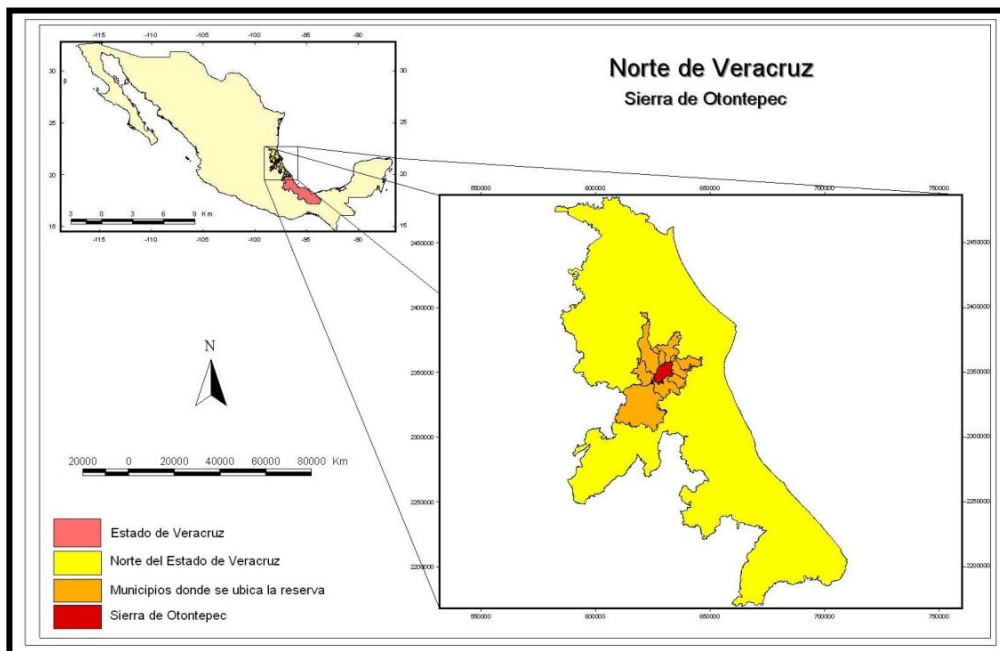


Figura 2. Mapa de ubicación de la Reserva Ecológica, Sierra de Otontepec, SEDESMA 2006.

Es específicamente en el centro de la Sierra, donde se ubica la microcuenca La Pagua (figura 3), la cual abastece de agua para consumo humano a la cabecera municipal de Tepetzintla, posee una superficie de 1149 ha. Las fuentes de agua que surgen de esta microcuenca en su conjunto, forman un arroyo principal denominado Buenavista, este arroyo y otros tributarios forman el río Tuxpan (Programa de Desarrollo de la Zona Sur de la Región de la Huasteca Veracruzana 1999-2004).

El estado de Veracruz se divide en cinco regiones hidrológicas (INAFED 2005); la microcuenca La Pagua forma parte de la región hidrológica Tuxpan-Nautla. Según el Programa Regional de la Zona Sur de la Huasteca Veracruzana (1999-2004), esta región hidrológica comprende las cuencas de los ríos Nautla, Tecolutla, Cazones y Tuxpan, así como las Lagunas de: Tamiagua, Tampamachoco, del Fuerte, Larios, 50 Heros y Laguna Chica.

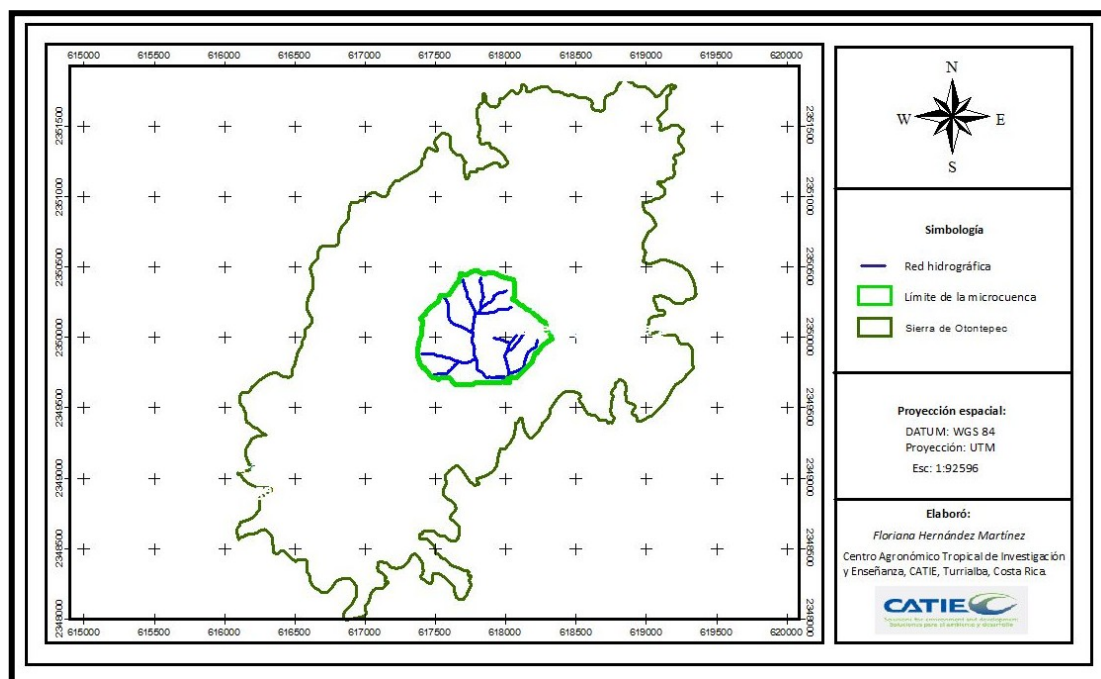


Figura 3. Mapa de ubicación de la microcuenca La Pagua, Sierra de Otontepec, Veracruz.

3.2 Descripción del área de estudio

3.2.1 Características biofísicas

Fisiografía

La región forma parte de la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte. Esta se extiende paralela a las costas del Golfo de México, desde el río Bravo hasta las estribaciones del eje neovolcánico en la zona de Nautla, limitando al occidente con la Sierra Madre Oriental. Específicamente, se encuentra dentro de la subprovincia denominada Llanuras y Lomeríos, la cual presenta algunas elevaciones aisladas (INAFED 2005).

La Sierra de Otontepec es una Sierra volcánica, escindida monolíticamente de la Sierra Madre Oriental. Se encuentra a su vez constituida por dos partes: Sierra de Tantima y el Cerro de San Juan Otontepec. Los relieves que presenta son principalmente de dos tipos: las zonas semiplanas

y las zonas accidentadas. Las primeras se encuentran en las cotas más bajas menores a los 500 msnm y están conformadas por pendientes de entre 5 y 15%. Destacan las zonas accidentadas, que forman el relieve principal, estas comienzan a partir las cotas de los 500 msnm hasta los 1320 msnm y presentan pendientes superiores a los 30%, que aumentan gradualmente conforme se asciende, llegando en las partes más abruptas a presentar rangos de pendiente de 70 a 84% (SEDESMA 2006).

El intervalo de elevación que presenta va desde los 350 msnm en las faldas de la sierra propiamente, hasta los 1320 msnm en la cúspide del Cerro Crustepec (INEGI 1996). La microcuenca La Pagua se ubica entre las cotas de los 400 y 1 250 msnm.

Geología

La Sierra de Otontepec está conformada principalmente por basaltos, rocas ígneas extrusivas de origen terciario y rocas sedimentarias (CNA 2008). Destacan como unidades geológicas, por un lado el basalto *Ts(B)*, que representa principalmente a la secuencia lávica que conforma a la Sierra de Tantima. Se han encontrado basaltos doleríticos de olivino, basaltos andesíticos de augita y basaltos de hiperstena; este conjunto se aproxima al de los basaltos calcoalcalinos. El segundo conjunto está representado por rocas alcalinas, tales como la tefrita nefelínica. Los basaltos son densos, en ocasiones se presentan en forma columnar. La unidad aparece cubriendo en forma discordante a las rocas arcillo-arenosas del Oligoceno (SEDESMA 2006).

Edafología

Según la SEDESMA (2006) los suelos presentes en la reserva son básicamente de dos tipos: el primero de ellos se encuentra en las partes bajas (entre las cotas de 250 a 500 msnm), es de tipo regosol calcárico y se encuentra asociado con cambisol cálcico, mismo que constituye la etapa inicial para la formación de otros suelos, *Rc+Bk/2* (suelo predominante regosol calcárico, suelo secundario, cambisol cálcico, clase textural media en los primeros 30 cm de suelo). Estos suelos se derivan a su vez de calizas, lutitas, areniscas y depósitos aluviales y presentan un pH ligeramente ácido en los eutrícos y levemente alcalino en los calcáreos. Cuando dichos suelos sufren la acción del intemperismo las partículas más grandes son puestas a disposición de las plantas y forman suelos medianamente fértiles donde se desarrollan selvas medianas y altas o que en su defecto son utilizados en forma de parcelas para agricultura de temporal y cultivo de pastos.

El segundo tipo de suelos se ubica en la parte alta de la sierra, entre los rangos de los 500 a 1320 msnm; está constituido en su mayor parte por suelos de tipo cambisol-crómico con altas asociaciones de litosol y luvisoles, con una fase física pedregosa, *Bc+I+Lc/2* (suelo predominante cambisol crómico, suelos secundarios litosol y luvisol crómico, clase textural media en los primeros 30 cm de suelo, fase física pedregosa hasta 100 cm de profundidad) (INEGI 2001).

Según la SEDESMA (2006) este segundo tipo de suelos se localizan en lomeríos de pendientes suaves, sierras de laderas tendidas y algunos donde los climas son templados, semi-cálidos y cálido húmedo y sub-húmedo que propician el crecimiento de una variada gama de asociaciones vegetales, se forman a partir de calizas conglomeradas, rocas ígneas y aluviones, y están constituidos por un horizonte *A* ócrico, de color pardo amarillento, pardo rojizo o gris oscuro, con textura de arena migajosa a migajón arcilloso, el cual descansa sobre un horizonte *B* cámbico, cuyo color es pardo pálido, pardo rojizo oscuro o gris muy oscuro.

Clima

Dentro del estado de Veracruz se presenta un mosaico climático compuesto principalmente por climas húmedos y subhúmedos (INEGI 2001). Los tipos de climas en la Sierra, según la clasificación de Köppen modificado por García (García 1988) son los siguientes:

Am (cálido húmedo con abundantes lluvias en verano) con una temperatura promedio que oscila entre los 18 y los 22 °C en las partes más altas (750 y 1320 msnm), aumentando hasta una temperatura media de 30 °C en la cota de los 500 msnm.

A(w) (cálido subhúmedo con lluvias en verano), el cual tiene una distribución envolvente que rodea a la sierra en la parte baja. Las estaciones climatológicas más cercanas son las de Tantima e Ixcatepec y se encuentran en la parte baja de la sierra, fuera de la poligonal de la reserva. En esta zona predomina el clima **A(w)**.

Debe destacarse que los meses con una temperatura promedio más alta ocupan el periodo de mayo a septiembre, mientras que las temperaturas más bajas a lo largo del año se presentan de diciembre a febrero. La temperatura promedio de varios meses sobrepasa los 22 °C, e inviernos suaves con temperaturas no menores a los 10 °C en los meses más fríos (Rodríguez et ál. 2004).

El periodo de lluvias, por su parte, abarca un lapso de cinco meses (de junio a octubre) observándose en el mes de septiembre la precipitación más alta. El promedio anual de precipitación es de aproximadamente 1500 mm, por lo que la zona se considera de precipitación abundante, superando los 1000 mm anuales, característica de los climas de montaña (INAFED 2005).

Con respecto a los vientos que ejercen influencia en la zona, las masas de aire tropical provocadas por los vientos alisios predominan en el periodo de lluvias y están caracterizados por cambios rápidos de dirección. El segundo tipo de corrientes que ejerce cierta influencia (aunque en menor grado) en la Sierra de Otontepec son las corrientes polares semisecas (SEDESMA 2006).

Hidrología

La Sierra de Otontepec se encuentra dentro de dos cuencas hidrológicas, pertenecientes a dos regiones hidrológicas distintas: río Pánuco (RH26A) y río Tuxpan (RH27D). La constitución orográfica de la Sierra funciona como un parteaguas lo cual resulta de suma importancia, ya que de esta Sierra se abastece directa o indirectamente de agua los municipios de la zona (Programa de Desarrollo de la Zona Sur de la Región de la Huasteca Veracruzana 1999-2004).

En la sierra se forman una serie de corrientes de agua que bajan en distintas direcciones. En la zona norte forman múltiples arroyos, veneros, manantiales y eventualmente ríos como es el caso del río Topila, que en unión de diversos tributarios forman el Estero de Cucharas, principal cuerpo de agua entre el río Panuco y el río Tuxpan, que desemboca en la laguna de Tamiahua. Se registran otras corrientes como el río Buenavista al sur de la Sierra y el Tancochín al sureste; este último desemboca también en la Laguna de Tamiahua (INAFED 2005).

Según la SEDESMA (2006) las unidades geohidrológicas de la zona de Tamiahua se agrupan en dos categorías: una de material consolidado y otra de material no consolidado, con distintas posibilidades de contener agua: alta, media y baja. En la zona de la sierra y sus alrededores se detectó la unidad de material consolidado con posibilidades bajas, la cual se encuentra en toda el área formada por rocas ígneas intrusivas y extrusivas.

Las rocas ígneas extrusivas actúan como zona de recarga, ya que se encuentran muy fracturadas y esto se manifiesta al encontrarse manantiales en su alrededor. Las rocas intrusivas están aisladas y presentan fracturamiento escaso, se manifiestan como troncos estructurales.

Debido a la erosión provocada por el acelerado desmonte, grandes porciones de la Sierra de Otontepec han perdido su capacidad de absorción, retención de agua y fertilidad. Aunado a esto, los volúmenes de escurrimiento han disminuido, lo que ha llevado a situaciones de escasez. Tal fenómeno inducido por la destrucción de los ecosistemas naturales ha causado preocupación en la opinión pública local. La calidad del agua en los manantiales es buena, sin embargo, al pasar por las zonas de asentamientos humanos esta se contamina por lo que el problema no es solamente de escasez, sino también por la contaminación (SEDESMA 2006).

3.2.2 Características biológicas

La vegetación natural en la Sierra de Otontepec se encuentra básicamente en masas altamente fragmentadas. Diversos tipos de ecosistemas coexisten y se entremezclan de manera muy dispersa o muy estrecha. Tal es el caso de la selva mediana perennifolia o subperennifolia y subcaducifolia, de encinares tropicales y del bosque mesófilo de montaña, e incluso de algunos acahuales relativamente desarrollados (Programa de Desarrollo de la Zona Sur de la Región de la Huasteca Veracruzana 1999-2004).

3.2.3 Descripción socioeconómica

Actividades productivas

La cabecera municipal de Tepetzintla cuenta con una población de 5 033 habitantes (INEGI 2005); el municipio cuenta con una extensión de 245,56 km², lo que representa el 0,84 % del total del Estado. Dentro de las principales actividades productivas, destacan la ganadería (ganado bovino de doble propósito) y el comercio (farmacias, tiendas de abarrotes, papelerías, ferreterías, materiales para construcción, entre otros), industrias (destaca una quesera propiedad de la Unión Ganadera del Norte de Veracruz. Como es tradicional en muchas partes de la República Mexicana, en la comunidad de Tepetzintla se distingue el “tianguis”, lugar donde los comerciantes se concentran y ofrecen una variedad de productos, algunos producidos en la misma región (frutas, variedad de hortalizas, carne, quesos), platillos (destaca

la venta del tradicional zacahuil, platillo típico de la Huasteca Veracruzana), así como productos de la canasta básica (maíz, frijol, arroz, entre otros), venta de ropa, calzado, aguas frescas, etc. (INAFED 2005).

Algunas familias cuentan con solares en los que producen frutas tropicales (mango, platano, naranja, mandarina, coco, chicozapote, etc.), hortalizas (cilantro, nopales jacubes); estos productos son de autoconsumo y el excedente es destinado para su venta. La venta de flores y otros productos (pan, quesos, tamales, etc.) se comercializan internamente en la cabecera municipal, en cualquier día de la semana, o bien algunas personas de las comunidades circunvecinas llegan a ofrecer estos productos a domicilio, actividad que se conoce como “ranchar”. Los pueblos de la Huasteca Veracruzana, resienten los efectos de la crisis y con ello la falta de empleos, por lo que es posible suponer que aquellos que carecen de dinero para emigrar o emprender algún negocio recurran al trabajo de ranchar para poder hacerse poco a poco de un capital (UNAM 2005).

Es típico que los habitantes combinen diversas actividades, lo que les genera una fuente importante de ingresos, así por ejemplo, un profesional en función a sus posibilidades puede dedicarse a la actividad ganadera y/o alternarlo con el comercio.

Servicios

Educación: en el aspecto educativo destaca los niveles de educación preescolar (Ovidio Decroly, Benito Juárez García y Miguel Hidalgo y Costilla), primaria (Adalberto Tejeda e Ignacio M. Altamirano), secundaria (Secundaria Técnica Agropecuaria No. 52) y nivel medio superior (Telebachillerato). Para continuar con los estudios de nivel superior, los estudiantes se trasladan a la capital del Estado, principalmente (INAFED 2005).

Salud: la cabecera municipal cuenta con un centro de salud del Estado y tiene la característica de otorgar servicios de urgencias las 24 horas del día. Así mismo, se cuenta con una ambulancia para el traslado de los pacientes; en caso de que los pacientes presenten problemas graves de salud son atendidos en las ciudades más cercanas como Cerro Azul o Tuxpan y en casos extremos de complicación son trasladados a la capital del estado (INEGI 2005).

Agua y saneamiento: el agua que se consume en la comunidad es tratada de manera manual con cloro, esta agua generalmente es utilizada para las actividades domésticas (lavar utensilios

de cocina, la ropa, riego en jardines, excusados y para bañarse), el servicio de alcantarillado no es cubierto en un 100%, existen algunas familias que cuentan con letrinas (INEGI 2005).

Otros servicios. Se cuenta con energía eléctrica, internet, teléfono, transporte privado y público.

3.3 Procedimientos metodológicos

La estructura metodológica se concretó en tres fases o etapas (figura 4), las cuales se detallan a continuación:

- a) La primera fase correspondió a la planificación y diseño. El éxito dependió de la planificación inicial de los trabajos, esta etapa consideró una reunión de información con la autoridad municipal y una serie de reuniones con el organismo operador del agua, actor clave en todo el proceso de la investigación a quienes se les dio a conocer los objetivos e importancia de la investigación, se definió el esquema metodológico y los protocolos a seguir para cumplir en tiempo y forma con las actividades planteadas en esta fase.
- b) La segunda etapa refirió a la aplicación de la metodología que respondió a cada uno de los objetivos. Para entrar en contexto de la situación del área de estudio e ir respondiendo a las preguntas de investigación, se realizó una serie de consultas bibliográficas, talleres, entrevistas, reuniones y recorridos en campo, según se describe en la metodología por objetivo.
- c) La tercera fase correspondió a la organización y análisis de la información, la elaboración de los resultados y la redacción del documento de la investigación.

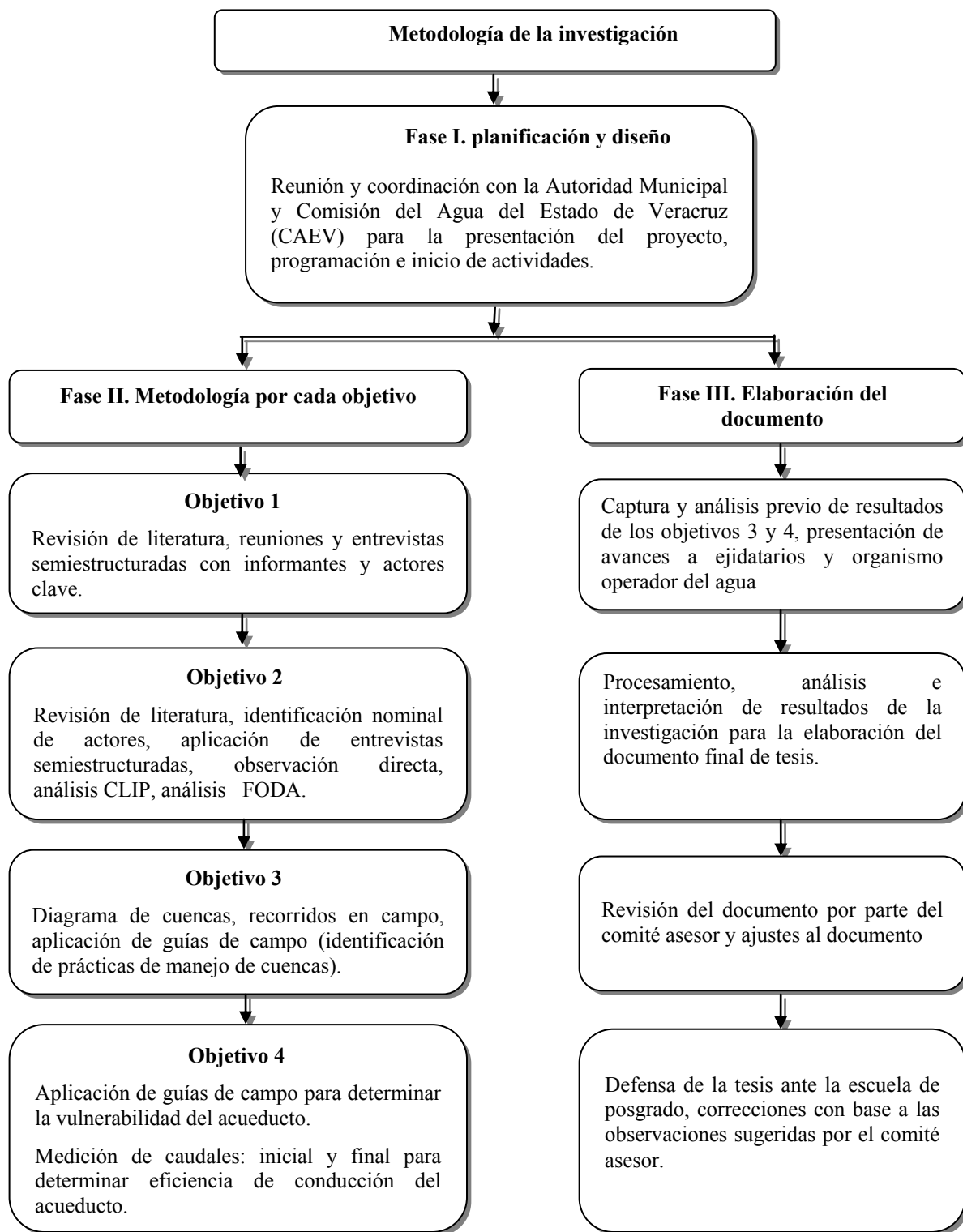


Figura 4. Proceso metodológico de la investigación

3.3.1 Metodología para el objetivo 1. Analizar el marco normativo, institucional, políticas públicas sobre el recurso hídrico para consumo humano en la Sierra de Otontepec, partiendo de la regulación estatal y federal.

a) Marco normativo

Para el análisis del marco normativo el primer paso consistió en la revisión y lectura de la documentación sobre políticas, leyes y decretos referidos al recurso hídrico existentes al nivel federal y estatal, el análisis se realizó para el uso, conservación y protección del agua, así como para el uso, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica en México, esta información sirvió como base para determinar a los actores o informantes claves que conocen del tema del agua en la zona de estudio.

Posteriormente se obtuvo un listado de informantes y actores claves y se programaron reuniones y entrevistas.

Según Geilfus (2005) los informantes clave son personas bien informadas sobre la comunidad con quienes se puede obtener información pertinente, en forma rápida, para orientar el trabajo. Se sugiere que estos sean representativos de las diferentes categorías ya sea social, de género, etc.

Sin embargo Geilfus (2005) también sugiere que los informantes claves sean seleccionados en función del tema de investigación, es decir, deben representar todas las categorías implicadas en la problemática estudiada. Lo anterior quiere decir que el informante clave es una persona que puede brindar Información precisa o detallada de su comunidad o localidad basada en su experiencia, vivencias o conocimientos sobre temas específicos. En este sentido entre los informantes claves identificados en la zona de estudio se encuentran los siguientes:

Informantes claves:

- Exjefe de la oficina operadora del agua
- Dueños de envasadoras de agua
- Integrantes de Contraloría Ciudadana (representantes de los usuarios del agua)

Con ayuda de los informantes claves, se procedió a identificar a los actores claves. Jiménez (2009) define a los actores claves a aquellos que pueden incidir en una situación, problema o acción, utilizando los medios que estén a su disposición, tales como poder, legitimidad y los vínculos existentes de colaboración y conflicto, una segunda definición de actores claves o principales son aquellos que tienen influencia preponderante en el manejo y la gestión de los recursos naturales y el ambiente en la cuenca.

Para el presente estudio, entre las razones consideradas para ubicar a los actores como claves destacan las siguientes:

Actores claves

- Por representar a la institucionalidad pública (Secretaría de Salud “SS”)
- Porque representan al gobierno local, por su poder, por sus influencias y por su representatividad política (Municipio)
- Porque representan a instituciones y tienen poder económico (CONAGUA y Comisión del Agua del Estado de Veracruz “CAEV”)

Considerando lo anterior en total se identificaron cuatro actores y tres informantes clave, a los cuales se les aplicó las entrevistas (Anexo 1).

Las entrevistas fueron realizadas con base en la metodología de diálogo semiestructurado (Geilfus 1997); esta técnica busca evitar algunos de los efectos negativos de los cuestionarios formales, como son: temas cerrados en el que no hay posibilidad de explorar otros temas, falta de diálogo y falta de adecuación a las percepciones de las personas. La guía de diálogo semiestructurado no son preguntas cerradas, tampoco es un manual rígido por lo que debe ser revisada y adaptada constantemente conforme se van obteniendo los resultados de las entrevistas.

Las entrevistas semiestructuradas se trabajaron mediante el siguiente esquema:

Análisis del marco normativo de acuerdo a los siguientes elementos:

- a) Contenido textual sobre el tema de estudio
- b) Periodo de vigencia de la normativa
- c) Responsables del cumplimiento y ejecución

- d) Recursos financieros, humanos y logísticos para su cumplimiento
- e) Grado o nivel de cumplimiento e implementación
- f) Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en la implementación de la normativa
- g) Vacíos para la implementación de la normativa

b) Marco institucional

Para el análisis del marco institucional se llevó a cabo el siguiente proceso:

- a) Identificación de las instituciones mediante:
 - ✓ Información secundaria
 - ✓ Informantes claves

Una vez identificadas las instituciones se visitó a cada una de ellas y se aplicaron entrevistas semiestructuradas (Geilfus 1997).

Las instituciones (CONAGUA, CAEV, SS y Municipio), fueron seleccionadas de acuerdo a su nivel de participación en el tema del agua para consumo humano y las entrevistas se aplicaron con base a la guía de entrevista del anexo 1. En total se realizaron cuatro entrevistas.

- a) El análisis del marco institucional incluyó los siguientes elementos:
 - ✓ Nivel de prioridad del tema en el quehacer de la institución
 - ✓ Integración del tema en los planes operativos anuales, planes a mediano y largo plazo y planes estratégicos de las instituciones
 - ✓ Asignación de recursos humanos, logísticos y financieros para la ejecución de acciones
 - ✓ Existencia de monitoreo, de avance, o de cumplimiento de metas en el tema
 - ✓ Existencia de documentación (informes, publicaciones, etc) accesibles que evidencien la existencia del tema en la agenda de la institución
 - ✓ Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de las instituciones para el cumplimiento de su responsabilidad
 - ✓ Lecciones aprendidas en gestión del agua para consumo humano

3.3.2 Metodología para el objetivo 2. Analizar con actores claves, políticos e institucionales la gestión y gobernanza del agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla.

Para cumplir con este objetivo se plantearon las siguientes acciones que se describen luego con mayor detalle:

- a) Identificación y caracterización de actores
- b) Creación de perfiles de actores
- c) Análisis de interacción de actores
- d) Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en la participación y consolidación del papel de los actores en la gestión del agua para consumo humano
- e) Percepción de los actores y usuarios del agua sobre el manejo y gestión del agua
- f) Oferta y demanda de agua proyectada para consumo humano

a) Para la identificación y caracterización de los actores claves en la gestión y gobernanza del agua se realizó una identificación nominal de actores, utilizando los siguientes métodos: identificación por parte de expertos y de informantes claves, selección propia (Jiménez 2009), también se consideraron a los actores que tienen influencia preponderante en el manejo de los recursos naturales y el ambiente en la microcuenca y que presentan las siguientes características: representan a la institucionalidad pública, tienen intereses personales, representan al gobierno local y tienen poder, tienen influencia y representatividad política.

b) Posteriormente con la información recolectada (entrevistas, revisión de literatura y observación directa) se empleó la metodología de Análisis Social CLIP (Chevalier 2006) que ayuda a crear los perfiles de los actores, con base en cuatro factores: 1) poder; 2) intereses; 3) legitimidad; 4) relaciones de colaboración y conflicto.

Los principios que rigen el análisis CLIP son los siguientes:

- Los intereses permiten identificar el nivel de participación de los actores en la gestión del agua (alto, medio o no existe interés). A partir del interés que muestre el actor, le permite influir de acuerdo al poder, la legitimidad y las relaciones sociales.
- El poder es su habilidad para utilizar los recursos que controla para lograr sus objetivos. Estos recursos incluyen la riqueza económica, la autoridad política, la habilidad para utilizar la fuerza o amenazar con utilizarla, el acceso a la información y comunicación (conocimiento y habilidades) y los medios para comunicarse.
- La legitimidad es cuando otros actores reconocen, por ley o mediante las costumbres locales, sus derechos y responsabilidades y la determinación que se muestra cuando los ejerce.
- Las relaciones sociales abarcan los vínculos existentes de colaboración y conflicto que le afectan en una situación determinada y que puede utilizar para incidir en un problema o acción.

Para facilitar el análisis del perfil del “poder” que tienen los actores con base a los cuatro recursos que plantea para el logro de sus objetivos, se formularon las siguientes preguntas orientadoras:

- a) ¿Tiene poder económico o controla el poder económico para realizar actividades de gestión y gobernanza del agua para consumo humano, comparado con los otros actores involucrados?
- b) ¿Qué grado de autoridad política ejerce y se le asigna a cada actor con relación a la gestión y gobernanza del agua?
- c) ¿Cuál es la capacidad o habilidad para usar la fuerza o amenazar en utilizarla de unos o hacia otros grupos involucrados en la gestión del agua?
- d) ¿Cuál es el nivel de información y comunicación que tiene y controla cada actor con respecto al tema en estudio?

Con base a las respuestas de las preguntas orientadoras, se establece una relación de poder entre actores, considerando desde un nivel de poder Alto (A), medio (B), bajo o sin poder (S/P).

Una vez analizado el factor “poder”, se determinaron los “intereses”, con base a las observaciones realizadas en campo, las entrevistas aplicadas permitió conocer la percepción de los intereses de los actores en el tema.

La “legitimidad” se analizó de acuerdo a la observación en campo y revisión de literatura. Obtenida la información referente al interés, poder y legitimidad de los actores se determinó a qué categoría corresponde cada uno (Cuadro 3).

Cuadro 3. Evaluación para categorizar a los actores, según la metodología de análisis CLIP

	CATEGORÍAS	CALIFICACIONES ALTAS / MEDIAS	CALIFICACIONES BAJAS / SIN CALIFICACIÓN
Alta	Dominante	PIL: Poder, Interés, Legitimidad	
	Fuerte	PI: Poder, Interés	L: Legitimidad
Media	Influyente	PL: Poder, Legitimidad	I: Interés
	Inactivo	P: Poder	L: Legitimidad, Interés
Baja	Vulnerable	IL: Interés, Legitimidad	P: Poder
	Marginado	I: Interés	PL: Poder, Legitimidad

Fuente: Chevalier 2006.

El análisis de “colaboración y conflicto”, establece una relación de cooperación y/o conflicto entre los actores involucrados; este análisis se hizo con base a la observación directa, revisión de literatura y de los resultados de las entrevistas aplicadas a los actores.

c) Para el análisis de las interacciones entre los diferentes actores relacionados con la gestión y gobernanza del agua para consumo humano, se utilizó la metodología de Análisis de Redes Sociales “ARS” (Rodríguez y Mérida 2002, Sanz 2003, Velásquez y Aguilar 2005, Clark 2006). El análisis de la interacción y de relacionamiento de actores se puede realizar con base en los siguientes aspectos: a) capacitación y fortalecimiento de capacidades, b) planificación e implementación de proyectos y acciones, c) financiamiento de actividades, sin embargo, debido a que existen muy pocos actores (cinco) relacionados con el agua de consumo humano en la microcuenca, el análisis se realizó de manera integral para toda la red, sin separarlos en componentes temáticos.

Análisis de Redes Sociales (ARS)

Las redes son definidas como un conjunto de lazos entre una serie de actores que pueden ser personas u organizaciones, que establecen relaciones y producen intercambios de manera continua, con el fin de alcanzar metas comunes en forma efectiva y eficiente. Es un sistema evolutivo de dependencia mutua, basado en relaciones de recursos y su carácter sistémico; es producto de interacciones de procesos, procedimientos e institucionalización logrado a través de un amplio y variado rango de relaciones formales e informales (Fischer 2001).

Una red se compone de tres elementos básicos: nodos o actores, vínculos o relaciones y flujos que indican la dirección del vínculo y que puede ser uni o bi-direccional (Velásquez y Aguilar 2005, Clark 2006). Para comprender estas relaciones se ha desarrollado el ARS, que cuenta con dos enfoques principales: *los actores* y *las relaciones que existen entre ellos* en cierto contexto social (Clark 2006). Consiste en determinar los vínculos y los flujos existentes entre los diferentes actores y determinar sus indicadores (densidad, centralidad, centralización, intermediación y cercanía).

Las configuraciones de las redes pueden ser representadas mediante visualizaciones las que pueden ser tan simples como las hechas a mano, o bien haciendo uso de programas informáticos que existen actualmente (PAJEK, UCINET, VISIONE), los cuales han sido creados exclusivamente para el ARS, y facilitan los cálculos de los distintos indicadores de una red y la realización de las visualizaciones o gráficos (Orozco 2006).

Los pasos realizados para la aplicación de la metodología fueron los siguientes:

1. Identificación de las instituciones y actores a través de una revisión de información secundaria y entrevistas con actores e informantes claves.
2. Aplicación de entrevistas semiestructuradas
3. Creación de las bases de datos usando los programas informáticos de “Word” y “Excel”.
4. Elaboración de las visualizaciones gráficas con ayuda del programa UCINET versión 6.289 y NetDraw 2.41 (incluido en UCINET).

d) Para analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en la participación y consolidación del papel de los actores en la gestión y gobernanza del agua para consumo humano, se aplicó el análisis FODA (IPN 2002).

Este análisis se hizo a partir de los resultados de las entrevistas aplicadas a los usuarios del agua y actores claves, así también facilitó los resultados obtenidos de las metodologías aplicadas: ARS y CLIP.

e) Para conocer la percepción de los usuarios acerca del manejo y gestión del agua, se tomó como base las 1657 tomas de agua registradas por la CAEV, con base a ello se calculó el tamaño de la muestra de usuarios a entrevistar. Se aplicaron 95 entrevistas semiestructuradas (Anexo 2); la estimación de la muestra fue obtenida mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2}{(N - 1)\frac{\beta^2}{4} + \sigma^2}$$

Donde:

N= Tamaño de la población

σ^2 = Varianza máxima de una proporción (0,25)

β = Error de estimación en las respuestas aportadas (10%)

4= Coeficiente correspondiente a un nivel de confianza del 95%

Estas entrevistas se complementaron con las realizadas a los actores principales de la gestión del agua (CONAGUA, CAEV, Municipio y SS).

Puesto que a la hora de enfocar las entrevistas a los actores locales, principalmente a la CONAGUA, SS y Municipio y notar que estos desconocen la ubicación de la microcuenca, solo se complementaron las respuestas con la de los usuarios, y con la metodología de observación participante (Barrantes 1999) realizada durante los recorridos en campo.

f) La oferta de agua en la microcuenca se determinó a través de medición de caudales, los aforos fueron realizados en época de estiaje (Julio), en el cauce natural, obra de toma y tanque de almacenamiento. Los métodos utilizados fueron: aforo con flotador y volumétrico.

Método de aforo con flotadores (Villón 2004), utilizado para determinar la oferta de la microcuenca: una forma sencilla de aproximar el valor del caudal de un cauce, es realizar el aforo con flotadores, aunque este método no es exacto, da una aproximación inicial del caudal; por la ubicación de la corriente no fue posible utilizar otro método más exacto. El método de aforo con flotadores mide la velocidad superficial (**V**) de la corriente y el área de la sección transversal (**A**), luego con estos valores, aplicando la ecuación de continuidad, se calculó el caudal con la fórmula siguiente:

Fórmula para cálculo del caudal

$$Q = V \times A$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal (m}^3\text{)}$$

$$V = \text{Velocidad (m/s)}$$

$$A = \text{Área de la sección transversal (m}^2\text{)}$$

Cálculo de la velocidad superficial de la corriente

$$V = \frac{L}{T}$$

Donde:

$$L = \text{Longitud (m)}$$

$$T = \text{Tiempo (s)}$$

El procedimiento para medir la velocidad fue el siguiente:

1. Medición de la longitud (L) del tramo AB (Figura 5).
2. Medición con cronómetro del tiempo (T) que tarda en desplazarse el flotador (tapadera plástica) en el tramo AB (se realizaron tres repeticiones).
3. Cálculo de la velocidad superficial

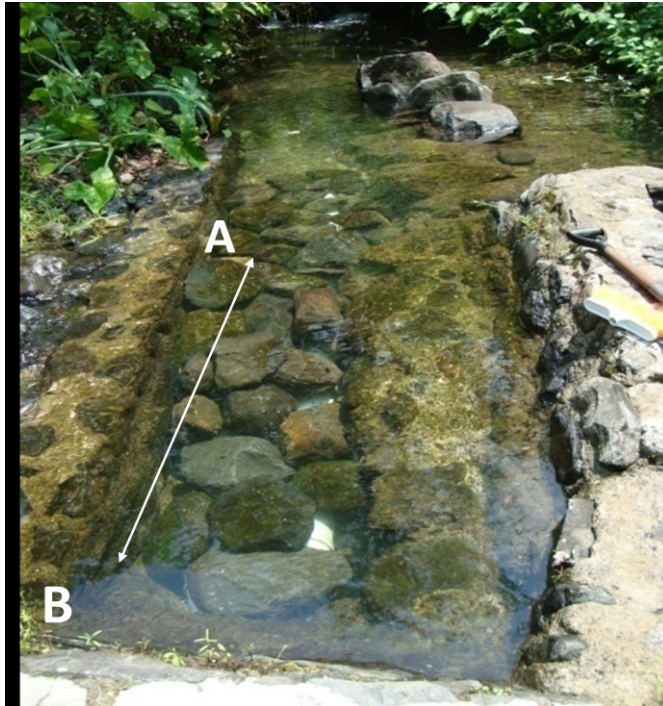


Figura 5. Medición de la longitud para determinar la velocidad de la corriente

Para el cálculo del área se realizó el siguiente procedimiento:

1. Medición del ancho de la corriente **A-B**, mediante una cinta métrica.
2. Medición de la profundidad (P1, P2, P3) de la corriente con una regla graduada, obteniéndose un promedio de la misma (Figura 6)
3. Cálculo del área promedio del cauce (área de la sección transversal).

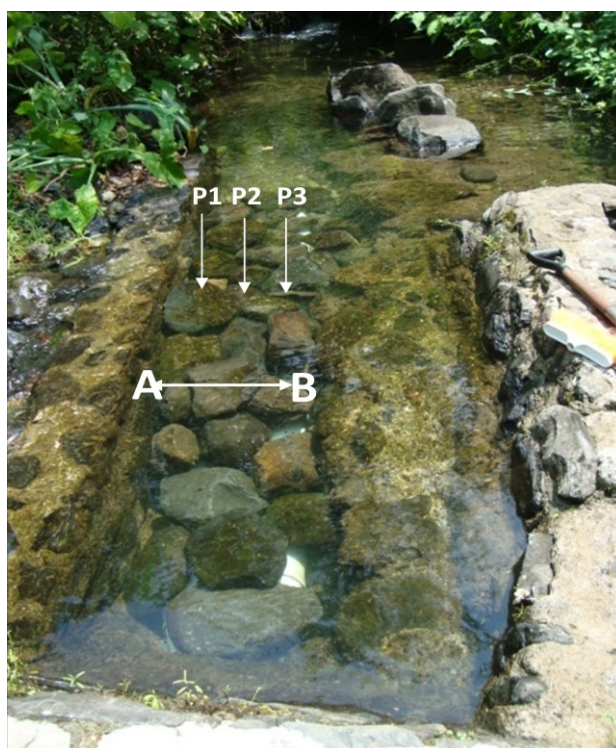


Figura 6. Medición de la profundidad y ancho del cauce para el cálculo del área

Teniendo en cuenta los valores de velocidad y área se obtuvo el caudal de la corriente, este valor, a la vez, fue considerado como la oferta de la microcuenca, ya que en esta sección del arroyo permitió realizar el aforo, sin embargo, esto es una estimación puesto que el agua fluía al mismo tiempo hacia el tanque de captación de la localidad de San José.

Método de aforo volumétrico (Villón 2004), utilizado para determinar el caudal aprovechado de la microcuenca: el método de aforo volumétrico consiste en hacer llegar a la corriente, un depósito o recipiente de volumen (V) conocido y medir el tiempo (T), que tarda en llenarse dicho depósito. Este método es el más exacto, pero es aplicable cuando se miden caudales pequeños.

Las medidas con recipiente se deben repetir tres veces y en caso de tener resultados diferentes, obtener un promedio, ya que se puede cometer errores al introducir el recipiente bajo el chorro.

El cálculo del caudal se basó en la siguiente ecuación:

$$Q = V/T$$

Donde:

Q = caudal (l/s).

V = volumen del depósito (l).

T = tiempo en que se llena el depósito (s)

Para determinar el caudal aprovechado se realizaron los siguientes pasos:

1. Medición del volumen del depósito o recipiente (V)
2. Con un cronómetro se midió el tiempo (T), requerido para llenar el depósito
3. Cálculo del caudal

Una vez conocido la oferta de la microcuenca, se determinó el caudal aprovechado (el cual fue utilizado para hacer una comparación con respecto a la demanda de agua). Las mediciones se realizaron en la obra o tanque de captación, sin embargo, en el tanque no fue posible realizar varias repeticiones, tal como lo sugiere Villón (2004), puesto que como lo comentaron los fontaneros había razones para no vaciar el tanque: 1) por no dejar de suministrarle agua a la comunidad de Tecomate, quienes se abastecen del excedente de agua de este tanque; 2) porque la línea de conducción jalaría mucho aire con riesgo de averiarse y 3) tampoco se podía vaciar completamente por su ubicación sobre la corriente, permitiendo el fluido constante al tanque.

Una forma visible que les facilita a los fontaneros identificar si hay anomalías en la cantidad de agua está basada en una línea interna en el tanque (figura 7), que muestra el nivel del agua: el nivel del agua en el tanque debe estar al mismo nivel que el agua del arroyo para que logre mantener peso y corriente y que el excedente se desplace a la captación de la comunidad de Tecomate.



Figura 7. Línea que muestra el nivel de agua en condiciones normales

La marca es el punto de referencia que define si hay suficiente o poca agua. Cuando el agua se encuentra por debajo de la línea marcada como normal (condiciones en la que se encontraba en el momento del aforo) se debe a posible obstrucción de la tubería (filtros) que conducen el agua al tanque; cuando la línea baja mucho más de lo normal y no hay obstrucciones ni fugas es porque la producción de agua en la microcuenca es poca, por lo que desvían agua de otro caudal para que aporte al arroyo que abastece a Tepetzintla.

Conociendo lo anterior y tomando como referencia la línea marcada fue como se tomó el tiempo en que demora en subir el nivel de agua hasta la línea marcada como normal.

Demanda de agua

La demanda de agua se calculó en función de la relación siguiente:

$$\text{Demanda} = [\text{Población}] \times [\text{Consumo per cápita de agua}]$$

Para el consumo per cápita se consideraron dos escenarios: el promedio establecido para América Latina y el Caribe de 150 litros diarios por habitante (PNUMA 2010) y lo reportado para México por la SEMARNAT (2005), un promedio de 264 litros diarios por habitante.

Para obtener la demanda futura se hizo una proyección del crecimiento poblacional a 20 años, utilizando el método aritmético (Jain 2001), tomando como base la población del penúltimo y último censo del INEGI (2000 y 2005 respectivamente).

Fórmula utilizada para el cálculo del crecimiento poblacional.

$$P = P2 + \left(\frac{P2 - P1}{t2 - t1} \right) (t - t2)$$

Donde:

P = Población futura

P1 = Población penúltimo censo considerado = 4 825 habitantes

P2 = Población último censo considerado = 5 033 habitantes

t = Año para el que se busca la población

t1 = Año del penúltimo censo considerado = 2000

t2 = Año del último censo considerado = 2005

Sustituyendo:

$$P = 5\ 033 + \left(\frac{5\ 033 - 4\ 825}{2005 - 2000} \right) (t - 2005)$$

Ecuación para el método aritmético: **$P = 5\ 033 + 41,6(t - 2005)$**

A partir de la ecuación anterior se hizo la proyección del crecimiento poblacional de la cabecera municipal de Tepetzintla y se multiplicó la población por la dotación de agua futura.

3.3.3 Metodología para el objetivo 3. Identificar las fuentes de agua para consumo humano, los usos de la tierra y las prácticas de manejo de cuencas en las áreas de recarga hídrica aparente de estas fuentes.

La identificación de las fuentes de agua, usos de la tierra y las prácticas de manejo de cuencas se realizaron mediante procesos participativos. El desarrollo de talleres y el acompañamiento de campo fueron fundamentales, ya que estos fueron los espacios de identificación, interpretación y análisis del área de recarga hídrica aparente. Para responder a este objetivo se hizo una adaptación de la metodología de recorridos y diagramas de cuencas (Geilfus 1997).

El diagrama de cuenca es una herramienta que se elabora a partir del mapa de la comunidad. Este es un método sencillo que se basa en los conocimientos locales. El procedimiento para los

diagramas de cuencas se realizó con un ligero ajuste al descrito por Geilfus y se describe a continuación:

1) Puesto que en un inicio se tenía la duda de quiénes son los dueños de los terrenos de la microcuenca La Pagua para invitarlos a los talleres, se empezó por apoyarse de la imagen satelital IKONOS de (Diciembre del 2006, propiedad de la CONAFOR), procediéndose a delimitar la microcuenca La Pagua, con base a las curvas de nivel. Posteriormente, con apoyo del personal de CAEV, se ubicaron algunos puntos clave (captación de agua de Tepetzintla, sitio denominado La Pagua, arroyo principal, línea de conducción de 6 y 4 pulgadas), todo ello con el fin de obtener puntos de referencia del área de estudio.

Con el análisis anterior y revisando el plan de manejo de la reserva ecológica elaborado por el Gobierno del Estado (SEDESMA 2006), para regular los usos de suelo a nivel de la Sierra de Otontepec, se encontró que la microcuenca La Pagua está conformada en parte por terrenos nacionales, ejido y propiedades particulares.

Para tener certeza de la situación de los mencionados terrenos, se indagó con el jefe de residencia de la Procuraduría Agraria (Institución de servicio social de la administración pública federal, dedicada a la defensa de los derechos de los sujetos agrarios). Esta dependencia asegura que no tiene conocimiento de la existencia de terrenos nacionales en la zona de estudio, por lo que se recurrió al personal que en su momento coordinó los estudios para la elaboración del plan de manejo de la Sierra. La explicación fue que la información la obtuvieron mediante recorridos en campo y cotejando los planos proporcionados por la Secretaría de la Reforma Agraria (Institución que proporciona certeza jurídica en la tenencia de la tierra), les facilitó los planos y justamente la parte que definieron como terrenos nacionales; la designaron de esta manera porque no encontraron evidencia documentada sobre los poseedores de estos terrenos.

Conociendo lo anterior, se realizó un recorrido de reconocimiento de la microcuenca bajo el acompañamiento del personal de CAEV.

En este recorrido se aprovechó en ubicar algunas fuentes de agua y los usos de suelo presentes en el área; así mismo se obtuvo un panorama parcial de la situación actual de la microcuenca.

2) Con apoyo del programa Arc-view 3.3 se ubicaron los puntos recorridos dentro de la zona de estudio, así como algunas fuentes de agua encontradas, se corroboraron los puntos identificados en la imagen satelital con apoyo del personal de CAEV. Esta información fue muy valiosa para convocar a los actores que deben o deberían participar en el manejo y gestión del agua. Para la identificación de estos actores se siguió el mismo procedimiento de identificación y caracterización de actores descrita por Jiménez (2009).

3) Se realizó el taller con distintos actores (institucionales, políticos), el desarrollo del taller se estructuró en tres partes: a) importancia del estudio en la comunidad (presentación del proyecto de tesis); b) análisis de la situación actual en la Sierra de Otontepec; c) Importancia del manejo y gestión integral de cuencas hidrográficas. En total participaron 15 personas (Anexo 3).

Debido a que los asistentes fueron convocados por que de alguna manera es de su competencia atender algunas de las irregularidades presentes en el área y puesto que no conocen la zona de estudio, se les explicó a detalle la situación de los terrenos y se hizo mención sobre el contenido del Decreto del Área Natural Protegida y con ello se procedió a analizar este contenido con lo que se encontró en el recorrido realizado en campo.

Una vez dado a conocer el panorama anterior, se recalcó la importancia que implica el manejo y gestión de cuencas hidrográficas, se hizo énfasis sobre la importancia de la función hidrológica de la microcuenca La Pagua, ya que abastece no solo a la cabecera municipal de Tepetzintla, sino también a las localidades de San José y Tecomate. Luego se procedió en definir que es una zona de recarga hídrica y tomando como referencia algunos puntos georreferenciados, se hizo una identificación de las posibles zonas de recarga hídrica que se pudieran encontrar aguas arriba de las fuentes de agua. Se tomó como base la identificación de los lugares que teóricamente presentan condiciones de una zona de recarga hídrica por sus características biofísicas: la pendiente, tipo de suelo permeable, tipo de roca porosa y con cobertura vegetal, usos del suelo que favorecen la infiltración (Matus 2007) y con el conocimiento local de los fontaneros de CAEV y el representante ejidal de Apachicruz, quienes conocen el área.

También se ubicaron otras fuentes de agua distribuidos en el territorio ejidal; estas fuentes de agua fueron relacionadas con el tipo y uso de suelo, por lo que facilitó la delimitación de las

zonas de recarga hídrica aparente. Por la importancia del tema presentado y por sugerencia del ejidatario participante en el taller, se programó un segundo taller para difundir la información al resto de los ejidatarios. Posterior a ello, se programó un segundo recorrido a campo en donde además de ubicar los nacimientos de agua y usos de suelo se analizó las prácticas de producción desarrolladas en la zona.

4. La información final obtenida en campo fue procesada mediante el programa ArcView. El uso de una imagen del satélite SPOT (2004) propiedad del Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) y otra imagen satelital IKONOS (2006) propiedad de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), permitió realizar una comparación de los cambios en el uso de suelos en ese periodo corroborando esos usos con los recorridos realizados en campo para conocer si hubo variación al año 2010, es decir a cuatro años más.

Con base al análisis anterior se generaron los mapas de uso del suelo, de ubicación de fuentes de agua y de la red hidrográfica. Con la información obtenida se realizó una evaluación y análisis general tanto con los ejidatarios y personal de la CAEV, de manera independiente con cada uno de ellos, para dar a conocer la situación hidrológica de la microcuenca.

Para la identificación y caracterización de las prácticas de manejo de cuencas que se realizan alrededor de las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica aparente, se utilizó la metodología propuesta por Jiménez (2009), aplicándose el muestreo por usos de suelo (bosque no perturbado, bosque perturbado, bosque ribereño, ganadería y acahual), puesto que la metodología no contempla una evaluación en acahuales, bosque ribereño y bosque perturbado, se consideró la misma guía de prácticas de producción y conservación forestal. El número de unidades de uso del suelo en los que se aplicó la metodología se definió considerando la superficie de cada uno de los usos de suelo, resultando en la siguiente distribución (Cuadro 4):

Cuadro 4. Unidades de uso de suelo según superficie

USO DE SUELO	SUPERFICIE (ha)	UNIDADES DE SUELO
Bosque no perturbado	597	5
Bosque ribereño	238	5
Bosque perturbado	49	5
Ganadería	183	4
Acahual	82	2
Total	1149	21

La metodología presenta una serie de indicadores que están acordes a las variables referentes al uso de prácticas pecuarias o forestales y de manejo y protección del agua. Parte de una visión negativa, en el sentido de que buscan determinar el número de fincas que tienen pocas o ninguna de esas prácticas, la cual estaría interfiriendo con un manejo adecuado de los recursos naturales en la cuenca. El cambio en el futuro en el número de prácticas adecuadas o inadecuadas será indicativo del manejo que está recibiendo la cuenca y será fundamental para la planificación y toma de decisiones por parte de los actores locales y externos con participación y responsabilidad en su gestión.

Finalmente para conocer la calidad de agua que se consume en la cabecera municipal de Tepetzintla, se investigó con el director del centro de salud si existe información sobre calidad de agua y su relación con indicadores de salud.

3.3.4 Metodología para el objetivo 4. Analizar la vulnerabilidad y eficiencia de conducción del agua, en los sistemas de agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla.

a) Vulnerabilidad

El primer criterio para el análisis de los acueductos, vistos como sistemas hídricos integrados fue la identificación de los actores claves (Chevalier y Buckles 2006; Jiménez 2009) responsables de la gestión del agua en la cabecera municipal de Tepetzintla. Una vez identificado a los actores, se realizó un taller en donde se dio a conocer la mecánica de trabajo y la metodología a aplicarse.

Con la información anterior se realizaron recorridos en campo para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano, siguiendo la metodología propuesta por Mendoza (2008), la cual se basa en una serie de indicadores para cada uno de los componentes que integran el sistema.

La metodología consideró los siguientes componentes del sistema hídrico para consumo humano:

1. Zona de recarga hídrica (microcuenca)
2. Fuente de abastecimiento de agua
3. Toma de agua y obra de captación
4. Línea de conducción
5. Tanque de almacenamiento
6. Red de distribución
7. Tratamiento del agua
8. Uso y manejo del agua en el hogar
9. Manejo de aguas post-uso
10. Gestión administrativa

Para cada componente se definen sus respectivos indicadores, el número de indicadores varía desde tres hasta catorce para cada componente. El estándar para el análisis de vulnerabilidad consta de 10 componentes y 63 indicadores. Cada indicador se caracteriza para facilitar la evaluación en cinco categorías (0 al 4), (Cuadro 5).

Cuadro 5. Caracterización y valoración de la vulnerabilidad

CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
Muy alta	4
Alta	3
Media	2
Baja	1
Muy baja o nula	0

Fuente: Mendoza 2008

Con respecto a lo anterior se parte de la premisa que entre mayor es la valoración asignada, mayor es el grado de vulnerabilidad de ese componente en el sistema.

Conociendo lo antes expuesto, se calculó la vulnerabilidad y porcentaje promedio por componente y posteriormente se categorizó (Cuadro 6), utilizando la escala de valoración propuesta por Reyes (2003), quien realizó un estudio de Análisis de vulnerabilidad en la microcuenca del Río Talgua, Honduras. Obteniéndose de esta manera la vulnerabilidad global del sistema de abastecimiento.

Cuadro 6. Escala de valoración de la vulnerabilidad

PORCENTAJE DE VULNERABILIDAD	CARACTERIZACIÓN
0,0-19,9	Muy baja
20,0-39,9	Baja
40,0-59,9	Media
60,0-79,9	Alta
80,0-100	Muy alta

Fuente. Reyes 2003

Una vez realizado lo anterior se discutió cada uno de los componentes y sus respectivos indicadores con el personal de la CAEV.

La vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano se calculó bajo dos escenarios:

En el primer escenario se le dio el mismo peso a todos los componentes y en el segundo escenario se le otorgó un peso relativo a cada componente, tomando como base el conocimiento que tiene el personal de CAEV del sistema, complementándolo con lo visto en campo durante los recorridos, a fin de darle un mayor peso a los que se consideran más importantes o críticos.

Otorgar un peso relativo a cada componente dentro del mismo sistema es importante, ya que aunque todos los componentes son parte fundamental, no todos influyen en el mismo grado. Al marcar una diferencia entre los componentes se puede determinar con mayor precisión la vulnerabilidad del sistema de agua para consumo humano.

b) Eficiencia de conducción del agua en el acueducto de Tepetzintla

Para evaluar la eficiencia en la conducción del acueducto, previo al tanque de almacenamiento, se realizaron mediciones volumétricas del caudal (l/s), es decir lo que sale en

la tubería una vez que pasó por el tanque de captación (caudal inicial) y en el tanque de almacenamiento, previo a la distribución a los usuarios (caudal final). Para ambos casos se utilizó el método de aforo volumétrico (Villón 2004). Estos cálculos se realizaron durante el mes de junio (época más seca).

Cálculo del caudal inicial

Para determinar la cantidad de agua que sale por la tubería o línea de conducción (Figura 8), una vez que pasó por el tanque de captación, se realizó mediante el método de aforo volumétrico utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q = caudal (l/s).

V = volumen del depósito (l).

T = tiempo en que se llena el depósito (s).



Figura 8. Cálculo del aforo de salida mediante el método de aforo volumétrico

Cálculo del caudal final

Para el cálculo del caudal final (el agua que llega al tanque de almacenamiento) se utilizó la misma ecuación del método volumétrico.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q = caudal (l/s).

V = volumen del depósito (l).

T = tiempo en que se llena el depósito (s).

Conociendo los valores de caudales de entrada y salida, se calculó la eficiencia de conducción mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia de conducción (EF)} = \frac{\text{caudal final}}{\text{caudal inicial}} \times 100$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos del estudio se analizan en el mismo orden de los objetivos específicos:

- a) Marco normativo, institucional, políticas públicas sobre el recurso hídrico para consumo humano en la Sierra de Otontepec.
- b) Actores políticos e institucionales en la gestión y gobernanza del agua para consumo humano.
- c) Fuentes de agua para consumo humano, usos de la tierra y prácticas de manejo de cuencas en las áreas de recarga hídrica aparente de estas fuentes.
- d) Análisis de vulnerabilidad y eficiencia de conducción del agua en los sistemas de agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla.

4.1 Marco normativo sobre uso, conservación y protección del agua y de zonas de recarga de agua para consumo humano en México

Según la percepción de los actores (CONAGUA y CAEV), las leyes que abordan el tema de agua en general a nivel federal es la Ley de Aguas Nacionales y a nivel estatal es la Ley No. 21 de Aguas del Estado de Veracruz, sin embargo, los entrevistados no hacen una distinción entre las Leyes que abordan específicamente el tema de uso, conservación y protección del agua, ni las leyes que hacen referencia a las zonas de recarga hídrica, por lo tanto, es menos específico aún el contenido de los decretos y políticas. Solamente hicieron mención de la Ley de Aguas Nacionales y la Ley No. 21 de Aguas del Estado.

Para complementar las respuestas de los actores se hizo una revisión de literatura, por lo que hablar del agua en México requiere iniciar con su marco político básico.

En primer término tenemos que la Legislación Ambiental en México se basa en el Artículo 27 de la Constitución Política de 1917, la cual establece los principios de conservación, soberanía de la Nación sobre los recursos, modalidades a la propiedad, distribución de la riqueza natural y establece como debe ser el manejo de los recursos naturales y quiénes pueden adquirir el dominio de las tierras y aguas de la Nación.

Siguiendo el esquema jerárquico del marco normativo, se tiene que la gestión del agua en México se rige a través de la Ley de Aguas Nacionales; esta Ley establece en su Artículo Primero: “La presente Ley es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable”.

Más adelante, la misma Ley establece en su Artículo 2: “las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo”.

Puesto que el agua es propiedad de la Nación, es responsabilidad de cada uno de los Estados de la República Mexicana, reglamentar lo referente al recurso agua. Por lo tanto, en el área de estudio, la regulación de las aguas tiene su fundamento en la Constitución Política del Estado de Veracruz, misma que a través de la Ley No. 21 de Aguas del Estado, en el Artículo 1, establece las bases de coordinación entre los ayuntamientos y el Poder Ejecutivo del Estado, en materia de agua.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se presenta un compendio de instrumentos legales (Cuadro 7) relacionados con el recurso hídrico en México tanto en el ámbito federal como estatal, en el cual se señalan los artículos y temáticas que aborda cada uno de ellos, en específico en el tema de uso, conservación y protección del agua y sobre el uso, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica en México.

Cuadro 7. Instrumentos legales relacionados con el recurso hídrico en México.

INSTRUMENTOS	ARTÍCULOS	TEMÁTICA
Instrumentos legales sobre uso, conservación y protección del agua en México		
Ley de Aguas Nacionales Última Reforma DOF 18-04-2008	Artículo 1 Artículo reformado y publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) 29-04-2004	Regula la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas propiedad de la Nación, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.
Ley de Aguas Nacionales	Capítulo 1 Aguas nacionales Artículo 16 Artículo reformado y publicado en el DOF 29-04-2004	Establece reglas y condiciones para el otorgamiento de las concesiones, para explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales.
Ley de aguas nacionales	Título noveno Bienes Nacionales a Cargo de la Comisión Nacional del Agua Artículo 118 Artículo reformado y publicado	Regula la explotación, uso y aprovechamiento del agua por personas físicas o morales mediante concesión que otorgue “la Autoridad del Agua”.

en el DOF 29-04-2004

Ley de Aguas Nacionales	Capítulo 1 Prevención y control de la contaminación del agua Artículo 86	Establece que son atribuciones de la autoridad del agua promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura federal, los sistemas de monitoreo y los servicios necesarios para la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas hidrológicas y acuíferos.
Ley de Aguas Nacionales	Artículo 140	Hace referencia a los parámetros y límites máximos permisibles contenidos en las normas oficiales mexicanas que emitan las autoridades competentes en materia de descarga de aguas residuales y para el tratamiento de agua para uso o consumo humano.
Ley de Aguas Nacionales	Capítulo único Artículo 3	Establece que la ribera o zona federal debe ser de diez metros de anchura contigua al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura en el mar. En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos. Estas fajas se delimitarán en los ríos a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de estos en el mar. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, escurrimiento que se concentre desde una depresión topográfica y forma una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser cuando menos de 2.00 metros de ancho por 0.75 de profundidad.
Reglamento de la Ley de aguas nacionales	Artículo 5º	Establece que la Comisión Nacional del Agua para fijar la extensión de las zonas de protección de las presas, estructuras hidráulicas e instalaciones conexas, se sujetará a las condiciones de seguridad y del necesario mantenimiento y operación eficiente de la infraestructura hidráulica, así como sus ampliaciones futuras, según se desprenda de los diseños respectivos, y en todo caso la anchura de la franja alrededor de la infraestructura no excederá de 50 metros.
Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente Última reforma publicada DOF 23-02-2005 Emitida mediante	Capítulo I Aprovechamiento Sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos Artículo 90	Establece que la SEMARNAT, en coordinación con la Secretaría de Salud, expedirán las normas oficiales mexicanas para el establecimiento y manejo de zonas de protección de ríos, manantiales, depósitos y en general, fuentes de abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones e industrias, y promoverá el establecimiento de reservas de agua para consumo humano.

Decreto		
Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Artículo 122	Prohíbe la descarga de aguas residuales sin el tratamiento para satisfacer los criterios sanitarios, residuos peligrosos que conlleven riesgos para la salud pública a cuerpos de agua que se destinan para uso o consumo humano.
Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Sección II Tipos y características de las Áreas Naturales Protegidas Artículo 53	Establece que las áreas de protección de recursos naturales son aquellas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal.
Ley General de Salud Publicada en el DOF 07-02-1984 Últimas reformas publicadas DOF 27-04-2010	Artículo 65	Establece que las autoridades sanitarias, educativas y laborales, en sus respectivos ámbitos de competencia, apoyarán y fomentarán: IV. Acciones relacionadas con educación básica, alfabetización de adultos, accesos al agua potable y medios sanitarios de eliminación de excreta.
Ley General de Salud	Capítulo IV Efectos del ambiente en la salud Artículo 118 Corresponde a la Secretaría de salud:	II. Emitir las normas técnicas a que deberá sujetarse el tratamiento del agua para uso y consumo humano; III. Establecer criterios sanitarios para la fijación de las condiciones particulares de descarga, el tratamiento y uso de aguas residuales o en su caso, para la elaboración de normas oficiales mexicanas ecológicas en la materia.
Ley No. 21 de Aguas del Estado de Veracruz-Llave	Artículo 64	Establece que el servicio público de suministro de agua potable se prestará considerando los siguientes usos: I. Doméstico; II. Comercial; III. Industrial; IV. Público; V. Público Urbano; VI. Recreativo; y VII. Los demás que se den en las localidades del Estado.
Ley No. 21 de Aguas del Estado de Veracruz-Llave	Artículo 65	Establece que el uso doméstico siempre tendrá prioridad con relación a los demás usos.
Ley No. 21 de Aguas del Estado de Veracruz-Llave	Artículo 112	Establece que la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas de jurisdicción estatal, por los particulares o por las dependencias y entidades de la administración pública federal, estatal o municipal, se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo de Estado, a través de la Comisión.
Ley No. 21 de Aguas del Estado de Veracruz-Llave	Artículo 137	Establece que los usuarios de las aguas de jurisdicción estatal, y los de los servicios públicos de agua potable, drenaje y tratamiento y disposición de aguas residuales, deberán conservar y mantener en óptimo estado sus instalaciones hidráulicas para evitar fugas y desperdicios de agua, así como para contribuir a la prevención y control de la contaminación del recurso y al pago de los servicios ambientales
Ley número 62 Estatal de Protección Ambiental publicada en la gaceta oficial del estado 30 de junio del 2000	Artículo 1.	Tiene por objeto, la conservación, la preservación y la restauración del equilibrio ecológico, la protección al ambiente y la procuración del desarrollo sustentable, de conformidad con las facultades que se derivan de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y disposiciones que de ella emanen.

Ley número 62 Estatal de Protección Ambiental	Artículo 115	II.- Establece que se deben ejecutar acciones de carácter técnico y administrativo en la explotación, uso o aprovechamiento de aguas estatales, entre la SEMARNAT en coordinación con los municipios.
Ley No. 62 Estatal de Protección Ambiental	Capítulo II Prevención y Control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos Artículo 147	Establece que para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos, áreas boscosas, selváticas, el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua y la capacidad de los acuíferos. Corresponde al estado y municipio conservar la calidad de las fuentes de agua.
Ley General de protección Civil Última reforma publicada DOF 24-04- 2006	Artículo 30	Establece que le compete a la Federación, sin perjuicio de lo que en términos de las disposiciones locales les corresponda, realizar a las entidades federativas y municipios acciones de emergencia para dar atención a las necesidades prioritarias de la población, particularmente en materia de protección, entre las que destaca la reanudación de abastecimiento de agua.
Instrumentos legales sobre uso, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica en México		
Ley No.21 de Aguas del Estado de Veracruz	Artículo 10	Establece que para el establecimiento, conservación y desarrollo del Sistema Veracruzano del Agua, se declara de utilidad pública: La prestación de los servicios de suministro de agua en bloque, agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales, a los centros de población y asentamientos humanos urbanos y rurales del estado, incluyendo la planeación, diseño, construcción, ampliación, rehabilitación, conservación, mantenimiento, administración y recuperación de las obras necesarias, la generación de agua y la identificación y protección de zonas de recarga de mantos hídricos.
Ley 21 de Aguas del Estado de Veracruz	Artículo 30	Establece que los ayuntamientos o, en su caso, los organismos operadores municipales a que se refiere el artículo 3 de esta Ley, prestarán los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales. Asimismo realizarán la construcción de las obras públicas necesarias para la prestación de dichos servicios y cobrarán al usuario las tarifas o cuotas correspondientes; realizarán acciones tendientes a la generación de agua y a la declaratoria de zonas de conservación a las que se determinen como de recarga de mantos y promoverán el pago de los servicios ambientales.
Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al ambiente Última reforma publicada DOF 23-02- 2005 Emitida mediante Decreto	Artículo 1º	Establece la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción

Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al ambiente	Artículo 88	Establece que para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos y áreas boscosas y selváticas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, y la capacidad de recarga de los acuíferos.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable Última Reforma publicada en el DOF 24-11-2008	Artículo 28	Establece que la CONAGUA y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) establecerán coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a fin de desarrollar acciones y presupuestos tendientes al manejo integral de las cuencas, así como para promover la reforestación de zonas geográficas con vocación natural que beneficien la recarga de cuencas y acuíferos, en la valoración de los bienes y servicios ambientales de los bosques y selvas en las cuencas hidrológico-forestales y participar en la atención de desastres o emergencias naturales.
Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con categoría de Reserva Ecológica, en el área que conforma la Sierra de Otontepec, en el Estado de Veracruz	Publicado en la Gaceta Oficial del Estado, No. 43, marzo de 2005	Documento normativo que indica cuales deben ser los usos del suelo tomando en cuenta la altitud de la Sierra, entre las propuestas que señala el documento está preservar los servicios ambientales (captación de agua), hace énfasis en la importancia que ésta representa por ser una zona de recarga de mantos acuíferos.

Políticas sobre uso, conservación y protección del agua en México

Con base al artículo 26 de la Constitución Política de México, en el que establece que todo proyecto nacional, se hará mediante la participación de los diversos actores sociales y recogerá las aspiraciones y demandas de la sociedad para incorporarlas al plan y los programas de desarrollo. Para ello habrá un Plan Nacional de Desarrollo al que se sujetarán obligatoriamente los programas de la Administración Pública Federal.

Con base a lo anterior, el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 es el documento rector de la política pública y está sustentado en gran parte en la perspectiva del futuro para México a la vuelta de 23 años, de acuerdo con lo establecido en la Visión México 2030. En el Plan se establecen los objetivos y estrategias nacionales para cada uno de los cinco ejes de política que lo componen, así como un conjunto de metas asociadas a ellos. En este contexto, el Programa Nacional Hídrico incorpora los objetivos, estrategias y metas que se establecen en el Plan Nacional de Desarrollo en relación con el manejo y preservación del agua.

Entre los ocho objetivos considerados en el Plan Hídrico y que de alguna manera están relacionados con el uso, manejo y conservación del agua, así como con el uso, manejo y protección de las zonas de recarga hídrica se encuentran los siguientes:

- a) Promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos
- b) Mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico
- c) Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.
- d) Prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos y atender sus efectos.

Teniendo un panorama general de la normativa relacionada con el agua en México, queda claro que el marco jurídico en materia de agua es la Constitución de 1917, la reforma realizada en 2008 tan solo faculta a los municipios para la prestación de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales (Artículo 115 de la Constitución), y deja en manos del nivel federal lo relacionado con la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos (Artículo 27 de la Constitución).

Por su parte, la LAN otorga facultades exclusivas al Ejecutivo Federal para legislar y administrar en materia de aguas nacionales (Artículo 4 de la LAN) y establece que la participación de los usuarios y particulares será promovida por el Ejecutivo Federal, solo en términos de la realización y administración de las obras y de los servicios hidráulicos (Artículo 5 de la LAN). Se puede observar entonces que aún con las reformas hechas a la Ley, el marco para que la sociedad acceda a los niveles de decisión continúa siendo un espacio muy estrecho, y en última instancia, la decisión última continúa en manos del nivel federal.

Siguiendo con el análisis de la LAN, en materia de Consejos de Cuenca (Figura 9) la LAN los establece como instancias de coordinación y concertación (Art. 13 de la LAN), por tanto, carentes de facultades normativas se apoyan en la facultad que la propia Ley otorga a la CONAGUA.



Figura 9. Estructura organizativa del consejo de cuencas, CONAGUA 2006

Quizás los consejos de cuencas deberían ser más eficaces, democráticos, con mayor apertura hacia los usuarios, deben mostrar presencia en coordinación de sus organizaciones auxiliares a nivel de cuenca o macrocuenca (Consejo), subcuenca (Comisión) y microcuenca (Comité), puesto que los usuarios y demás actores en muchas ocasiones muestran apatía o desinterés en el manejo y gestión integral del recurso hídrico, como lo es el caso de la cabecera municipal de Tepetzintla Veracruz.

El artículo 9 de la LAN, señala que la CONAGUA en el ejercicio de sus atribuciones, se organiza en dos modalidades: a) a nivel nacional y b) a nivel regional hidrológico-Administrativo, a través de sus organismos de cuenca.

Los Organismos de Cuenca, en las regiones hidrológico-administrativas son unidades técnicas, administrativas y jurídicas especializadas, con carácter autónomo que la Ley les confiere (Artículo 12 BIS 1). Tepetzintla, pertenece al Organismo de Cuenca Golfo Centro, con sede en Xalapa Veracruz, para que los usuarios tengan más acceso a la información que maneja la CONAGUA, se estableció una ventanilla única con cede en Tuxpan Veracruz, con el fin de brindar mayor atención a los usuarios que se encuentren a los alrededores de esta ciudad, actualmente atienden a 26 municipios. (Comunicación personal del Lic. Heraclio Bautista, responsable de la atención a usuarios en la Ventanilla Única de la CONAGUA 2010).

A pesar de este intento por acercarse a los usuarios, según lo manifestó el responsable de Ventanilla Única, no se cuenta con suficientes recursos tanto económicos como humanos, lo cual les impide el acceso directo hacia los usuarios.

Con lo anterior se comprueba que los actores continúan trabajando de manera independiente, cuando deberían aprovechar los espacios para involucrarse e interactuar para enfrentar los desafíos más urgentes con respecto a la gestión del agua, por el contrario, el problema sigue incrementándose ya que otras comunidades que se abastecen de agua de la Sierra de Otontepec, (misma Sierra en donde se ubica la microcuenca en estudio) en más de una ocasión han comenzado a sentir la escases de agua, por lo que comienza a originarse conflictos por su acceso, al grado de que algunos usuarios tienden a desviar el agua directamente de donde esta surge, con riesgo de no considerar el caudal ecológico (comentarios recopilados en la reunión de la Asociación Regional de Silvicultores de la Sierra de Otontepec, Veracruz, Junio 2010).

El problema anterior se debe a que los usuarios de las zonas rurales desconocen de la existencia del organismo operador más cercano para reportar estas anomalías, se ve agravado aún más, en las zonas urbanas ya que al no fluir la información sobre la importancia del manejo de las cuencas hidrográficas, de las responsabilidades que cada uno de los usuarios debe tener con el cuidado del agua y al no compartirse o intercambiar la información con sustento técnico o científico, simplemente se carece de bases por parte de los llamados “líderes”, fluyendo la información de manera errónea hacia los usuarios, tendiendo a politizarse la gestión del agua.

Por lo anterior, mediante la actual estructura de los consejos de cuenca se deben aprovechar los espacios para fortalecer las capacidades locales, incentivar la participación para que los mismos actores locales participen en el proceso de planeación y toma de decisiones, asumir su papel de instancia colegiada para prevenir y dar cauce a los conflictos asociados a la distribución y usos del agua.

Aprovechar el espacio que mensualmente tiene el Comité Regional de Silvicultores de la Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR), Sierra de Otontepec, es una oportunidad para que el responsable de la Ventanilla Única de la CONAGUA y personal de la CAEV, asistan a estas reuniones y tengan más interacción con los usuarios y otras instancias de gobierno que conforman el Consejo Consultivo adscritos al Organismo de Cuenca, entre los que se citan a la

SEMARNAT, Secretaría de Salud, Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Comisión Nacional Forestal, CONAGUA, etc. (Artículo 12 BIS 2, de la LAN).

La CONAGUA debe promover el esquema institucional de los consejos de cuencas (consejo, comisión, comité) ya que este es confuso, sobre todo cuando no se tiene una figura sólida que permita a quién y dónde recurrir en caso de que se presenten problemas, situaciones, demandas y necesidades de agua en una cuenca, sobre todo en las zonas rurales; en el caso de las zonas urbanas donde existe un convenio de prestación de servicios públicos de agua potable, drenaje y saneamiento con la Comisión del Agua del Estado, los usuarios pierden el sentido de apropiación en el manejo del recurso hídrico, dejando totalmente en manos del Organismo Operador la gestión del agua.

La misma LAN otorga también las facultades a otras instituciones para coordinarse con la CONAGUA, sin embargo, en la zona de estudio parece que existe poco interés y disposición de los actores para involucrarse en la gestión coordinada del recurso hídrico.

Ahora bien, revisando el Plan Nacional Hídrico, no se percibe dentro de sus estrategias por objetivos que haga énfasis específicamente sobre agua para consumo humano, aborda la cuestión del agua a nivel general.

En términos del uso, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica, el Plan Nacional solo tiene un objetivo referente a promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos, sin embargo, este objetivo está enfocado a promover la recarga de acuíferos artificiales.

Vigencia de la normativa

En entrevista con el exjefe de la CAEV (2010), comentó que la normativa entra en vigor una vez publicada en el Diario Oficial de la Federación, no se establece el periodo de vigencia, solo se van reformando algunos artículos conforme se vayan requiriendo, pudiendo o no ser concertadas con la población.

Las políticas por lo contrario, se establecen de acuerdo al periodo de gobierno, en este caso es por un periodo de seis años y se reajusta dependiendo del sexenio.

Las ordenanzas regularmente son manejadas a nivel municipal, en este estudio no se tuvo evidencias de tal información por parte del Municipio.

Responsables del cumplimiento y ejecución

Los responsables de dar cumplimiento a las leyes a nivel federal es la CONAGUA y a nivel estatal la CAEV, sin embargo estas instancias se coordinan con otras instituciones y organismos según la CONAGUA (2007), entre los que se destacan en realizar acciones sobre el uso, conservación y protección del agua en el área de estudio, específicamente se encuentra el Municipio y la Secretaría de Salud.

Con respecto a las acciones sobre uso, conservación y protección de las zonas de recarga, no se está desarrollando ninguna actividad, incluso el personal de la CAEV considera que este es un tema nuevo y que poco se conoce hasta el momento, sin embargo, el gobierno del Estado de Veracruz ha emprendido importantes iniciativas con respecto a este tema, en específico para la Sierra de Otontepec. Una de las razones por el cual esta Sierra fue declarada como ANP es por su importancia que representa al ser una zona de recarga de mantos acuíferos (Gaceta Oficial del Estado de Veracruz 2005), sin embargo, en la práctica no se ha delimitado los terrenos nacionales desde la publicación del Decreto, tampoco se han fomentado los espacios de concertación entre los actores involucrados para encaminar actividades conjuntas y se reduzcan los impactos ocasionados por los cambios en los usos del suelo.

Así mismo en el 2008, el gobierno del Estado, publicó las reglas de operación del fideicomiso público para la conservación, restauración y manejo del Agua, de los Bosques y las Cuencas (FONDO “ABC”). La mecánica operativa de este fondo se fundamenta en el Ordenamiento Ecológico (Artículo 34, Reglas de Operación del Fondo ABC publicado en la Gaceta Oficial del Estado), por lo que en este sentido existe la oportunidad de conseguir recursos económicos que incentiven el manejo y gestión del recursos hídrico a nivel de cuencas hidrográficas.

Otra importante iniciativa que se encuentra operando a favor de la protección del medio ambiente en la Sierra de Otontepec, es la Fundación Pedro y Elena Hernández, A. C. quienes a través de un Fideicomiso con la CONAFOR, promueven el pago por servicios ambientales. En este sentido se pueden establecer alianzas estratégicas para promover proyectos de conservación y protección en la zona de recarga hídrica en coordinación con los dueños de los terrenos.

Recursos financieros, humanos y logísticos para su cumplimiento

Tanto las respuestas del personal de la CONAGUA como de la CAEV concuerdan en que el recurso con el que disponen para operar no es suficiente, por lo tanto hay poco personal trabajando en el tema del agua, lo cual los limita a realizar sus actividades de manera oportuna.

La CAEV en teoría, debería ser auto sostenible pero con la tarifa que pagan los usuarios no es suficiente para sufragar los gastos de operación y mantenimiento del acueducto.

El personal de la CONAGUA, responsable de la Ventanilla Única, opinó que el presupuesto para operar lo realizan anualmente, lo autoriza la CONAGUA a nivel Federal y estos a su vez destinan la partida presupuestada para la gestión del agua.

Grado de cumplimiento e implementación de la normativa en la zona de estudio

Una vez revisado la normativa existente en la zona de estudio, se determinó que las actividades del organismo operador básicamente se concentran en la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua para uso y consumo humano. El mantenimiento abarca desde la toma de agua y obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, red de distribución, tratamiento del agua, uso y manejo del agua en el hogar.

Para cuestiones de saneamiento, se tiene instalado una planta de tratamiento de aguas residuales, sin embargo aún no entra en operación por falta de recursos económicos y está por definirse si lo operará la CAEV o bien la cabecera municipal de Tepetzintla.

Por la situación de la misma normativa, en la que no se tienen bien definidas las acciones a realizar específicamente en la zona de recarga hídrica, el organismo operador no está desarrollando ninguna actividad para conservar la zona de recarga.

Por lo tanto, en términos generales, se puede decir que la normativa referente al uso, conservación y protección del agua tanto a nivel estatal como federal se cumple a medias. Entre las limitantes se encuentra el recurso económico, lo que conlleva a la contratación de poco personal que no se da abasto con los trabajos encomendados. En el caso de Tepetzintla, el organismo operador se ve en la necesidad de contratar mano de obra eventual, cuando así lo requiere.

Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para la implementación de la normativa

En entrevista con los organismos con mayor responsabilidad en la gestión del agua, se realizó un análisis FODA, rescatándose las principales Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas existentes para la implementación de la normativa, las cuales se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis FODA en la implementación de la normativa sobre el uso, conservación y protección del agua y de sus zonas de recarga de aguas en la microcuenca La Pagua.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Contar con una Ley de Aguas que regula la gestión del agua en el Estado, así como el respaldo de otras leyes relacionadas con el agua que regulan el acceso y uso de las aguas propiedad de la nación.	Reformas constantes a la normativa en materia de agua, en donde cada vez más se especifica la responsabilidad que cada uno debe tener con el agua.
DEBILIDADES	AMENAZAS
Renuencia de los usuarios a no pagar la tarifa correspondiente por el uso del agua y por mostrar poco interés en la cultura de manejo, conservación y protección del agua. Cuando la gestión del agua se politiza, pocas veces las leyes son aplicadas.	Las reformas a las normativas son constantes, pero si no existe disposición de los dueños de los terrenos a realizar buenas prácticas de producción en las áreas cercanas a las fuentes de agua, estas se verán amenazadas.

Vacíos presentes en la normativa

Hasta el momento el gran vacío que se tiene en la normativa es el hecho de que no se hace mucho énfasis en el tema de recarga hídrica, cuando este debe ser considerado de especial atención por la importancia que representa en la determinación de la oferta hídrica en la microcuenca. Tal parece que los actores comienzan a actuar hasta que la zona se ve amenazada, como lo es el caso de la Sierra de Otontepec, por el cual el gobierno la decretó en el 2005 como ANP.

Lo anterior se relaciona con el hecho de que los entrevistados desconocen del tema, por lo que no es de extrañarse que no se realicen actividades tendientes al uso, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica aparente.

Otro gran vacío, según opinó el exjefe de la CAEV, es que la Ley no establece si es responsabilidad del organismo operador, bombear el agua a un segundo piso para abastecer a los usuarios, ya que estos así lo solicitan diciendo que es obligación de la CAEV.

Instituciones rectoras que les corresponde la aplicación de la normativa correspondiente de agua para consumo humano

La Institución rectora del tema a nivel Federal es la CONAGUA, tal como lo establece el Artículo 3, párrafo XII de La LAN. La "Comisión Nacional del Agua": Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con funciones de Derecho Público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, para la consecución de su objeto, la realización de sus funciones y la emisión de los actos de autoridad, que conforme a esta Ley, corresponde tanto a esta como a los órganos de autoridad a que la misma se refiere.

A nivel Estatal se encuentra la CAEV, que tiene su sustento en el artículo 15 de la Ley de Aguas del Estado de Veracruz. Esta Ley señala que se crea la Comisión del Agua del Estado de Veracruz como un organismo público descentralizado, dotado de autonomía de gestión, personalidad jurídica y patrimonio propio, cuya organización y funcionamiento se regirá por las disposiciones de esta ley y su reglamento. La Comisión fungirá como organismo operador estatal y será responsable de la coordinación, planeación y supervisión del sistema veracruzano del agua.

Siguiendo con las instituciones rectoras a quienes les compete la aplicación de la normativa de agua para consumo humano, la misma LAN en su Artículo 86, Capítulo 1, señala que los servicios de monitoreo y demás servicios necesarios para la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas respectivas y las condiciones particulares de descarga. La Norma Oficial Mexicana que establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización para uso y consumo humano es la NOM-127-SSA-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Para la aplicación de la normativa se le faculta a la Secretaría de Salud, según lo establece la Ley General de Salud en su Artículo 118.

La Ley general de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA), Artículo 90, señala que la SEMARNAT, en coordinación con la Secretaría de Salud, expedirán las normas oficiales mexicanas para el establecimiento y manejo de zonas de protección de ríos, manantiales, depósitos y en general, fuentes de abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones e industrias, y promoverá el establecimiento de reservas de agua para consumo humano.

La LAN en su artículo 14 también faculta a la PROFEPA promover la reparación del daño ambiental a los ecosistemas asociados con el agua.

Sin embargo, está claro que estas instituciones hasta el momento no están coordinadas para realizar actividades en beneficio de un bien público como lo es el agua.

Nivel de prioridad del tema en el quehacer de la institución e integración del tema en los planes operativos anuales (planes a mediano y largo plazo y planes estratégicos de las instituciones).

Ambas instituciones (CONAGUA y CAEV) mencionaron que su prioridad en el tema del agua es alta y es responsabilidad compartida, cuya motivación más grande es ofrecer a los usuarios, servicio de agua potable, toda actividad realizada por ambas instituciones están contempladas en sus planes operativos que se formulan anualmente.

Aunque se cuente con pocos recursos económicos y poco personal, la prioridad seguirá siendo ofrecer el suministro de agua todos los días. La documentación que respalda la información anterior no fue facilitada para analizar a detalle su contenido.

Asignación de recursos humanos, logísticos y financieros para la ejecución de acciones

Tanto a nivel estatal como federal la limitante son los recursos económicos, lo que conlleva al poco personal operando por parte de la CAEV y la CONAGUA, por ello la dificultad de cumplir con la normativa existente. Por ejemplo, para tratar las aguas residuales en Tepetzintla se tiene la planta de tratamiento que se construyó con aportaciones de la cabecera municipal, gobierno estatal y federal, pero no se previno con qué recursos estarían operándolo y a la fecha no se define si la operación estará a cargo de la CAEV o del municipio. Si la CAEV asumiera la operación se vería en la necesidad de aumentar la tarifa a los usuarios, y si éstos no tienen la cultura de pago por el agua que consume, menos aún pagaría por el tratamiento del agua post-

uso. La misma CONAGUA también reconoce que el personal con el que opera es mínimo y trabajar a nivel de cuencas es muy extenso, por lo que normalmente no asisten a reuniones para conocer las inquietudes de los usuarios, por lo que estos son los que deben acudir a las ventanillas más cercanas de la CONAGUA para ser atendidos.

Ambos organismos hacen su presupuesto anual para que con base a ello sigan operando, la CAEV, opera con las tarifas que pagan los usuarios, y la “Ventanilla Única” de CONAGUA depende de las partidas presupuestarias otorgadas a nivel federal.

Existencia de monitoreo, de avances o de cumplimiento de metas en el tema del agua

El personal de “Ventanilla” de la CONAGUA, opinó que los monitoreos de las actividades realizadas por el personal, lo hace el Órgano Interno de Control, además de evaluar las metas en el tema, evalúan la atención a los usuarios con el fin de mejorar el servicio. Los informes de actividades mensuales, son reportados al responsable del área correspondiente y éste se encarga de rendir cuentas al Director del Organismo de Cuenca, éste a su vez, se encarga de enviarlo a oficinas de CAEV estatal, para posteriormente enviarlo a oficinas centrales en la Ciudad de México.

Por su parte, la CAEV señala que los monitoreos lo realizan dependiendo del área que le corresponda, por ejemplo, para el análisis de calidad de agua lo realiza el personal de salubridad de CAEV (ubicado en la capital del estado) cada seis meses, además de calidad, evalúa análisis, físico, químico y bacteriológico del agua. Una vez realizado los monitoreos, les entregan actas donde constan los resultados y las mejoras que habría que realizar en caso necesario.

Con respecto al programa de cultura del agua, la CONAGUA promueve el evento, y corresponde a CAEV ejecutarlo, esta actividad normalmente lo venía realizando el exjefe de la CAEV (Víctor Capistran, jefe actual de la CAEV 2010). Actualmente esta actividad la están retomando esporádicamente, especialmente con alumnos del jardín de niños.

Existencia de documentación (informes, publicaciones, etc. accesibles que evidencien la existencia del tema en la agenda de la institución.

Según el personal de Ventanilla Única de la CONAGUA, toda actividad realizada está basada en el Programa Operativo Anual (POA), en él se establecen los compromisos a cumplir y está

basado en la Ley. Por su parte el personal de la CAEV, opinó que existen actas sobre los resultados del análisis físico-químico y bacteriológico del agua, también se cuenta con informes de operación y mantenimiento del acueducto, sin embargo, en ambas instituciones no se proporcionó las evidencias que conste lo antes mencionado.

Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de las instituciones para el cumplimiento de su responsabilidad

Algunas de las Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas en el cumplimiento de las funciones de las instituciones que tienen responsabilidad con el recurso hídrico se presentan en el cuadro (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis FODA en el cumplimiento de las funciones de las instituciones que tienen responsabilidad con el recurso hídrico.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Cuando se presentan desastres naturales, la CONAGUA, el organismo operador y otras instancias como Protección civil y la Secretaría de Marina, se coordinan para atender la emergencia y suministrar agua potable a los damnificados.	La CONAGUA es una institución de renombre a nivel nacional, pero debe hacer presencia y más promoción sobre el buen uso del agua para que sea manejado de manera sustentable, de tal forma que garantice para las generaciones futuras. Existen instituciones que contribuyen en reactivar el suministro de agua en casos de emergencia, los cuales podrían estar trabajando coordinadamente para prevenir los desastres naturales.
DEBILIDADES	AMENAZAS
Falta de recursos económicos, lo que conlleva a la falta de personal colaborando en la gestión del agua	Conflictos por el agua por problemas de la mala gestión y gobernanza del agua en la cabecera municipal.

Lecciones aprendidas en la gestión del agua para consumo humano

El Banco Interamericano de Desarrollo “BID” (2008), define las lecciones aprendidas como el conocimiento o entendimiento ganado por medio de la reflexión sobre una experiencia o proceso, o un conjunto de ellos. Esta experiencia o proceso puede ser positivo o negativo (ejemplo, fortalezas y debilidades de un proyecto).

Las lecciones aprendidas fueron analizadas con base a la opinión de los entrevistados y basado en la revisión de literatura y observación directa, las cuales se mencionan a continuación:

- Para promover el liderazgo entre los usuarios del agua para su buena gestión, hace falta el fortalecimiento de capacidades locales.
- No basta que haya suficientes leyes que aborden el tema del agua, si estas difícilmente son aplicadas.
- Solamente cuando ocurren emergencias es que los actores locales se preocupan por restablecer el servicio del agua.

4.2 Identificación y caracterización de actores en la gestión y gobernanza del agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua.

Identificación de actores

Según la UICN (2009), la gestión del agua promueve el conocimiento, prácticas y aprendizaje acerca del uso sostenible y conservación de los ecosistemas de agua tales como humedales, zonas costeras, marinas y a nivel de cuencas hidrográficas, para lograrlo se requiere de un conjunto de procesos de toma de decisiones y de gestión no solo a nivel local, sino regional y nacional, lo cual se traduce como gobernanza.

Partiendo de lo anterior se identificaron a los actores involucrados en la gestión y gobernanza del agua, así mismo se describe las funciones que cada uno realiza en la microcuenca en estudio (Cuadro 10).

Cuadro 10. Actores involucrados y funciones que desempeñan en la gestión y gobernanza del agua en la microcuenca La Pagua.

ACTORES DIRECTOS	FUNCIONES
CAEV	Organismo responsable de la organización, dotación, administración, operación, conservación, mantenimiento, rehabilitación o ampliación de los servicios de suministro de agua potable.
CONAGUA	Organismo rector en materia de gestión de aguas nacionales, a través de sus diferentes programas otorga apoyo económico para ampliar el suministro de agua potable cuando así lo requiera la población. En la microcuenca en estudio, a través del programa de atención de “Ventanilla Única”, facilita los trámites que requieran realizar los diferentes usuarios del agua.
Municipio	Aporta contrapartida financiera para la ampliación del suministro de agua potable.
Secretaría de Salud	Encargada del monitoreo de la calidad del agua
Usuarios	Tratamiento del agua en los hogares.

Otros actores que deberían estar participando en el proceso de gestión y gobernanza del agua, pero no lo hacen, son los siguientes: la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), dueños de los terrenos donde se ubican las fuentes de agua, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Forestal (SEDARPA), Secretaría de Desarrollo Municipal y Medio Ambiente (SEDESMA), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y otras organizaciones que deben garantizar la tenencia de la tierra en la zona como lo es la Secretaría de la Reforma Agraria.

b) Creación del perfil de los actores

Análisis de Conflictos, Intereses y Poder (CLIP)

Una de las razones por la cual no fue posible realizar el análisis CLIP en forma conjunta con los actores fue porque el tema del agua está politizado en la comunidad, por ello, en el 2009, se originó el conflicto entre los usuarios del agua y la CAEV; otra de las razones fue que durante la fase de investigación las elecciones locales y estatales para elegir a los gobernantes estaban en su apogeo y no hubo disposición para abordar abiertamente el tema del agua en Tepetzintla.

Por lo anterior, los resultados del análisis CLIP (Chevalier 2006), están basados en la observación directa realizada en el área de estudio, de la revisión de literatura y del análisis de las respuestas obtenidas en las entrevistas aplicadas de manera independiente a cada uno de los actores.

a) Análisis del poder de los actores

El análisis del perfil del *poder* que tienen los actores con base a los cuatro recursos que plantea esta metodología para el logro de sus objetivos, están basadas en la formulación de cuatro preguntas orientadoras que se especificaron en la metodología, obteniéndose los siguientes resultados (Cuadro 11).

Cuadro 11. Relaciones de poder entre actores

PODER	CONAGUA	CAEV	MUNICIPIO	USUARIOS	Secretaría de Salud (SS)
Riqueza económica	B	A	B	S/P	S/P
Autoridad política	A	B	A	S/P	S/P
Habilidad de usar la fuerza	B	S/P	A	B	B
Información y comunicación	B	A	A	S/P	B
Ponderación	B	A	A	S/P	B
Alto = A	Medio = B	Bajo o sin poder= S/P			

El cuadro anterior muestra que la CAEV y el municipio son las instancias con mayor poder, la diferencia radica en que el municipio tiene suficiente poder, pero poca participación en la gestión y gobernanza del agua. Enfocar todo ese poder y realizar alianzas estratégicas con la CAEV sería ventajoso, ya que la CAEV tiene autoridad política baja y poco poder, por lo que requiere del apoyo del municipio para que a través de éste se coordinen acciones con los usuarios del agua.

Así mismo la CAEV y Municipio, apoyados con el poder que tiene la CONAGUA y la SS, pueden incidir más fácilmente en los usuarios y establecer espacios de concertación para la planificación y ejecución de actividades que conlleven a una adecuada gestión y gobernanza del agua.

Hasta el momento puede decirse que los usuarios tienen poder medio, por la habilidad de usar la fuerza a favor o en contra de las acciones que se pretendan realizar, tal como fue el caso del conflicto presentado en el 2009, el poder que tienen pueden utilizarlo de manera positiva para realizar actividades de beneficio común entre el resto de la población y los actores.

b) Determinación de los intereses de los actores

El nivel de interés de cada uno de los actores se concentra en el (Cuadro 12)

Cuadro 12. Interés de los actores en la gestión del agua

INTERESES	CONAGUA	CAEV	MUNICIPIO	USUARIOS	SS
Sin interés				x	
Interés medio	x		x		x
Interés alto		x			

En términos de *interés*, sigue siendo la CAEV el organismo responsable de la gestión; “fue el Municipio el que decidió hace 17 años, contratar los servicios del organismo operador” (comunicación personal del Lic. Víctor Capistran, jefe de la CAEV 2010), anteriormente lo controlaba directamente el municipio, lo hacía por “faenas”, si se dañaba la tubería los habitantes de la comunidad respondían por ella, según indicó el Profr. Elías Flores Casanova, síndico municipal de Tepetzintla (2010).

El municipio, la CONAGUA y la SS tienen intereses de nivel medio, sin embargo, las dos primeras instituciones contribuyen con sus aportes cuando se requiere realizar una inversión mayor para incrementar el acceso y calidad del suministro de agua potable. Este trámite se realiza para aprovechar los programas que coordina la CONAGUA a nivel federal (comunicación personal del Lic. Heraclio Bautista, responsable de la atención a usuarios en la Ventanilla Única de la CONAGUA 2010).

Con base a las entrevistas aplicadas a los usuarios se consideró que estos tienen *poco interés* por participar en la gestión del agua, no existe el sentido de apropiación hacia el cuidado del agua que los motive a velar por la gestión del agua y de sus recursos asociados, esto se reflejó ya que el 88,42% de los entrevistados mencionó que no tienen participación en la gestión del agua para consumo porque no es de su competencia ni su responsabilidad.

c) *Determinación de la legitimidad*

Se analizó y anotó el nivel de legitimidad de cada uno de los actores, los resultados se muestran en el (Cuadro 13).

Cuadro 13. Legitimidad de los actores

LEGITIMIDAD	CONAGUA	CAEV	MUNICIPIO	USUARIOS	SS
Alta legitimidad	x	x			x
Media legitimidad			x		
Baja legitimidad				x	

La CONAGUA, CAEV y la SS tienen *alta legitimidad*, ya que son reconocidos entre ellos por el tema de gestión del agua para consumo humano; el Municipio tiene *legitimidad media* porque su trabajo se encuentra focalizado en cuestiones específicas (aportaciones cuando se requiere instalar una obra de beneficio común).

Por su parte, los usuarios tienen una *baja legitimidad* en el sentido de que no tienen reconocimiento de parte del resto de los actores en el tema de la gestión del agua.

Los usuarios participan por incentivos en talleres programados por la Secretaría de Salud, a través del programa “Oportunidades” (comunicación personal del Dr. Luís Ramírez, director del Centro de Salud 2010), falta de cultura de pago y manejo del agua (comunicación personal del Ing. Clemente Jain, exjefe de la CAEV-Tepetzintla 2010), no existen organizaciones comunitarias o grupos trabajando sobre el tema del agua (contraloría ciudadana 2010, el 59% de los usuarios entrevistados respalda esta información).

Analizado el perfil de cada uno de los actores se obtuvo la categoría al cual pertenece cada actor (Cuadro 14).

Cuadro 14. Categorización de actores según el análisis CLIP

ACTORES CLAVES	PODER (ALTO, MEDIO, BAJO)	INTERÉS (ALTO, MEDIO, BAJO)	LEGITIMIDAD (ALTO/ MEDIO, BAJO/SIN CALIFICACIÓN)	CATEGORÍA
CONAGUA	Medio	Medio	Alta	Dominante (PIL)
CAEV	Alto	Alto	Alta	Dominante (PIL)
Municipio	Alto	Medio	Media	Dominante (PIL)
Usuarios	Sin poder	Sin interés	Baja	Marginado
Secretaría de Salud	Bajo	Medio	Alta	Vulnerable (IL)

Se observa que los actores con mayor *dominancia* en la gestión del agua son la CONAGUA, la CAEV y el Municipio, siendo la CAEV la de mayor presencia en la microcuenca La Pagua. Estos tres actores tienen poder económico entre alto y medio, legitimidad alta, aunque los intereses de la CONAGUA y el Municipio son medio.

La SS, aunque tiene legitimidad alta, solo es reconocida entre los actores por el análisis de calidad de agua que realiza, tiene poder e interés medio, por lo que entra en la categoría de *vulnerable* con tendencia a *marginado*, en esta última categoría entran los usuarios que no tienen poder en la gestión del agua, interés bajo y legitimidad baja ya que no tienen participación determinante en el tema.

d) *Colaboración y conflicto*

Las relaciones de *cooperación y conflicto* que existe entre los diferentes actores se muestran en el (Cuadro 15).

Cuadro 15. Colaboración y conflicto entre actores

	CONAGUA	CAEV	MUNICIPIO	USUARIOS	SS
Colaboración	CAEV	Conagua, Municipio, Usuarios, SS	CAEV, SS		CAEV, Usuarios, Municipio
Conflicto		Usuarios		CAEV	

Las articulaciones de colaboración siguen estando en cierta forma entre los actores dominantes, la CAEV en primer término con el Municipio y la CONAGUA, las dos últimas instituciones, como ya se mencionó anteriormente, colaboran con la CAEV para casos específicos.

Para el análisis de la calidad de agua la SS colabora con la CAEV y en casos específicos con los usuarios para realizar los monitoreos del agua en los hogares (Comunicación personal del Dr. Luis Morales Ramírez, Director de la SS) y colabora con el Municipio para asegurar los niveles de calidad del agua para consumo y reducir enfermedades gastrointestinales a los habitantes de la comunidad, por lo que en este sentido para lograrlo, la SS trabaja en correspondencia con la CAEV.

Las relaciones conflictivas más que nada se han dado entre la CAEV y los usuarios, por influencia de terceras personas como lo son los partidos políticos, que finalmente son usuarios del agua.

García 2010, realizó un estudio de análisis de la gobernanza del recurso hídrico en la reserva de la Biosfera Bosawas en la subcuenca del río Ulí en Nicaragua y a través de la aplicación de la metodología CLIP, encontró de igual manera relaciones de conflicto entre actores de mayor y leve incidencia en la subcuenca, precisamente por intereses políticos. Cuando existen afinidades políticas pueden obtener beneficios y cooperan o infringen la Ley.

En una compilación de experiencias de aplicación de los Sistemas de Análisis Social, diversas Instituciones: International Development Research Centre (IDRC), Centro Boliviano de

Estudios Multidisciplinarios y la Universidad de Carleton, Canadá s.f. analizan un estudio sobre la identificación de actores en el conflicto por el uso del agua en la subcuenca Crucero-Azangaro, de la cuenca del río Ramis, Puno Perú, en el estudio se empleó la metodología de análisis CLIP, los actores considerados como marginados y vulnerables tienen un enfrentamiento muy fuerte con el gobierno central, gobiernos locales y mineros informales, dado que en la actualidad la gestión de los recursos hídricos no se realiza desde un enfoque de cuenca ya que territorialmente un río cruza por varias provincias y distritos, por lo que la heterogeneidad de intereses se ha traducido en conflictos entre actores.

Los conflictos tienden a existir cuando hay una constante lucha de intereses, en el caso de Tepetzintla aún cuando la propia comunidad administraba el agua hace 17 años, no había un mecanismo de rendición de cuentas, y ésta situación, sumado al constante incremento de la población, los condujo a contratar los servicios del estado, sin embargo los problemas persisten.

Tal como ha sido el caso de Tepetzintla, seguramente existen otras en igual condición a nivel de la Sierra de Otontepec, lo cual sería interesante analizarlas y aún más los sistemas rurales. Sandoval (2010), analizó tres sistemas rurales, en el que la participación de los usuarios es alta, contraria al de la comunidad urbana a la cual pertenece Tepetzintla, no encontró conflictos, aunque siguen siendo vulnerables por la falta de recursos económicos para operar sus sistemas.

El resultado del análisis CLIP empleado en este estudio indica que habría que fortalecer el trabajo entre los actores, promover espacios de concertación para conocer las opiniones de los usuarios, ya que es esencial la comunicación y el interfaz entre los mismos, de tal forma que permita fortalecer o incrementar la articulación entre los actores involucrados actualmente en la gestión y gobernanza del agua.

Los actores dominantes toda vez que asuman sus roles pueden promover la integración del resto de los actores que deberían tener participación. En este sentido, es importante aprovechar los espacios que tiene el Consejo Regional de Silvicultores de la Sierra de Otontepec, donde mensualmente se reúnen diversos actores mencionados en este documento.

b) Análisis de interacción de actores

Análisis de Redes Sociales (ARS)

Los actores considerados para este análisis fueron aquellas personas que tienen mayor participación en la gestión del agua para consumo humano, entre los que se encuentran los siguientes: CONAGUA, CAEV, Municipio, usuarios y SS.

Desde que el Municipio contrató los servicios de la CAEV, este es el responsable de la gestión del agua, la capacitación y planeación de actividades lo realiza entre su mismo personal en coordinación con la CAEV (Dirección General). Solo cuando se requiere ampliar los servicios de suministro de agua obtiene una contraparte financiera del Municipio y la CONAGUA.

Para los análisis de la calidad de agua se tiene la colaboración de la SS; los usuarios están desligados del resto de actores y solo se coordinan con la SS en caso de que se programen monitoreos de calidad de agua en sus hogares, éstos, a su vez, interactúan con la CAEV solo porque son los consumidores directos del agua.

En la Figura 10 se observa gráficamente, la interacción existente entre los actores que participan en la gestión y gobernanza del agua en la microcuenca La Pagua.

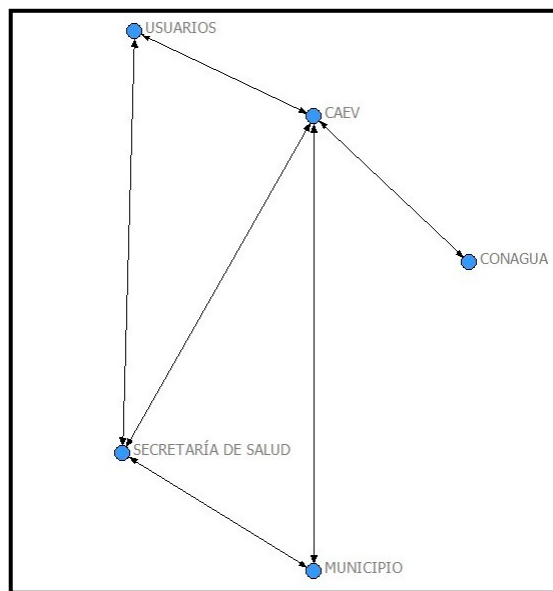


Figura 10. Interacción de actores en la gestión del agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua.

Para poder hacer aseveraciones más acertadas de las características de la red de actores se recurrió al análisis de indicadores de redes y de esta manera se obtuvo conclusiones más exactas (Aguilar 2005, Clark 2006); los indicadores obtenidos de manera general para la red se describen a continuación:

Indicadores de redes

Densidad

El resultado de la *densidad* total de la red es del 60%, lo que indica que existe una conectividad entre media y ligeramente alta entre todos los actores de la red, aunque como se mencionó existen muy pocos actores (solamente cinco).

Centralidad

La *centralidad* indica el porcentaje al cual un actor está directamente unido. En la anterior se observa que a la CAEV están unidos todos los actores en un 100%, a la SS en un 75%, al Municipio y usuarios con un 50% y la CONAGUA se encuentra solamente conectado con la CAEV y no tiene interacción con el resto de los actores.

Centralización o índice de centralización

Este indicador facilita conocer cuando un actor ejerce un papel claramente central al estar altamente conectado con el resto de los actores. En este caso, el índice de centralización de la red es de 50%. Lo que significa que la red está a la mitad de comportarse a una Red estrella (Velázquez 2005). Valores bajos indican ausencia de actores claramente centrales. Aunque en la figura se observa que la centralización está concentrada en la CAEV.

Grado de Intermediación

Conocido también como actores puente, en este caso la CAEV y la SS tienen valores de 58 y 8 % respectivamente. Si la CONAGUA quisiera establecer comunicación con los usuarios tendría que utilizar a la CAEV como puente para llegar a ellos o bien a la SS.

Grado de cercanía

Es la capacidad de un actor para alcanzar a todos los nodos de la red (Velásquez y Aguilar 2005). En este caso, la CAEV tiene un grado de cercanía de 100, mientras que la CONAGUA solo logra alcanzar de manera directa a uno de los nodos o actores.

El ARS es una herramienta valiosa para analizar la interacción de los actores, al mismo tiempo podría verse como un complemento gráfico del análisis CLIP en el sentido que nos muestra a los actores en colaboración.

García (2010), también aplicó el ARS en un estudio de análisis de la gobernanza del recurso hídrico en la subcuenca del río Ulí en Nicaragua, analizó la parte alta y media de la subcuenca, encontrando que existe una baja incidencia institucional, tanto de organismos gubernamentales, organizaciones locales y comunitarias, por ello se concentró en evaluar los cuatro aspectos del ARS solo con los actores que actualmente tienen presencia en la subcuenca con proyectos, programas o habitan en el área, considerando para ello entre 9 y 10 actores.

Analizando el “grado de centralización” de actores para los siguientes aspectos realizados por García, se tiene lo siguiente: *intercambios en la planificación y gestión del recurso hídrico* (39,5%), *intercambios en la capacitación y fortalecimiento de capacidades* (28,4%), *de financiamiento y gestión financiera* (35,8%) y *de implementación de acciones* (15,6%), los valores obtenidos para el índice de centralización de actores fueron bajos, lo cual indica que el comportamiento de la red de cada uno de los aspectos evaluados no tienen forma de estrella, no hay un actor central claramente definido, cada uno de los actores juega un papel importante y no recae sobre un solo actor toda la responsabilidad, excepto en el aspecto de *intercambios de financiamiento y gestión financiera*, que podría visualizarse en forma triangular, ya que hay tres actores claves en el aspecto de financiamiento .

Bustamante (2009), realizó un estudio de Gestión del agua para uso agrícola y pecuario en la parte alta y media de la subcuenca del río Gato, Provincia de Herrera, República de Panamá, para conocer las interacciones entre actores entre la parte alta (13 actores) y media (12 actores) de la subcuenca, aplicó el ARS, para ello consideró tres aspectos y obtuvo que el indicador de “centralización” para el aspecto de *capacitación y fortalecimiento de capacidades* para la parte alta de la subcuenca de 47,3%, este valor indica que no existe una conectividad muy buena de

la red y más bien hay una fuerte dependencia de un actor central, al cual están conectados la mayoría de nodos o actores, mientras que la centralización en la parte media fue de 24,1% lo que indica que existe mejor conectividad entre actores.

Para el aspecto de *financiamiento y gestión financiera*, en la parte alta de la subcuenca se originó una red tipo estrella con un grado de centralización de 45,6%, lo cual indica que no existe una buena conectividad en la red, reflejando una fuerte dependencia a un actor central, en la parte media sin embargo, el grado de centralización fue de 21,48%, esto indica que existe una red ligeramente mejor estructurada que en la parte alta, pero siempre muy vulnerable y con poca conectividad.

Para el aspecto de *planificación e implementación de actividades*, en la parte alta de la subcuenca el grado de centralización fue de 47,33% otorgándole a la red la forma tipo estrella, esto indica que no existe buen nivel de conectividad, en la parte media, la centralización fue de 18,75% reflejando una red con mejor estructura, con mejor conectividad entre los actores haciéndola menos vulnerable a un actor central.

En resumen, el estudio elaborado por Bustamante (2009) refleja que existe mejor interacción entre actores en la parte media de la subcuenca en los tres componentes del ARS analizados, en cambio en la parte alta sucede exactamente lo contrario, existe mayor dependencia a un actor central.

d) Fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en la participación y consolidación del papel de los actores en la gestión y gobernanza del agua para consumo humano

Para analizar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en la participación y consolidación del papel de los actores en la gestión y gobernanza del agua para consumo humano se aplicó el análisis FODA (IPN 2002) y cuyos resultados se presentan en el (Cuadro 16).

Cuadro 16. Análisis FODA para conocer la participación y consolidación de los actores en la gestión del agua.

FORTALEZAS	<p>Poder de algunos actores en ciertos aspectos (económico, político, habilidad de usar la fuerza, información y comunicación).</p> <p>Disposición de algunos actores para la aportación de contrapartidas económicas para realizar actividades de beneficio común con respecto al tema del agua.</p>
OPORTUNIDADES	<p>Actores puente identificados para interactuar con los más distantes en el tema del agua, creando un ambiente propicio para fomentar los espacios de concertación para una efectiva gestión y gobernanza del agua.</p>
DEBILIDADES	<p>No se fomenta los espacios de concertación y por tanto no se facilita la transparencia y rendición de cuentas, creando conflictos entre algunos actores.</p> <p>Pocos actores interactuando en la gestión de agua para consumo humano</p> <p>Los roles de los actores no están muy claros y por ello pocos tienen influencia en la microcuenca La Pagua o simplemente hay desinterés en la gestión del agua para consumo humano.</p>
AMENAZAS	<p>Tendencia de centralización del tema del agua en manos de un solo actor, que en un futuro no podrá garantizar la oferta y demanda de agua a la población necesitada.</p>

e) Percepción de los actores locales y usuarios del agua acerca del manejo y gestión de la misma

Percepción de la ubicación de la fuente de abastecimiento de agua para consumo humano en Tepetzintla.

Dentro de las preguntas consideradas fue la de saber si los usuarios del agua para consumo humano conocen cual es su principal fuente de abastecimiento, a lo que la mayoría (89,5%) respondió que “sí”, sin embargo cuando se les preguntó específicamente cual era la fuente de abastecimiento principal, el 65,26% respondió que es una naciente u ojo de agua. El trabajo de campo permitió corroborar que la fuente de abastecimiento principal es un *arroyo*, lo que indica que un mínimo (3,16%) de usuarios conoce de donde proviene el agua que consume.

Para garantizar que la fuente de agua que abastece a Tepetzintla se siga conservando, hace falta realizar actividades de manejo y protección, sobre todo porque es una zona propensa a contaminarse por encontrarse cerca de los terrenos particulares.

Actividades de manejo y protección a la fuente de agua que abastece a Tepetzintla

El 53,68% de los entrevistados *desconoce* si se realizan actividades de manejo y protección a la fuente de agua, el 21,05% definitivamente *no sabe* qué actividades se realizan, y el resto

25,26% asegura que “sí” se realizan actividades de manejo (reforestaciones) y que las actividades de protección están enfocadas prácticamente al tanque de almacenamiento y línea de conducción.

Con base a este análisis y partiendo de las respuestas que indican que “sí” se realizan actividades de manejo y protección, resulta que el 59% de usuarios *desconoce* quién o quiénes son los responsables de ejecutar dichas actividades (Figura 11).

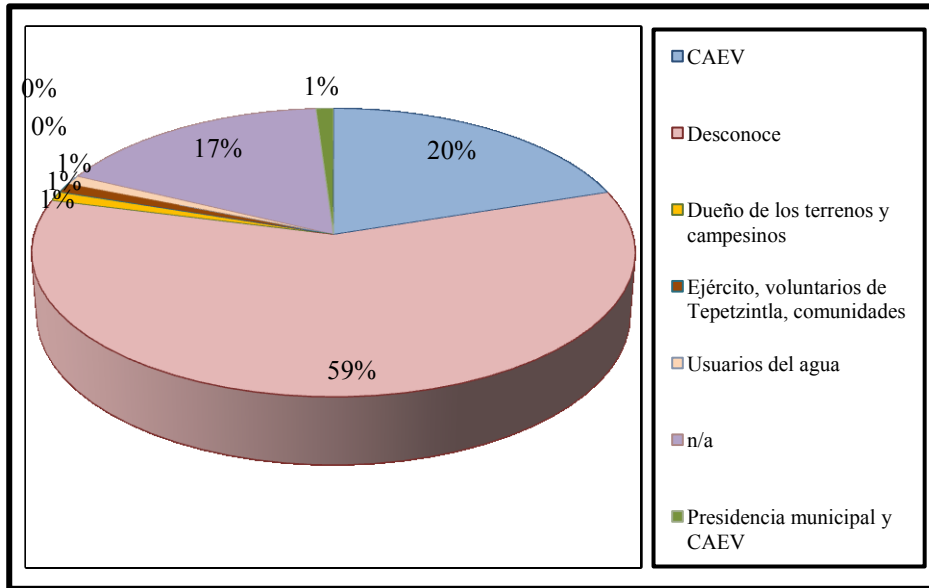


Figura 11. Responsables de realizar actividades de manejo y protección en la zona que abastece de agua a la cabecera municipal de Tepetzintla.

El exjefe de la CAEV comentó que las actividades de manejo cercano a la zona de abastecimiento se estaban comenzando a promover en el 2009, especialmente a través de reforestaciones, impulsado por la misma CAEV, a través de su espacio de la cultura de pago del agua, con apoyo de de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesca (SEDARPA). Se reforestó una pequeña superficie en terrenos particulares, esto solo se hizo con la finalidad de que la gente se concientice.

Lo anterior significa que la oficina operadora solo se encarga de la operación y mantenimiento del acueducto para abastecer de agua a la población, pero no se le ha dado mucha importancia por realizar acciones de manejo y protección cercana a la fuente de abastecimiento o zona de recarga hídrica.

Organizaciones responsables de administrar el agua

En cuanto a la organización u organizaciones responsables de administrar el agua en la comunidad, el 98,95% de la población sabe que es la Comisión del agua del Estado de Veracruz (CAEV), aunque algunos usuarios los identifican más que por la organización por el nombre de los fontaneros que en ella laboran.

La mayoría de usuarios entrevistados (62,11%) aseguraron la “no” existencia o *desconocimiento* (33,68%) de organizaciones locales en la comunidad que velen por el uso, manejo y gestión del agua, aunque con base a la investigación realizada y con apoyo de algunos informantes clave se localizó y entrevistó a un grupo denominado “Contraloría ciudadana”, quienes se integraron a partir de los conflictos por el agua en el 2009.

Según los representantes de este grupo, Contraloría existe “*de por sí*”, porque lo tiene establecido la CAEV en su reglamento interno, pero solamente ha existido en papeles, porque nunca han entrado en función. A estas personas los nombró la propia oficina operadora integrando solo a personas de su confianza y por cumplir con el requisito.

Hasta el año pasado 2009, a raíz del conflicto por el agua se conformó “formalmente” la Contraloría, a través de la CAEV (Dirección General) ubicado en Xalapa, Capital de Veracruz (Organismo Público descentralizado, dotado de autonomía de gestión, personalidad jurídica y patrimonio propios, según la Ley de Aguas del Estado de Veracruz). Pero hasta el momento, los nuevos integrantes no han recibido un nombramiento oficial, no cuentan con respaldo legal, desconocen sus funciones, solo se les entregó un cuadernillo pero no han entablado conversación con el personal de CAEV, por lo que estas personas tampoco han entrado en operación. Actualmente esta organización local está conformada por un presidente, secretario, vocales y sus respectivos suplentes.

Si la CAEV se dice ser un organismo descentralizado, debería buscar el empoderamiento de la comunidad en la gestión del agua, facilitar la rendición de cuentas a la población local, porque es más lamentable que la población se deje dominar y por lo tanto, pierda el sentido de pertenencia hacia los recursos naturales y en especial del agua.

Se debe incentivar y motivar al resto de los actores para realizar actividades conjuntas y no buscar intereses partidarias para lograr sus propósitos a costa del agua.

Percepción de los usuarios sobre la entidad que administra el agua y el papel que estos desempeñan.

Dentro de las opiniones tomadas a los usuarios del agua, con respecto a la CAEV destacan las siguientes (Cuadro 17):

Cuadro 17. Opinión de los usuarios con respecto a la entidad que administra el agua y el papel que éstos desempeñan.

PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS	%
Realizan buen trabajo, pero les hace falta personal, ya que no se dan abasto; a veces les suspenden el suministro de agua y desconocen el por qué; reciben agua todos los días, pero no todo el día.	66,32
Realizan regular trabajo; la tarifa de pago por el agua es muy cara, el agua la da Dios y no deberían cobrarla; reportan fugas y estas no son atendidas a tiempo; se requiere personal activo debido a que los fontaneros ya son personas adultas y para estos trabajos se requiere emplear fuerza.	20,00
Reciben poca agua, ya que al bombearla del segundo al último tanque de almacenamiento hay que esperar a que este se llene y sea distribuida a los hogares. Tratan de pagar a tiempo el agua para que de la misma forma les arreglen los desperfectos, pero estos no son atendidos como debería de ser.	8,42
Sin comentarios (personas que no quisieron opinar)	5,26
Total	100,00

Haciendo un análisis de la percepción de los actores se puede concluir que las tres primeras están relacionadas con la falta de personal en la CAEV, esto quizá se refleja en atención no inmediata del personal con respecto al arreglo de fugas (tres fontaneros operando). Tal situación se comprueba debido a que la CAEV, como lo mencionó el jefe de la oficina operadora (Víctor Capistran, 2010), además de Tepetzintla, tiene a su cargo a otras nueve comunidades más, a las cuales les presta el servicio, operando para ello los mismos fontaneros. Cuando requieren de personal de apoyo contratan mano de obra eventual.

Tarifas de pago por el agua

Otra de las inquietudes de los usuarios es con respecto a las tarifas diferenciadas que cobra CAEV (Figura 12), donde el 46,32% de los entrevistados dice pagar entre 3,6 a 4 dólares mensuales, dichas tarifas varían conforme a la ubicación de los domicilios de los usuarios dentro de la comunidad y del acceso a otros servicios que estos tienen. Las actuales tarifas que maneja la CAEV se analizan con mayor detalle en el tema de análisis de vulnerabilidad del acueducto de Tepetzintla.

Otro aspecto relevante, relacionado con el pago de las tarifas es que la infraestructura está en condiciones deplorables, con una pérdida de alrededor del 17,4% del suministro por fugas, afectando de esta manera a los usuarios. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE 2010), es un hecho comprobado que los usuarios solamente estarán dispuestos a aceptar tarifas más altas si hay una mejora significativa en la calidad del servicio.

En el caso de los usuarios que señalaron que pagan una tarifa mayor de 6,4 dólares es porque incluye recargos por morosidad en los pagos. Los entrevistados que opinaron que pagan esta tarifa no diferenciaron el monto que pagaron al mes ni los recargos realizados a su cuenta, de manera que realmente desconocen cuanto pagan por el agua.

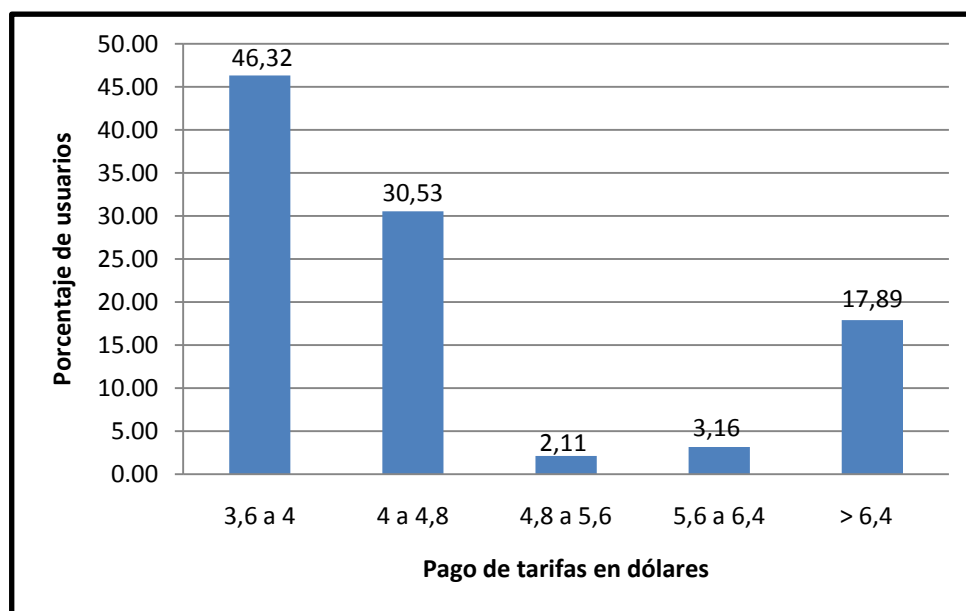


Figura 12. Tarifas diferenciadas que pagan los usuarios por el agua

Si bien es cierto que para suministrar el agua a los usuarios representa altos costos de operación y mantenimiento, es claro que en la actualidad, tanto la administración como los servicios de suministro de agua son inadecuados. Esto se origina en parte en la carencia de mecanismos de rendición de cuentas y de transparencia.

Por lo anterior es necesario establecer una clara distinción de funciones entre los actores locales (CAEV, Municipio, usuarios, dueños de los terrenos donde se ubica la zona de recarga hídrica) y concentrarse en realizar una adecuada gestión del agua. Puesto que la gestión depende de la gobernanza, el éxito dependerá entonces, tal como lo indica Ruíz y Gentes

2008, de la capacidad y eficiencia de dirigir y coordinar los intereses con relación a este recurso.

Otra limitante que evidenció las entrevistas es con respecto al periodo de incremento de las tarifas; el 38,95% opinó que las tarifas varían de uno a dos años, siendo el mismo porcentaje para quienes opinaron desconocer el tiempo de incremento; el 22,11% considera que las tarifas se han mantenido constantes o bien demora el periodo de incremento, dependiendo de la influencia de los partidos políticos que lejos de incrementarles les hacen un descuento.

Por lo anterior, se percibe que el problema del agua está politizado, ya que para ganarse votos algunos partidos se abanderan de ello. El tema del agua ha sido mal manejado, cuando el agua es un bien de dominio público (LAN 2008), que debe garantizarse en cantidad y calidad. Lo ideal sería centrarse en buscar estrategias que hagan más eficiente y equitativa la distribución para hacer llegar el agua a toda la población, tomando en cuenta el crecimiento poblacional y la demanda que esto implicará en el consumo de agua futuro.

Urge fomentar los espacios de concertación entre los diferentes actores para obtener las inquietudes de los usuarios y sobretodo de los sectores más vulnerables, en este caso las mujeres, que están a diario en contacto directo con el agua por las diferentes actividades cotidianas. Crear estos espacios brindaría la oportunidad de que los actores, por lo menos, se enteren de la situación del agua en la comunidad y de los riesgos a que están propensos, si no se toma conciencia actual del uso y manejo del agua.

Hasta el momento el tema del agua recae en manos de la CAEV, por ello, los usuarios desconocen específicamente las actividades que estos realizan y desatienden por una parte los compromisos que como población deben adquirir. Según los resultados de las entrevistas, estos, desconocen que actividades realiza la CAEV, la frecuencia con que incrementan las tarifas y bajo qué bases lo hacen. Por consiguiente, el 76,84% *desconoce* quiénes son los responsables de incrementar las tarifas y solo el 21,05% respondió que es la CAEV. El 62,11% también *desconoce* si se realizan análisis frecuente de calidad de agua.

Por su parte el jefe de la CAEV comentó que las tarifas normalmente se incrementan cada año, dependiendo de la inflación en el país, en este año se consideró el 4,8%. La misma CAEV realiza su presupuesto de gastos de operación y mantenimiento anual y en función a ello estima la tarifa por el suministro de agua, la ley les da facultad de incrementar las tarifas.

Participación de la mujer en el manejo y gestión del agua

Debido a que la gestión del agua recae en la CAEV, era de esperarse que los entrevistados mencionaran que no existe participación de la mujer ni de los usuarios en general en la gestión del agua a nivel de la comunidad. Sin embargo, las actividades que las mujeres realizan dentro del hogar son múltiples. Las respuestas obtenidas se agruparon por similitud y se presentan en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Porcentaje de actividades realizadas por las mujeres en el hogar con respecto al manejo del agua.

ACTIVIDADES REALIZADAS	%
Almacenan el agua en piletas o tinacos y la racionan; las aguas residuales la riegan al patio o jardín, la usan para el sanitario o para el lavado de pisos dentro del hogar, cuando las aguas contienen mucho cloro las mandan al drenaje directamente.	70,53
Almacenan el agua en recipientes pequeños porque no tienen pileta y la racionan en función a ello; las aguas residuales la reutilizan o bien, parte de ella se va al drenaje.	11,58
No almacenan el agua porque la reciben todos los días, la racionan en temporadas de calor. Parte de las aguas la reutilizan y parte se va directo al drenaje.	10,53
Almacenan el agua, la racionan pero no la reutilizan. Las aguas residuales se van directo al drenaje.	7,37

Como se puede apreciar, el 70,53% de los usuarios se ven en la necesidad de almacenar el agua en piletas o tinacos con capacidad de 1200 a 1500 litros, por su desbalanceada distribución, ya que no todos disponen de agua todo el día. Según información de los fontaneros, el suministro de agua se realiza de la siguiente manera:

Sector 1. Se abren las válvulas de 11:00 a 20:00 horas

Sector 2: las válvulas se abren de 9:00 a 10:00 horas

Sector 3 y 4: se abre de 14:00 a 20:00 horas

Tan solo el 12,63% de la población le da tratamiento al agua (la hierven), esto lo comentaron quienes sí hacen uso del agua para beber.

Manejo de aguas pos uso según los usuarios

Con respecto a las aguas residuales, una parte la reutilizan y parte se va al drenaje, sin embargo, no toda la población cuenta con drenaje y estas son vertidas a los arroyos (algunos

atravesan por el centro de la comunidad), lo cual representa focos de contaminación. Tal como lo menciona la OCDE (2010), México sigue en retroceso en lo relativo a la aplicación de leyes sobre el vertido de aguas residuales y su tratamiento municipal e industrial.

Contrario a lo anterior, la misma OCDE menciona que el financiamiento para la gestión hídrica y la infraestructura han experimentado un crecimiento espectacular, aumentando un 137% entre 2003 y 2008, lo que ha contribuido al logro del objetivo de desarrollo del milenio por parte del país.

Enfermedades causadas por el agua en la cabecera municipal de Tepetzintla, Veracruz

Sobre la percepción de la población si han existido enfermedades causadas por el agua, el 98,95% mencionó que “no”, el resto (1,05%), mencionó que “sí”. Para conocer si efectivamente no se tienen reportes de alguna enfermedad se corroboró con el personal de salud de Tepetzintla (Dr. Luis Morales Ramírez) y haciendo una revisión de documentación, no se tienen registros de enfermedades gastrointestinales para los dos últimos años (2008 y 2009). Sin embargo, esto no significa que el agua esté libre de bacterias coliformes, más bien se debe a que la mayoría de los usuarios utilizan el agua suministrada para las actividades domésticas y aseo personal, pero no así para beberla.

Consumo de agua embotellada en la cabecera municipal de Tepetzintla

En la comunidad existen dos envasadoras, estas envasadoras obtuvieron a través de la CAEV un contrato de uso industrial. En total, el 87,37% de la población entrevistada compra agua embotellada para beber en presentaciones de 20 litros, el 12,63% prefiere hervir el agua que le suministra la oficina operadora, ya que aseguran es agua de calidad que proviene de la sierra. La frecuencia en el consumo de agua embotellada se refleja en la Figura 13.

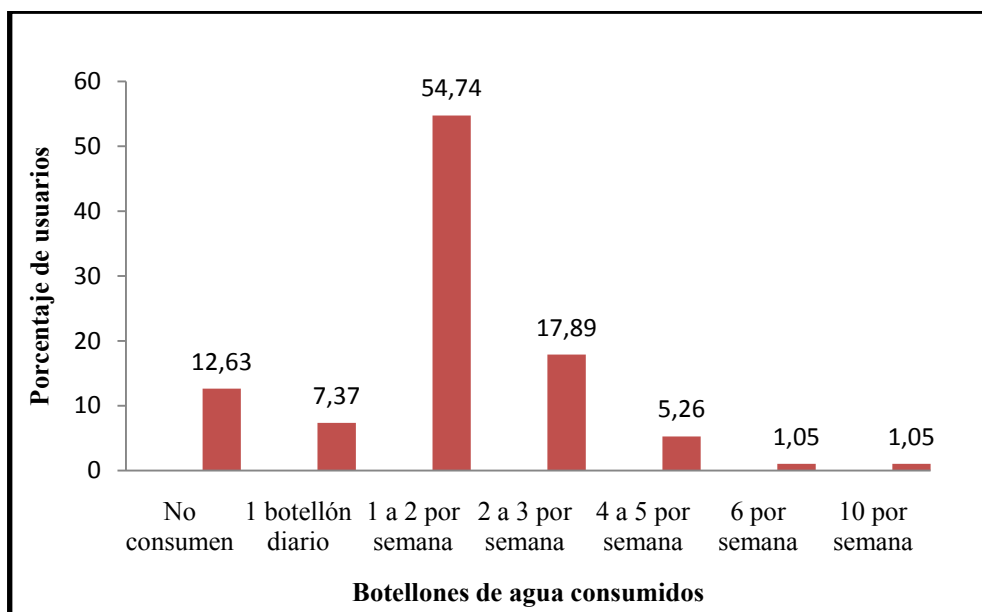


Figura 13. Frecuencia en el consumo de agua embotellada en Tepetzintla, Veracruz

El consumo de agua embotellada es variable de acuerdo a las ocupaciones de los usuarios, quienes consumen más de cinco botellones (100 litros) es porque cuentan con un negocio (por ejemplo un restaurant), tal es el caso de la persona que consume 10 botellones por semana, lo equivalente a 200 litros.

El promedio de consumo en los hogares es de uno a dos botellones por semana, aunque puede variar según el tamaño de la familia y época del año, ya que no es la misma cantidad consumida en invierno que en verano.

Según los usuarios, el precio del botellón varía entre 0,64 y 0,8 dólares, esto considerando la compra del agua envasada en la comunidad, contrario al agua de otras marcas que les cuesta más cara.

Normalmente los botellones comprados directamente en la planta purificadora tienen un precio de 0,48 dólares, y 0,8 dólares puesto a domicilio (Sr. Guadalupe Emanuel Morales, gerente general de la purificadora “Ojo de agua”).

La razón por la cual la población compra agua embotellada es debido a que la Secretaría de Salud les recomienda no beberla puesto que la parte alta donde se ubica la captación está descubierta, cercana a ella es una zona de potrero y algunos animales silvestres mueren dentro del agua (Clemente Jain Leiva, exjefe de la CAEV 2010).

Por los comentarios anteriores, es recomendable buscar una estrategia que permita el diseño de filtros de carbón antes de que el agua entre al tanque de captación, realizar análisis frecuentes de calidad, clorarla en los tanques de almacenamiento y hervirla para su consumo, si se gestiona esta medida o se analizan otras por parte de la CAEV y se crea el hábito de parte del usuario, se puede reducir altos costos por consumo de agua embotellada.

Una familia que consume dos botellones de agua por semana y considerando la tarifa normal (doméstico popular) de 3,83 dólares, gasta en promedio 6,4 dólares mensuales, casi el doble de lo que paga mensualmente por el suministro de agua a la CAEV.

Conflictos por el uso del agua en la comunidad

El 56,25% de los usuarios opinaron que *sí* existen conflictos por el agua, por lo tanto se les preguntó cuáles fueron las causas, consecuencias y soluciones a dichos conflictos, fueron variadas las respuestas obtenidas por ello se agruparon según similitudes (cuadro 19).

Cuadro 19. Porcentaje de respuestas de los usuarios con respecto a las causas, consecuencias y soluciones a los conflictos por el agua

CAUSAS	CONSECUENCIAS	SOLUCIONES	%
Incremento de tarifas; tarifas diferenciadas; suspensión del servicio sin previa notificación por parte de CAEV.	Toma de oficinas, manifestaciones	Destitución del exjefe de la CAEV	56,25
Suministro de agua a una comunidad vecina cuando el agua no está garantizada ni para Tepetzintla; el agua la suministran por tiempos.	Influencia de partidos políticos para decidir a quienes distribuir el agua.	Desconoce	6,25
Mal uso del agua por parte de los usuarios	Suspensión del servicio	Manifestaciones	4,16
Desconoce			33,33
Total			100,00

Los conflictos por el agua inicialmente se habían presentado con el municipio vecino de Cerro Azul, quienes por la falta del vital líquido quisieron desviar el agua de donde se abastece Tepetzintla, pero esta comunidad se lo impidió atando al presidente municipal de aquella época; en este conflicto tuvo que intervenir el Ejército y la Secretaría de Gobernación. La solución fue la construcción de la presa el Moralillo y este abastece de agua actualmente a dicho municipio y a algunas comunidades de Tepetzintla (Clemente Jain, exjefe CAEV 2010).

El mismo exjefe de la CAEV también mencionó que el conflicto reciente se dio en el 2009 ya que tan solo el 60% de la población paga puntualmente el servicio. Después de seis meses y al no pasar a liquidar, se les envió la notificación a los morosos (con base al artículo 105 de la Ley de Aguas del Estado de Veracruz). Los inconformes, por no querer pagar el agua se manifestaron y tomaron las oficinas bajo el apoyo de un grupo político liderado por el Partido de la Revolución Democrática (PRD), quienes a su vez se denominan “Frente ciudadano por la defensa de Tepetzintla”, los cuales no permitieron que el personal de la CAEV hiciera su trabajo y justo en esa época se presentó un desperfecto en la línea de conducción por el paso de una tormenta, que ocasionó la suspensión del suministro de agua durante una semana. El problema se agravó ya que a la falta de agua y con el problema suscitado en México por la presencia del virus de la influenza, se cerraron las instalaciones educativas, suspendiéndose las clases en todos los niveles educativos (Contraloría Ciudadana de Tepetzintla 2010).

El grupo político exigía reducción en las tarifas del agua, condonación de deudas, venta de agua para el ganado obtenida de la misma fuente de abastecimiento para consumo humano; el argumento es que el agua la da Dios y no se debe pagar (Clemente Jain exjefe CAEV y Contraloría ciudadana 2010).

Ante tal situación los habitantes se reunieron para darle solución al problema y mediante el apoyo de la autoridad municipal, solicitaron a la Dirección General de la CAEV en Xalapa para que interviniera en el asunto. A raíz de esta situación es como se forma “Contraloría Ciudadana”.

Por los comentarios anteriores, parece que cuando los líderes buscan el poder, poco importa las estrategias para lograrlo y más aún cuando se desconoce del tema, la forma en que se maneja la información ante los usuarios muchas veces es errónea. De nada sirve aplicar la Ley cuando para ello no se tiene respaldo político, al actual gobierno no le convenía que se realizaran manifestaciones por parte de los usuarios porque su partido perdía credibilidad, el precio fue aceptar la destitución del exjefe por parte del gobierno (Clemente Jain, exjefe CAEV 2010).

Entre otras opiniones rescatadas de los usuarios es que los conflictos por el agua se han suscitado en el sentido de que *no existe* una distribución equitativa del agua, ya que en el diseño del tanque de distribución no se consideró el incremento de la población y con ello, de

la demanda. El problema se ha ido resolviendo por parte de la CAEV, conforme a las necesidades de la población. Es por ello, que actualmente, cuentan con tres tanques de almacenamiento, los cuales distribuyen el agua por periodos de tiempo, ya sea por un par de horas pero todos los días, sin embargo hay usuarios que tienen agua todos los días durante todo el día, lo que llega a provocar inconformidad entre ellos.

Lo sorprendente es que más de la mitad de los usuarios entrevistados respondieron que *no ha habido conflictos* por el agua (49,47%) o que simplemente *desconocen* (16,84%). Al parecer el conflicto del agua no fue relevante o solo se centró en un determinado grupo inconforme es decir, los morosos, o bien, no existe suficiente organización y empoderamiento en la gestión del agua.

Situación actual y futura del agua en Tepetzintla

Una vez indagado los antecedentes de los conflictos por el agua en la comunidad, la opinión de los usuarios y actores entrevistados sobre la situación actual y futura del manejo del agua no pudo obtenerse a nivel de la microcuenca “La Pagua” sino a nivel de la Sierra de Otontepec, ya que la mayoría desconoce la ubicación de la microcuenca. Sin embargo, la información que se pudo obtener se conjuntó con la percepción sobre la situación del agua a nivel de México. Las opiniones con sus respectivos porcentajes se mencionan a continuación:

- a) Aún hay suficiente cantidad de agua en la “Sierra”, pero en unos años irá disminuyendo, por ello se debe hacer conciencia de su buen uso y no malgastarla; a nivel nacional la situación es bastante crítica, hay mucha contaminación por el manejo de los desechos y por ello se están contaminando las fuentes de agua (16,84%).
- b) Se puede decir que la cantidad de agua en la Sierra de Otontepec, no es tan deficiente comparado con otros lugares de México, en donde se les escasea y no la reciben a diario, en la comunidad se recibe, aunque sea un par de horas, pero casi no falta (83,16%). Solo faltaría hacer conciencia sobre su buen uso y manejo.

A pesar de que los usuarios perciben que en la sierra de Otontepec aún existe agua en cantidad, saben que en Tepetzintla comienzan a tener problemas de abasto sobre todo durante los meses de marzo a julio (época de sequía). Así mismo en temporadas de fuertes lluvias la

línea de conducción tiende a averiarse, por lo que están expuestos a la falta de agua. Ante esta situación sugirieron una serie de acciones que pueden ayudar a contrarrestar esta situación.

Acciones consideradas por los usuarios entrevistados, para contrarrestar los problemas de abasto de agua en la cabecera municipal de Tepetzintla.

Las respuestas de las personas entrevistadas fueron diversas, por ello se sintetizó y agrupó anteponiendo una codificación, el conjunto de acciones por código se expresa en porcentaje (Cuadro 20).

Cuadro 20. Acciones inmediatas consideradas por los usuarios del agua, para contrarrestar los problemas de abasto de agua en la cabecera municipal de Tepetzintla.

CODIFICACIÓN	ACCIONES Y RESPONSABLES	PORCENTAJE (%)
A	Construir depósitos más grandes o represas por parte de CAEV para almacenar más agua y alcance para toda la población, todo el día durante todos los días y que sea equitativo para todos.	52,63
	Que los mismos usuarios construyan depósitos más grandes para almacenar el agua y mantengan una cultura del cuidado del mismo y quizás multar a quienes la malgastan.	
B	Realizar recorridos periódicos por parte de CAEV para detectar las constantes fugas (tuberías, derrame de agua en el tercer tanque de almacenamiento) y dar mantenimiento frecuente al acueducto, anticipando con tiempo a los usuarios para hacer dicha actividad.	14,74
	Que la CAEV cumpla con sus responsabilidades y siga suministrándoles el agua a tiempo.	
	Insistir a los usuarios para que paguen su cuota por el agua y suspenderles el servicio a quienes no lo hagan.	
C	La comisión del agua, antes de incrementar las tarifas debe dar a conocer a la población para que estén enterados y no haya conflictos.	12,63
	Contratar más personal para que estén al pendiente del mantenimiento de la línea de conducción porque en temporada de lluvias truena la tubería y en temporada de calor disminuye el agua.	
	Para la temporada de escasez de agua identificar una fuente adicional para captar el agua.	
D	Administradores del agua y usuarios deben realizar actividades conjuntas para conservar la zona y frenar la tala ilegal cercano a la fuente de agua.	14,74
E	Sin comentarios	5,26
Total		100%

f) Oferta y demanda de agua proyectada

Método de aforo con flotadores (Villón 2004), utilizado para determinar la oferta de la microcuenca.

Con la aplicación de este método se pudo obtener una aproximación del valor del caudal de la corriente la cual fue considerada como la oferta de la microcuenca. La fórmula empleada para el cálculo del caudal se detalla en la metodología.

Para poder aplicar la fórmula se hicieron los cálculos de la velocidad y área por separado.

Velocidad de la corriente

Para calcular la velocidad, se requirió conocer la longitud y el tiempo que tarda determinado objeto (tapadera plástica) en recorrer cierta distancia, para ello se consideraron tres repeticiones las cuales se muestran en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Repeticiones realizadas para conocer el tiempo que tarda determinado objeto en recorrer cierta distancia.

REPETICIONES	LONGITUD (m)	TIEMPO (s)
1	5	36,17
2	5	38,35
3	5	34,10
Promedio		36,20

Sustituyendo valores en la fórmula de la velocidad:

$$Velocidad = \frac{Longitud}{Tiempo} = \frac{5\text{ m}}{36,20\text{ s}} = 0,138\text{ m/s}$$

La velocidad de la corriente es de 0,138 m/s

Área del caudal de la corriente

La profundidad de la corriente fue considerada constante, puesto que esta medida se mantenía a lo largo de la sección del caudal, el fondo del mismo está cubierto de concreto lo que facilita a los fontaneros realizar el mantenimiento.

Sustituyendo valores en la fórmula para el cálculo del área del caudal de la corriente se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Área} = \text{ancho} \times \text{profundidad} = 1,20 \text{ m} \times 0,70 \text{ m} = 0,84 \text{ m}^2$$

Tomando en cuenta los valores de velocidad y área se procedió a calcular el caudal de la corriente:

$$Q = 0,138 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,84 \text{ m}^2 = 0,115 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ litros}$$

$$Q = 0,115 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1\,000 \text{ litros} = 115 \text{ l/s}$$

La oferta de la microcuenca es de 115 litros por segundo, este resultado da una idea de cuanta agua está generando la microcuenca en estudio, pero como ya se comentó en el apartado de metodología, esta es una aproximación, puesto que este mismo caudal le aporta agua a otra comunidad vecina de Tepetzintla.

Método de aforo volumétrico (Villón 2004), utilizado para determinar la oferta o caudal aprovechado de la microcuenca.

Por las razones mencionadas en la metodología, el cálculo se hizo partiendo de las dimensiones del tanque (base, profundidad, ancho). La profundidad se calculó a partir de la “marca” que tiene el tanque en la parte interna, hasta el nivel donde se encontraba el agua en el momento del aforo.

Sustituyendo valores en la fórmula tenemos:

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{480 \text{ l}}{31 \text{ s}} = 15,48 \text{ l/s}$$

Lo anterior significa que se simuló un recipiente con una capacidad menor que la capacidad total del tanque, por ello el resultado del caudal aprovechado fue de 15,48 l/s, siendo este valor considerado para calcular la oferta y demanda de agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla. Por la ubicación de la corriente no fue posible obtener tres

repeticiones tal como lo indica Villón (2004), sin embargo, nos permite dar una idea de la situación actual.

Para tener una idea del caudal aprovechado en litros por día, se partió del resultado anterior y se procedió a realizar el cálculo.

$$15,48 \frac{l}{s} \times 3\,600 \frac{s}{1\ h} \times 24 \frac{h}{día} = 1\,337\,472 \text{ l/día}$$

El caudal aprovechado calculado mediante el método de aforo volumétrico (Villón 2004) fue de **1 337 472** litros de agua por día, el cual se estima que está y se asume que seguirá disponible para abastecer a la cabecera municipal de Tepetzintla, siempre y cuando se tomen acciones en la zona de recarga hídrica para contribuir a mantener o en su caso incrementar la calidad y cantidad de agua.

Para conocer la demanda de agua por parte de la comunidad fue necesario calcular el número de habitantes, procediéndose a determinarlo bajo el método aritmético (Jain 2001), (Cuadro 22), tomando como base la siguiente ecuación:

Ecuación para el método aritmético: **P = 5 033 + 41, 6 (t – 2005)**

Cuadro 22. Proyección de la población de Tepetzintla del 2010 al 2030.

AÑO	NO. DE HABITANTES	AÑO	NO. DE HABITANTES	AÑO	NO. DE HABITANTES
2005	5 033	2014	5 407	2023	5 781
2006	5 074	2015	5 449	2024	5 823
2007	5 116	2016	5 490	2025	5 865
2008	5 157	2017	5 532	2026	5 906
2009	5 199	2018	5 573	2027	5 948
2010	5 241	2019	5 615	2028	5 989
2011	5 282	2020	5 657	2029	6 031
2012	5 324	2021	5 698	2030	6 073
2013	5 365	2022	5 740		

Conociendo la población proyectada se hizo un análisis de la demanda de agua con base a dos escenarios, se tomó en cuenta dos escenarios de **consumo per cápita**: de **150 y 264** litros/persona/día (Cuadro 23):

Cuadro 23. Oferta y demanda de agua actual y proyectada en Tepetzintla, Veracruz

AÑO	HABITANTES	OFERTA O CAUDAL APROVECHADO (LITROS/DÍA)	*DEMANDA EN FUNCIÓN EL CONSUMO PER CÁPITA (150 LITROS/PERSONA/DÍA)	DIFERENCIA ENTRE OFERTA Y DEMANDA	**DEMANDA EN FUNCIÓN AL CONSUMO PER CÁPITA (264 LITROS/PERSONA/DÍA)	DIFERENCIA ENTRE OFERTA Y DEMANDA
2010	5,241	1 337 472	786 150	551 322	1 383 624	-46 152
2020	5,657	1 337 472	848 550	488 922	1 493 448	-155 976
2030	6,073	1 337 472	910 950	426 522	1 603 272	-265 800

* (PNUMA 2010)

** (SEMARNAT 2005)

Escenario 1. Proyección de la demanda considerando un consumo per cápita de 150 litros/persona/día, bajo estas condiciones de consumo, se deduce que en la cabecera municipal de Tepetzintla hay **excedente** de agua sobre todo en este año 2010, a medida que pasan los años (2020 y 2030) con el aumento en la población el excedente se reduce.

Escenario 2. Proyección de la demanda considerando un consumo per cápita para el caso de México de 264 litros/persona/día, con base a esta información es notorio que la demanda supera a la oferta a partir de este año 2010, en el que comienza haber un **déficit** de 46 152 litros/día, esto equivale al volumen de agua requerido para abastecer a 174 personas. En 20 años más, el déficit se estima en 265 800 litros/día, es decir, esta cantidad será necesaria para abastecer a una población de 1 006 habitantes.

Sin embargo, en los recorridos de campo realizados y con base al cálculo del caudal de la microcuenca (115 l/s) se observó y determinó que ésta tiene potencial de producción de agua. Los fontaneros mencionaron que en época de estiaje, a veces, llega a reducirse la cantidad de agua, pero cuando esto sucede desvían el agua de otro caudal que deriva de la misma microcuenca “La Pagua”.

Lo anterior significa que la población hasta el momento tiene alternativas de continuar abasteciéndose del agua que se genera en la “La Pagua”, siempre y cuando haya arreglos entre los dueños de los terrenos y sean consideradas las prácticas de producción que son compatibles con el buen manejo de cuencas (sobre todo las prácticas de ganadería

conservacionista y de producción y conservación forestal con sus respectivas prácticas de manejo y conservación del agua).

El problema central para los habitantes de Tepetzintla, radica en la infraestructura cuya vida útil ha disminuido provocando constantes fugas, esto se corrobora con la eficiencia calculada en este mismo estudio, la cual es de 82,6% (ver acápite sobre eficiencia de conducción de agua en el acueducto).

4.3 Fuentes de agua para consumo humano, usos de la tierra y prácticas de manejo de cuencas en las áreas de recarga hídrica aparente de estas fuentes.

Zonas de recarga hídrica aparente

En la zona de estudio las rocas presentes son de tipo extrusivas y se comprueba con la presencia de varias fuentes de agua existentes; los suelos tienen la característica de ser suelos permeables y los usos de suelo favorecen la infiltración, esto concuerda con lo señalado por Matus (2007) sobre las características biofísicas que presentan ciertas áreas para considerarse como zona de recarga hídrica.

Teniendo en cuenta la información anterior se compartió con los asistentes al taller y haciendo un análisis de la información de las zonas de recarga, se resaltó por parte de los participantes la existencia de dos zonas de recarga hídrica aparente, una de ellas ubicada en terrenos Ejidales (Ejido Apachicruz). Para analizar con mayor profundidad esta área, se realizó un taller exclusivamente con los ejidatarios.

Algo rescatable de este taller es que la gente entiende perfectamente la razón del porqué conservar el área, sin embargo se dejaron verter comentarios importantes que quizás se hace toda persona con necesidad de producir ¿cómo conservar si tenemos que producir?

Respondiendo un poco a la pregunta anterior se les comentó acerca de algunas iniciativas gubernamentales y no gubernamentales interesadas en ofrecer un pago por servicios ecosistémicos a propietarios o dueños de los terrenos que mantienen áreas en conservación dentro de la zona de estudio y otras áreas de la Sierra de Otontepec. En este punto se apoyó de los representantes de la Fundación Pedro y Elena Hernández, A.C (iniciativa a favor del rescate y conservación de la riqueza natural de México), quienes explicaron sobre la existencia de fondos recurrentes entre la CONAFOR y la Fundación, con aportaciones 1:1, es decir por

cada peso que pone la ONAFOR la Fundación pone otro peso, el pago lo realizan por hectárea por año.

Analizado lo anterior los ejidatarios reflexionaron y solicitaron a la Fundación, los oriente sobre los requisitos que habría que reunir para participar en dicho programa.

Cabe mencionar que los ejidatarios en su mayoría son campesinos y solo rentan sus terrenos con pastura a los ganaderos debido a que sus terrenos se localizan muy distanciados de donde habitan. Por la renta de sus tierras reciben un monto de US\$ 8,00 por cabeza de ganado por mes (una cabeza de ganado ocupa una superficie de una hectárea y cada ejidatario tiene alrededor de 6 ha de terreno), dejan descansar el terreno por dos meses para que se recupere el pasto, de nuevo lo rentan y así sucesivamente se vuelve al mismo ciclo. Por lo tanto, al año se estima un ingreso de US\$192,00 por ejidatario, lo que hasta el momento ha representado una fuente de ingresos adicional a las labores que realizan.

Considerando el alto potencial hidrológico que no solo se presenta en la zona donde se ubica el Ejido Apachicruz, sino en el resto del territorio de la microcuenca “La Pagua”, se identificaron dos áreas aparentes de recarga hídrica (Figura 14) denominadas de la siguiente manera:

Zona aparente de recarga hídrica 1 (La Pagua): aunque la microcuenca en estudio lleva por nombre La Pagua, es justamente de este lado de la zona de recarga donde se ubica el sitio que lleva este nombre, cuyo significado en Náhuatl es “árboles de aguacate”. La mayor parte de la superficie de esta zona corresponde a terrenos nacionales y aunque en campo no se tiene delimitado hasta donde comienzan los terrenos nacionales, esto lo hace vulnerable al cambio en el uso de suelo.

Zona aparente de recarga hídrica 2 (Ejido Apachicruz): en esta zona de recarga se ubica el Ejido Apachicruz, la parte alta de esta zona de recarga está cubierta por bosque no perturbado debido a que presenta pendientes pronunciadas para el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, los ejidatarios en acuerdos internos determinaron considerarla como bienes ejidales por lo que estas tierras ya no fueron parceladas, tan solo en la zona baja de los terrenos se identificaron áreas dedicadas a la ganadería, actividad responsable del cambio del uso del suelo de bosque a pasto; dichos terrenos actualmente son rentados a los ganaderos.

El resto de la superficie que se encuentra fuera del polígono del Ejido corresponde a terrenos particulares y una mínima superficie son terrenos nacionales.

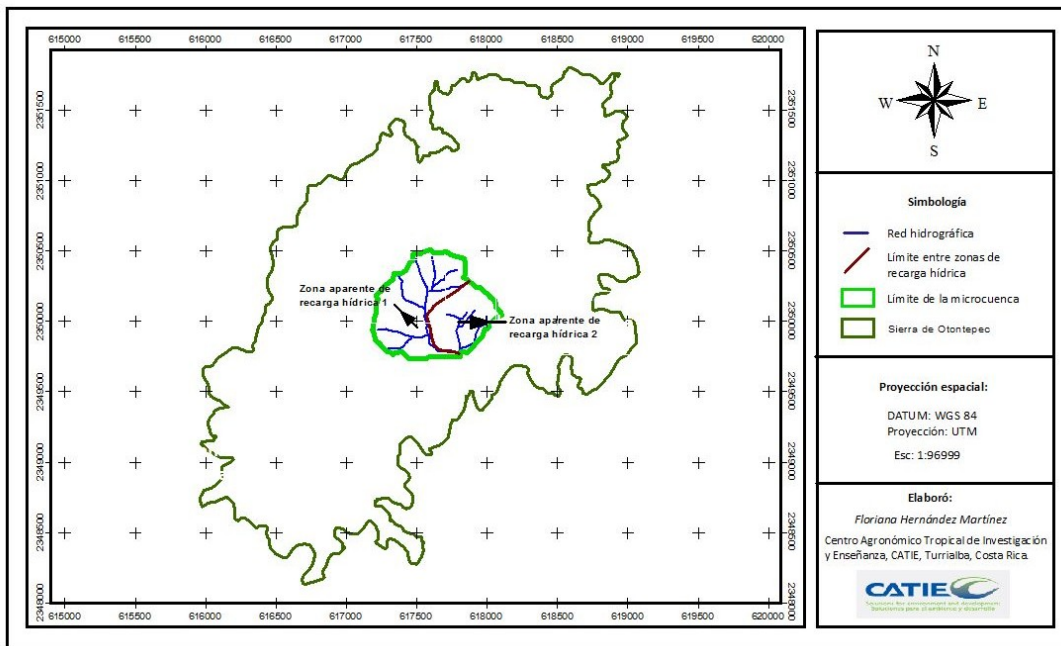


Figura 14. Zonas aparentes de recarga hídrica en la microcuenca La Pagua

Cambios en el uso de la tierra en la microcuenca La Pagua del 2004 al 2006

Una vez identificadas las zonas aparentes de recarga hídrica, se hizo el análisis de los usos de suelo presentes en la microcuenca apoyados de la imagen SPOT 2004 (Figura 15), así como en el contenido del decreto publicado en el 2005, uso del programa ArcView 3.3, de la imagen satelital IKONOS 2006 (0.6 x 0.6 pixeles) (Figura 16) y de los recorridos realizados en campo, se obtuvo lo siguiente:

- *Zona núcleo (mayor a 750 m.s.n.m)*: el decreto señala que esta zona es solo de uso forestal. Según la imagen SPOT 2004, en esta cota los terrenos ya habían sido intervenidos entre el rango altitudinal que va de los de 750 a 900 m.s.n.m. Para el 2006, es decir, dos años después en la imagen satelital IKONOS aparentemente se observa que esta zona se está recuperando, sin embargo, con los recorridos en campo se verificó que se continúa extrayendo madera de manera ilegal, por lo que actualmente el uso de la tierra se encuentra entre bosque perturbado, predominando en mayor superficie el acahual.

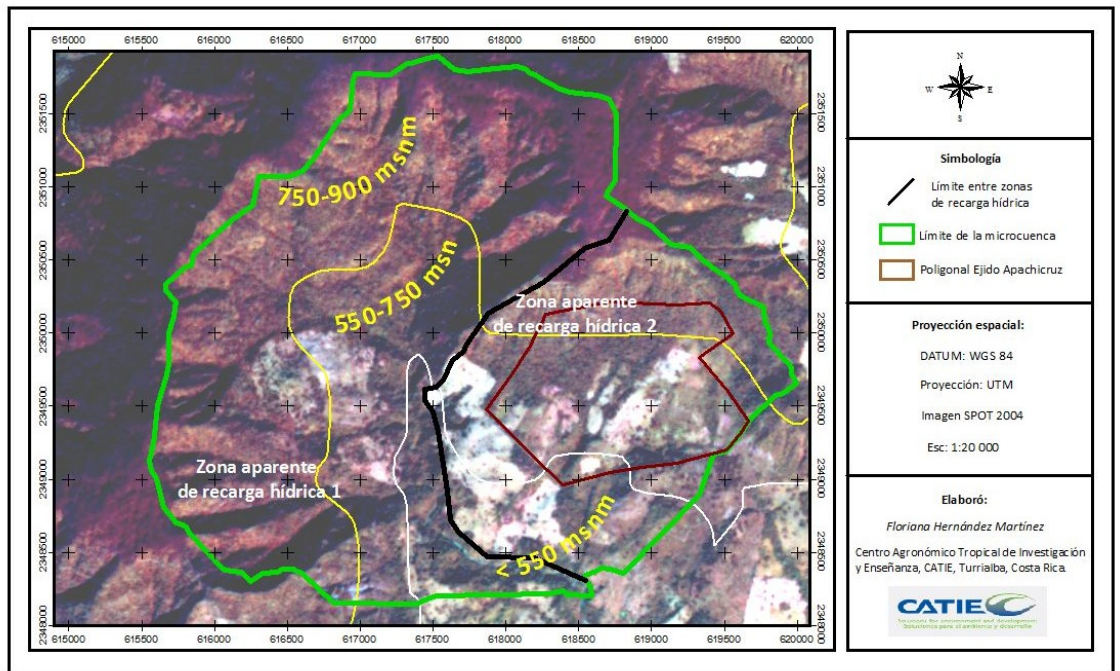


Figura 15. Rangos altitudinales y zonas aparentes de recarga hídrica en la imagen SPOT 2004

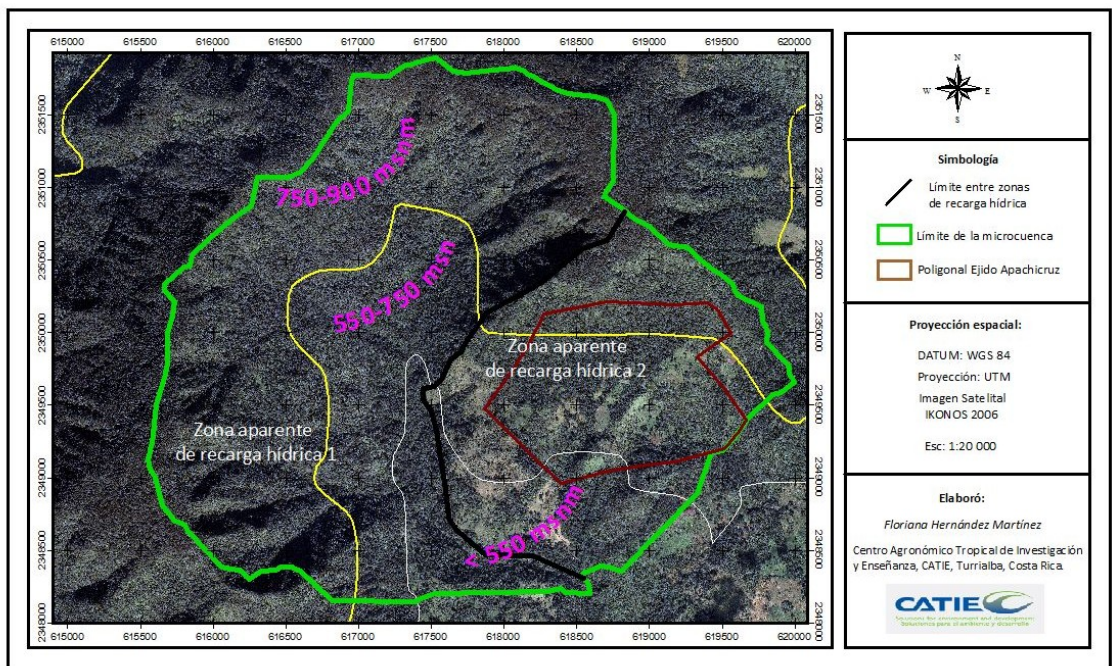


Figura 16. Rangos altitudinales y zonas aparentes de recarga hídrica en la imagen IKONOS 2006

- Zona de amortiguamiento (550-750 m.s.n.m) conversión de agricultura y ganadería a bosques (decreto 2005): en la imagen SPOT se observa bien marcadas

las áreas intervenidas lo que coincide con la imagen satelital IKONOS, en el recorrido en campo se corroboró que estas áreas corresponden actualmente a ganadería, sobre todo abarca el territorio del Ejido Apachicruz o zona aparente de recarga hídrica 2. La mayor parte de los terrenos que corresponden a pastizales pertenecen al Ejido en mención y a particulares.

Siguiendo esta cota y entre los límites de las zonas de recarga hídrica 1 y 2, hacia el norte con dirección a los terrenos nacionales, se encontró vegetación semidensa debido a que existe áreas con pasto intercalado. Conforme se avanza al interior de la microcuenca se encuentran fragmentos de bosque perturbado en el que están introduciendo pasto, por lo que el uso de suelos actualmente es considerado como bosque perturbado.

En la misma cota de los 550 a 750 m.s.n.m pero en la zona de recarga 1, se continúa extrayendo madera de forma ilegal, en el que se observó una vereda muy marcada para la extracción. Estos terrenos, poco a poco, están siendo sustituidos por vegetación secundaria con dominancia de especies conocida localmente como sangregado. Estos terrenos corresponden a terrenos nacionales.

- *Zona de aprovechamiento sustentable (350-550 m.s.n.m.) establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles:* por debajo de la cota de los 550 m.s.n.m corresponde a ganadería, es una zona bien marcada que coincide con la imagen satelital IKONOS. La mayor superficie, que corresponde a pastizales, se encuentra en la zona de recarga 1 y se ubica en terrenos particulares. Por debajo de la cota de los 550 y siguiendo la franja ribereña, se encontró madera aserrada aguas arriba de un arroyo que conduce agua a la captación de Tepetzintla. Cabe señalar que precisamente esta captación se encuentra en terrenos particulares. En términos generales, la zona más degradada está en la zona de recarga de Apachicruz o zona de recarga hídrica 1, donde los dueños son ejidatarios y particulares.

Uso actual de la tierra en las zonas de recarga hídrica aparente

El mapa de usos de la tierra (Figura 17) fue generado a partir de las imágenes analizadas y de la verificación en campo, obteniéndose los usos siguientes:

En la zona de recarga hídrica aparente 1: bosque natural o no perturbado, acahual (vegetación secundaria cubierta en su mayoría por “sangregado”), bosque ribereño, bosque perturbado y ganadería.

En la zona de recarga hídrica 2: pastizal con árboles, bosque no perturbado, bosque perturbado y bosque ribereño.

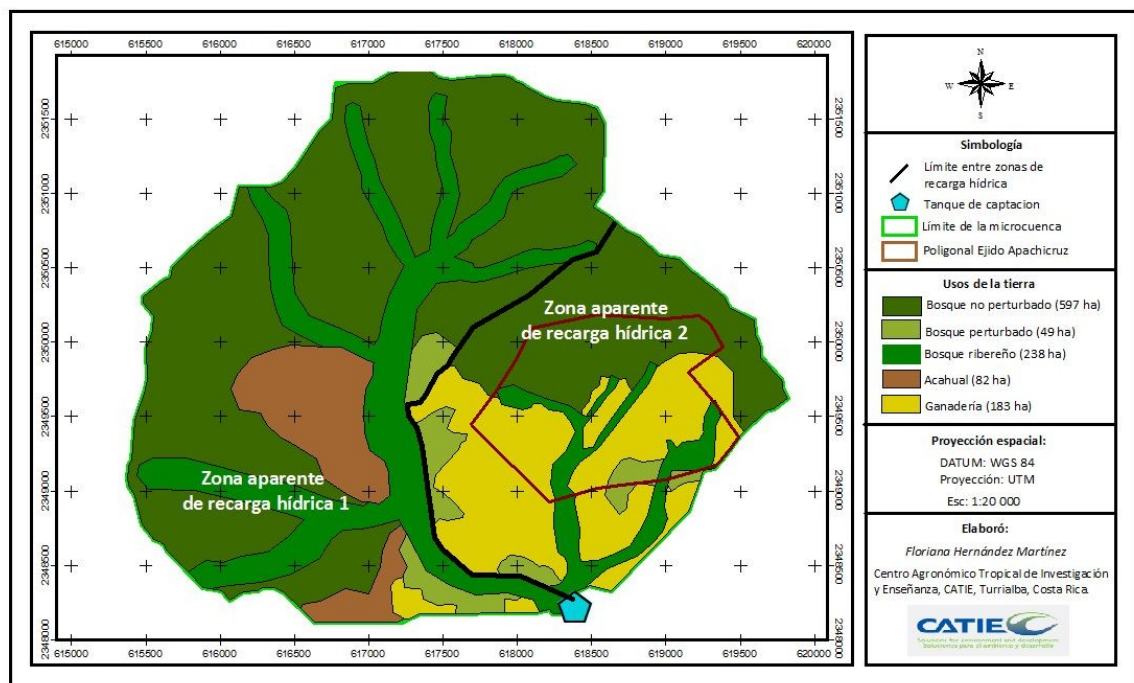


Figura 17. Usos de la tierra en las zonas de recarga hídrica aparente

El tipo de vegetación presente en la microcuenca La Pagua, es el bosque tropical perennifolio, cuya comunidad vegetal está compuesta por especies que alcanzan alturas de 15 a 25 metros de altura, en este tipo de vegetación las diferencias entre bosque no intervenido e intervenido se aprecian en mayor altura del dosel, densidad de individuos, algunas de las especies dominantes en el bosque no intervenido y mayor cantidad de árboles caídos o con señales de tala en el bosque intervenido. Debido a la situación anterior los usos de suelo en este tipo de bosque se clasificó de la siguiente manera: bosque no perturbado, bosque perturbado y bosque

ribereño, otros usos de suelo encontrados son ganadería (área cubierta de pasto intercalado con árboles) y acahual.

La superficie por usos del suelo y sus características respectivas se resumen en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Resumen de los usos de suelo, superficie y características particulares por uso de suelo en las zonas de recarga hídrica aparente.

USOS DE SUELO	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICAS
Bosque no perturbado	597	52	Dentro de las especies encontradas en el bosque tropical perennifolio se encuentran: <i>Cedro (Cedrela odorata)</i> , higo (<i>Ficus sp</i>), <i>Bursera sp</i> , <i>chijol (Piscidia sp)</i> , <i>jonote (Heliocarpus sp)</i> . También existe una variedad de epífitas y lianas.
Bosque ribereño	238	21	
Bosque perturbado	49	4	
			El bosque de encino también tiene gran afinidad climática con el bosque tropical perennifolio, por lo que en las zonas más bajas de la microcuenca se encuentran encinos (<i>Quercus sp</i>), con abundancia de heno o paxle (<i>Tillandsia usneoides</i>) y otra diversidad de especies de la familia bromeliaceae. Esta comunidad vegetal normalmente se encuentra en fragmentos aislados por los pastizales.
Ganadería	183	16	Dominancia de pasto no mejorado asociado con algunos árboles (<i>Quercus sp</i>), <i>guasima (Guazuma ulmifolia)</i> y <i>Bursera sp</i> .
Acahual	82	7	Existe dominancia de especies como el sangregado (<i>Croton draco</i>).
Total	1149	100	

Identificación y características de las principales fuentes de agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua.

Las fuentes de agua la conforman una serie de manantiales que escurren del área de los terrenos nacionales y de los terrenos ejidales y particulares (Figura 18), aguas abajo forman una serie de arroyos. La formación del arroyo principal lleva por nombre Arroyo Buenavista.

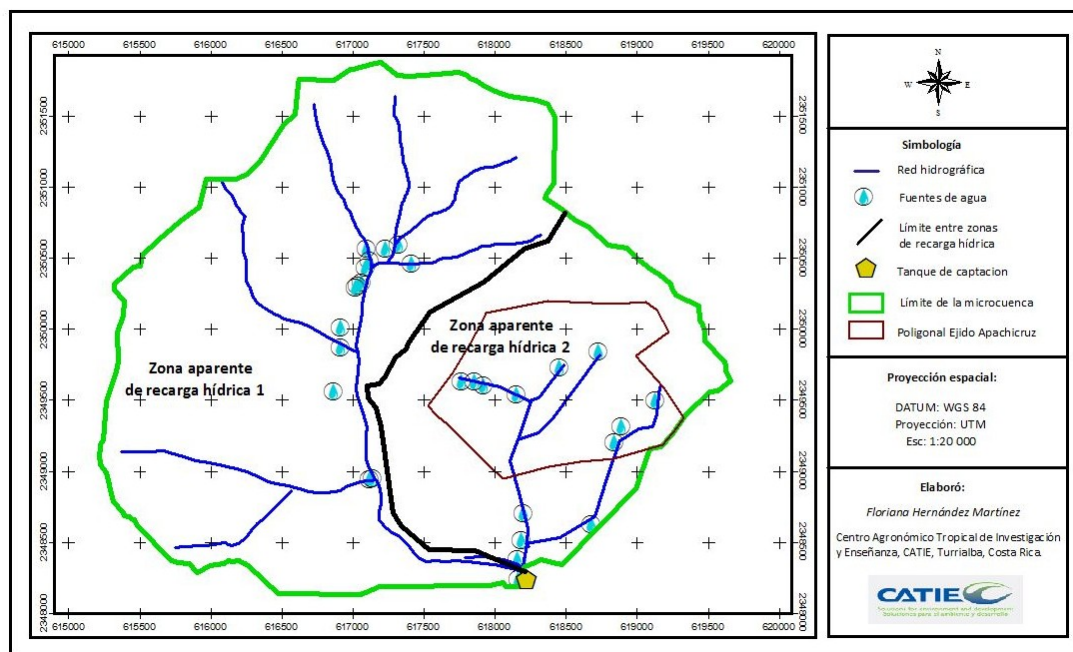


Figura 18. Red hidrográfica y fuentes de agua en la microcuenca “La Pagua”

De acuerdo a la topografía del terreno se aprecian dos cascadas que aportan agua al arroyo mencionado, las cascadas surgen en los terrenos ejidales o zona de recarga hídrica 2. Las coordenadas geográficas de las fuentes de agua se presentan por zonas aparentes de recarga hídrica en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Ubicación geográfica de las fuentes de agua para consumo humano

No.	X	Y	ALTITUD (msnm)	OBSERVACIONES
Fuentes ubicadas en la zona aparente de recarga hídrica 1				
1	618180	2348364	412	Arroyo. Esta fuente está expuesta a la contaminación por coliformes ya que se ubica en una zona de ganadería, también se encuentra expuesta a la tala ilegal debido a que colinda con una franja de bosque que actualmente se considera como perturbado.
2	617437	2350443	677	Arroyo, denominado "palo blanco". Esta fuente se ubica en el área de bosque no perturbado, al parecer hubo un deslave anteriormente ya que está empedrado, sin embargo existe cobertura vegetal en el que dominan especies conocidas comúnmente como "higuera".
3	617343	2350575	664	Arroyo. Atraviesa por la misma zona de bosque natural
4	617256	2350549	658	Naciente u ojo de agua. Ubicado en terrenos de bosque no perturbado
5	617117	2350547	638	Arroyo. Ubicado en el área de bosque perturbado
6	617116	2350418	611	Naciente u ojo de agua. Ubicado en el área de bosque no perturbado
7	617086	2350308	579	Arroyo. Ubicado en el área de bosque perturbado
8	617055	2350289	587	Naciente u ojo de agua. Ubicado en el área de bosque perturbado.
9	617046	2350274	586	Arroyo, ubicado en el área de bosque no perturbado.
10	616941	2349998	518	Arroyo con un caudal mínimo, cuya escorrentía superficial se infiltra y desaparece aguas abajo.

11	616941	2349853		Arroyo. En medio de esta fuente atraviesa el alambrado de púa lo cual sirve de límites entre los terrenos particulares, el sitio se encuentra dentro de una zona de bosque natural.
12	616886	2349542	547	Naciente u ojo de agua. La franja ribereña donde se ubica esta fuente colinda con el área de acahual.
13	617144	2348929	487	Arroyo que proviene del área de bosque no perturbado, pero esta zona de bosque colinda tanto al norte como al sur con el área de acahuales. La franja ribereña donde se ubica la fuente de agua colinda al este con el área de bosque perturbado
14	617165	2348934	487	Arroyo principal. Este arroyo la conforman todas las fuentes de agua encontradas aguas arriba de la microcuenca. El sitio georreferenciado colinda con el bosque perturbado.
Fuentes ubicadas en la zona aparente de recarga hídrica 2				
15	618212	2348498	410	Cascada, las aguas de esta fuente se unen al arroyo principal de la microcuenca y aportan agua al área de captación.
16	618189	2348225	389	Unión de arroyos que bajan de la parte alta de esta zona de recarga hídrica aparente, la fuente se encuentra dentro del área de ganadería y cerca del área de captación de agua de Tepetzintla.
17	618704	2348607	489	Naciente u ojo de agua
18	618866	2349186	575	Arroyo que aporta agua a las cascadas
19	618910	2349300	591	Naciente u ojo de agua, esta fuente se ubica en la zona de ganadería, el suelo está cubierto de pastizales intercalado con árboles, el dueño del terreno dijo poseer 6 ha aproximadamente.
20	619154	2349481	636	Arroyo, alrededor de la fuente hay árboles frutales, la parte alta del sitio corresponde a bosque que el productor mismo lo conserva y no extrae madera, es dueño de aproximadamente 6 has de terreno.
21	618748	2349824	730	Naciente u ojo de agua. Alrededor de la fuente está cubierta de vegetación, los suelos a pesar de estar empedrados muestran cierto contenido de materia orgánica.
22	618479	2349713	690	Naciente u ojo de agua, alrededor presenta una franja de árboles y al igual que la fuente de agua anterior, es un suelo empedrado.
23	618177	2349526	654	Naciente u ojo de agua. A su alrededor presenta una pequeña franja reducida de bosque.
24	617946	2349587	646	Naciente o fuente de agua. Alrededor del sitio existe arbolado denso
25	617878	2349618	647	Naciente o fuente de agua. También en su alrededor existe vegetación densa.
26	617786	2349616	645	Naciente u ojo de agua, está rodeada de pastizales intercalado con árboles.
27	618224	2348684	453	Cascada, rocas y árboles a su alrededor, ubicado en terrenos de ganadería
28	618248	2348214	401	Área de captación

Por sus características físicas (color, olor, temperatura, turbidez) y por la presencia de algunos organismos indicadores de buena calidad de agua (encontrándose algunos conocidos localmente como zapateros), la mayoría de las fuentes presentan buena calidad de agua, excepto el agua que baja de una de las cascadas en el que se alcanza a observar una ligera capa de grasa producto de la emanación de petróleo.

La posible fuente de contaminación sería por bacterias coliformes debido a la presencia de ganado por estas zonas, esto se da principalmente en aquellas áreas que corresponde a terrenos particulares. Quizás este problema no sea muy grave puesto que estos sitios se localizan alejados a la zona de captación que abastece a la comunidad, por lo que en el trayecto posiblemente algunas bacterias o contaminantes orgánicos pueden ser asimilados por el proceso de autodepuración natural de los arroyos, sin embargo es importante mantener bajo observación el caudal principal, antes de que este entre a la captación.

En entrevista con el ex director de la CAEV señala que por Ley se hacen análisis de calidad de agua por lo menos cada seis meses, la cual incluye análisis físicos, químicos y bacteriológicos, sin embargo no se tuvo evidencia documentada de dicha información por parte de la institución.

Pese a lo anterior diariamente se desinfectan los tanques de almacenamiento con hipoclorito de calcio al 75% (actualmente se clora con pastillas de manera manual, ya que el clorador automático están por reubicarlo). Aunque consideran que el agua que proviene de la Sierra es de buena calidad este es susceptible a contaminarse a través de la tubería, por ello la Secretaría de salud recomienda su desinfección.

El agua es clorada por personal de la CAEV, sin embargo según entrevistas aplicadas a los usuarios del agua la gran mayoría compra el agua embotellada, es mínima la población que consume el agua directamente de la llave o grifo y de consumirla primero la hierven, posiblemente el hecho de que la población consume agua embotellada es que no han tenido problemas de salud causada por el agua, esto se corroboró con el personal de salud quienes comentan que no han tenido registros de problemas de salud, al menos no para la cabecera municipal de Tepetzintla.

Prácticas de producción compatibles con el buen manejo de cuencas

Las prácticas de producción compatibles con el buen manejo de cuencas se evaluaron de acuerdo al nivel de cumplimiento en la microcuenca: 0= no se cumple, 1= se cumple a medias, 2= sí se cumple y 3= no aplica.

Prácticas de producción que se realizan en los diferentes usos de suelo de la microcuenca La Pagua.

Las prácticas de producción que son compatibles con el buen manejo de cuencas y su nivel de cumplimiento, se analizaron por usos de suelo existentes en la microcuenca (Figura 19).

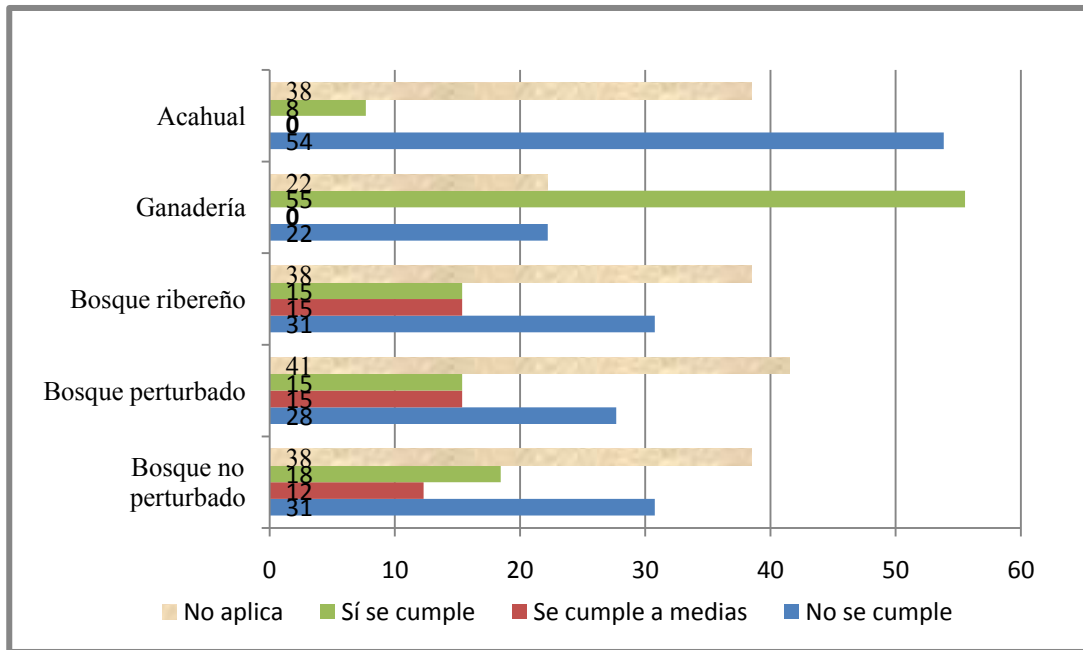


Figura 19. Grado de cumplimiento (%) de prácticas de producción para un buen manejo de cuencas en los diferentes usos de suelo de la microcuenca La Pagua.

A continuación se hace un análisis detallado del grado de cumplimiento de las prácticas, según el uso de suelo evaluado.

Bosque no perturbado

Prácticas que sí se cumplen

El 18% corresponde a prácticas de producción forestal que “sí se cumplen”, esto debido a que las áreas con pendientes mayores a 70% no están dedicadas a plantaciones forestales, en la microcuenca en general, hay un organismo responsable de otorgar permisos para la extracción forestal maderable, aunque esto no significa que la extracción está regulada. Los dueños de los terrenos (ejidatarios y particulares) no viven dentro de la microcuenca, lo cual los hace independientes del consumo de leña o carbón, o bien, aún cuando hacen uso de este combustible en su lugar de asentamiento, éste no es extraído de la microcuenca.

Prácticas que se cumplen a medias

Corresponde a un 12%, ya que para la extracción de madera se requiere de un permiso por parte del sector forestal, sin embargo, a pesar de que existe un ente regulador, la extracción se sigue dando de manera ilegal. A parte de la madera, según comentarios de los ejidatarios, también se extraen animales silvestres, sobretodo aves para su venta. Este uso de suelo en su mayoría forma parte de los terrenos nacionales y debido a que en la actualidad no se tiene delimitado en el terreno, está más expuesta a la extracción ilegal.

Prácticas que no se cumplen

El 31% corresponde a prácticas que “no se cumplen”, porque no existen programas de promoción y ejecución de reforestación y para reducir la deforestación. Tampoco existen brigadas contra incendios forestales, mecanismos de cobro y pago por servicios ambientales, los productores no han recibido capacitación alguna sobre silvicultura conservacionista, ni de manejo de los recursos naturales en general.

Prácticas que no aplican

El 38% de las prácticas de producción forestal “no aplican”, ya que no existe el monocultivo de plantaciones forestales y no se tiene como actividad productiva importante la venta de leña o carbón y tampoco se desarrolla la actividad turística en la zona.

En los casos de los usos de suelo bosque perturbado, bosque no perturbado y bosque ribereño, en este estudio, la condición de no aplica se puede considerar beneficiosa para el manejo de cuencas ya que no existe aprovechamiento forestal, extracción de leña, ni producción de carbón, tampoco existe actividad turística de impacto.

Bosque perturbado

Prácticas que sí se cumplen

El 15% de las prácticas “sí se cumplen” porque las zonas con pendientes mayores al 70% no están dedicadas a plantaciones forestales, sino que se mantienen con bosque natural (al igual que el bosque no perturbado), en esta zona no habitan los dueños de los terrenos, por lo que no

son dependientes del consumo directo de leña y carbón ya que viven fuera de la microcuenca en estudio.

Prácticas que se cumplen a medias

El 15% de las prácticas “se cumplen a medias”, a pesar de que existe un organismo que regula la extracción forestal, este normalmente no cumple a cabalidad sus funciones, por ello existe la extracción ilegal de productos forestales maderables y no maderables.

Prácticas que no se cumplen

El 28% de las prácticas “no se cumplen”, por las mismas razones ya expuestas para bosque perturbado, o no, ya que no existe un programa de promoción y ejecución de reforestación y de reducir la deforestación, no existe el control de incendios forestales, ni mecanismos de cobro y pago de servicios ambientales, tampoco los productores han recibido capacitación sobre el manejo de bosques y de los recursos naturales, prueba de ello es que actualmente esta zona está perturbada. Al colindar esta área perturbada con el bosque ribereño, lo hace vulnerable a la reducción en la cobertura vegetal por la extracción ilegal, por lo tanto podría repercutir en la reducción de la cantidad de agua.

Prácticas que no aplican

El 41% de las prácticas que considera la metodología “no aplican”, ya que los propietarios no viven en la zona, por lo tanto, tampoco hacen uso directo de la leña o carbón, no existe control de incendios forestales, tampoco se desarrolla la actividad ecoturística y los productores no han recibido capacitación sobre silvicultura conservacionista y de manejo de bosques y de los recursos naturales.

Prácticas que se realizan en el bosque ribereño

Prácticas que sí se cumplen

El 15% corresponde a prácticas que “sí se cumplen”, en el sentido de que no existen plantaciones en pendientes mayores al 70%, y por la misma razón de que no hay asentamientos en la zona, tampoco existe mucha presión sobre la extracción de combustibles como la leña, sin embargo, si está expuesta a la extracción ilegal de madera.

Prácticas que se cumplen a medias

Corresponde a un 15% las prácticas que “se cumplen a medias”, a pesar de que la extracción forestal debe estar regulado, en la microcuenca no es aplicado como debiera de ser, por lo que se continúa realizando la extracción, tanto de productos forestales maderables como no maderables.

Prácticas que no se cumplen

El 31% de las prácticas que contempla la metodología “no se cumplen” por las mismas razones indicadas para bosque perturbado y no perturbado.

Prácticas que no aplican

El 38% de las prácticas que considera la metodología “no aplican” para estas áreas, ya que no hay asentamientos humanos en la zona ni se dedican a la actividad ecoturística.

Ganadería

Prácticas que sí se cumplen

El 55% de las prácticas conservacionistas “sí se cumplen”. La mayor parte de los terrenos están cubiertos por pasto intercalado con árboles, los productores no realizan la quema de pasturas y vegetación nativa como práctica para limpiar el terreno y controlar malezas, aquellos terrenos con pendientes elevadas conservan la cobertura vegetal y no son dedicadas a la ganadería. Por ejemplo, en la parte alta de los terrenos ejidales de Apachicruz, los terrenos con pendientes elevadas fueron declarados áreas comunales y no fueron fraccionadas, precisamente por la pendiente que no permite realizar ninguna actividad productiva, según comentarios de los ejidatarios.

Prácticas que se cumplen a medias

De las nueve prácticas de ganadería conservacionista que contempla la metodología, ninguna tuvo cumplimiento a medias.

Prácticas que no se cumplen

El 22% de las prácticas de ganadería conservacionista “no se cumplen”, ya que los productores no tienen variedades mejoradas de pasto y tampoco le dan un manejo a las pasturas, en este caso al pasto nativo. En algunos tramos de los terrenos particulares se observó áreas cubiertas de pasto estrella, la superficie cubierta con este, es mínima.

Prácticas que no aplican

Son aquellas que “no aplican” para el área que se está analizando y corresponde al 22%.

Acahuales

Prácticas que sí se cumplen

Tan solo el 8% de las prácticas de manejo en acahuales “sí se cumplen”, ya que al menos se mantiene la cobertura de acahual arbóreo y no existen plantaciones forestales en el área.

Prácticas que se cumplen a medias

De todas las prácticas evaluadas ninguna se cumple a medias en este uso de suelo.

Prácticas que no se cumplen

El 54% de las prácticas que contempla la metodología “no se cumplen” en este uso de suelo ya que no existen programas de promoción y ejecución de reforestación y de reducir la deforestación, no existen brigadas para el control de incendios, existe extracción de productos forestales, tanto maderables como no maderables. Es necesario establecer medidas de control para reducir la tala ilegal, ya que esta área forma parte de los terrenos nacionales. Tampoco existen mecanismos de cobro y pago por servicios ambientales.

Prácticas que no aplican

El 38% de las prácticas “no aplican” ya que no existen plantaciones forestales cercanas a las fuentes de agua, los terrenos son nacionales por lo cual no hay asentamientos humanos que originen desechos sólidos y líquidos y los lancen a los cauces de los manantiales. Tampoco existe actividad ecoturística.

Prácticas de manejo y protección del agua

Las prácticas de manejo y protección del agua presentan ciertas variaciones entre cada uno de los usos de suelo (Figura 20). Al igual que en el caso anterior (prácticas de producción), la condición no aplica, se puede considerar formidable para el manejo de la cuenca, en los usos de “bosque”, ya que no existe producción forestal, ni extracción de leña o carbón.

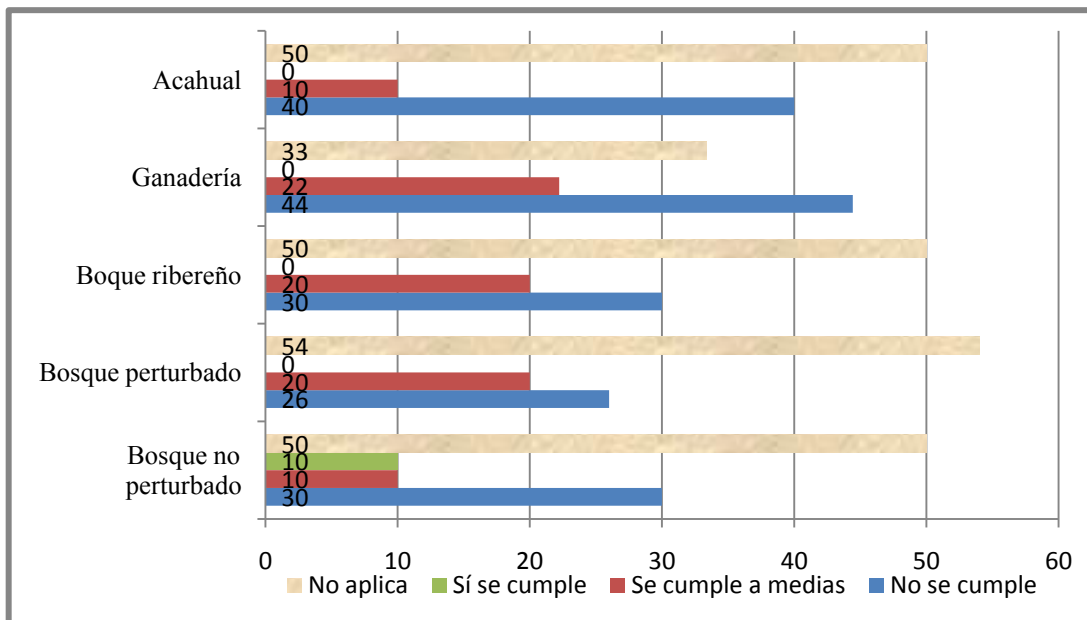


Figura 20. Grado de cumplimiento (%) de las diferentes prácticas de manejo y protección del agua en los diferentes usos de suelo presentes en la microcuenca La Pagua.

Bosque no perturbado

Prácticas que sí se cumplen

Corresponde a un 10% las prácticas de manejo y protección del agua que “sí se cumplen”, debido a que estos sitios por lo menos mantienen una buena cobertura boscosa, por ubicarse, en su mayoría, en terrenos nacionales.

Prácticas que se cumplen a medias

Otro 10% corresponde al cumplimiento a medias, a pesar de que no son áreas dedicadas a la producción forestal, pero por la extracción de madera ilegal si están expuestas a que las fuentes de agua no conserven su margen de protección de al menos 200 m de radio, que es lo que establece la metodología.

Prácticas que no se cumplen

El 30% de las prácticas no se cumple porque los caminos internos del área no tienen un diseño y mantenimiento que evite corrientes rápidas de agua y de arrastre de sedimentos, en este caso sería competencia del responsable del ANP realizar este tipo de actividades para reducir riesgos a desastres naturales.

Por su parte los ejidatarios de Apachicruz, tampoco han adoptado ni un mecanismo para evitar corrientes rápidas de agua, tampoco han asistido a eventos de capacitación sobre manejo del agua y/o sobre cuencas y las fuentes de agua que surgen en su territorio no están protegidas, por lo que están expuestas a que el ganado beba agua directamente de estas fuentes.

Prácticas que no aplican

El 33% de las prácticas de manejo y protección del agua “no aplican” ya que los dueños de los terrenos no habitan en estos sitios y no desechan a los cauces de las fuentes de agua sólidos y líquidos de actividades domésticas, actividades silvoindustriales o industriales, ni desechos sólidos y líquidos de porquerizas, aves y otras especies menores. En el área evaluada tampoco existen plantaciones forestales.

Prácticas que se realizan en el bosque perturbado

Prácticas que se cumplen a medias

El 20% de las prácticas “se cumplen a medias”, porque al menos la zona tiene cierta cobertura vegetal con especies nativas, sin embargo, son vulnerables a la tala ilegal; habría que incrementar la densidad de árboles en esta zona o adoptar prácticas silvopecuarias por parte de los dueños de los terrenos. Esta zona básicamente corresponde a los particulares.

Prácticas que no se cumplen

El 26% de las prácticas de manejo y protección del agua “no se cumplen”, ya que no existen mecanismos de cobro y pago del servicio ambiental hídrico y los caminos internos de la finca no tienen un diseño y mantenimiento que evita corrientes rápidas de agua y arrastre sin control de sedimentos.

Prácticas que no aplican

Para el caso del manejo y protección del agua, el 54% de las prácticas “no aplican”, puesto que no hay asentamientos humanos, no existen plantaciones forestales en el área, ni en el caso de los terrenos correspondientes a ejidatarios, estos no han participado en eventos de capacitación sobre el manejo del agua y/o de cuencas.

Como se puede apreciar en la gráfica, no existen prácticas conservacionistas que “sí se cumplan” en este uso de suelo.

Prácticas que se realizan en el bosque ribereño

Prácticas que se cumplen a medias

Corresponde a un 20% las prácticas de manejo y conservación del agua que se cumplen a medias, en el área evaluada las fuentes de agua tienen vegetación nativa en las márgenes de los cauces, pero estas zonas están expuestas en la parte media y baja de la microcuenca por la extracción ilegal de madera.

Prácticas que no se cumplen

El 30% corresponde de las prácticas “no se cumplen”, ya que no existen mecanismos de cobro y de pago por servicios ambientales, tampoco los caminos internos al área tienen un diseño y mantenimiento que evite corrientes rápidas de agua.

Prácticas que no aplican

El 50% de las prácticas no aplica en este uso ya que no hay plantaciones forestales, no se dedican al aprovechamiento forestal, no hay asentamientos humanos y por lo mismo no hay contaminación por desechos sólidos y líquidos resultante de la actividad doméstica, ni de desechos de animales domésticos ni industriales.

Este tipo de bosque tampoco presenta prácticas conservacionistas que sí se cumplan.

Ganadería

Prácticas que se cumplen a medias

El 22% de las prácticas corresponde al cumplimiento a medias; se evidenció que al menos existen franjas de vegetación ribereña a los lados de las fuentes de agua. Estas áreas ganaderas conservan cierta cobertura vegetal y de pasto lo que favorece a la zona de recarga aparente. Los suelos no están completamente descubiertos.

Prácticas que no se cumplen

El 44% de las prácticas “no se cumplen”; porque las fuentes de agua no están protegidas, por lo que el ganado puede llegar a beber agua directamente de la fuente, no existen abrevaderos. Los caminos de acceso a estos sitios no tienen un diseño y mantenimiento que evite corrientes rápidas de agua y tampoco los productores asisten a eventos de capacitación sobre manejo y gestión del agua y/o cuencas y su relación con la ganadería, debido a que ellos viven fuera de la región e incluso fuera del estado de Veracruz (principalmente los dueños de las propiedades particulares), dejando los terrenos a cargo de su personal de confianza.

Prácticas que no aplican

El 33% de las prácticas de manejo y conservación del agua no aplican, ya que en el área no hay asentamientos humanos por lo que no se desechan sólidos y líquidos producto de las actividades domésticas, ni desechos por crianza de animales domésticos.

De las nueve prácticas de manejo y protección del agua ninguna se cumple en estas áreas ganaderas.

Acahuales

El 10% de las prácticas de manejo y protección del agua “sí se cumplen” por el hecho que esta zona mantiene cierta cobertura vegetal.

Prácticas que se cumplen a medias

Las prácticas de manejo y protección del agua “se cumplen a medias” en un 10%, por lo menos el área conserva una cobertura vegetal nativa, aunque no está protegida, por lo que está propensa a la contaminación.

Prácticas que no se cumplen

El 40% de las prácticas de manejo y protección del agua no se cumplen, el sitio cada vez está expuesto a la extracción de madera, los caminos internos no tienen un diseño que eviten corrientes rápidas de agua. Por pertenecer este uso evaluado a terrenos nacionales, este es vulnerable a que se continúe avanzando en el cambio del uso del suelo, por no haber una delimitación en campo.

Prácticas que no aplican

El 50% de las prácticas que considera la metodología no aplica, debido a que no hay asentamientos humanos en la microcuenca que puedan verter sólidos y líquidos a los cuerpos de agua, tampoco existen plantaciones forestales, ni mecanismos de cobro y pago por servicios ambientales.

Al igual que en los usos de suelo descritos, no existen prácticas que sí se cumplan en el área de acahuales.

4.4 Vulnerabilidad y eficiencia del sistema de agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla.

a) Vulnerabilidad

Se evaluaron 10 componentes (Cuadro 26), con sus respectivos indicadores. La vulnerabilidad fue analizada con base a dos escenarios:

Vulnerabilidad del sistema de agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla (escenario 1).

En este escenario se le dio el mismo peso a todos los componentes del sistema, los indicadores se caracterizaron en categorías (0 al 4) y posteriormente se obtuvo el porcentaje de vulnerabilidad por cada indicador, en donde el valor más alto corresponde al 100%, el resultado indica el valor de la vulnerabilidad (muy baja o nula, baja, media, alta y muy alta).

Cuadro 26. Evaluación de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del acueducto de Tepetzintla, Veracruz.

FASE	INDICADOR	CALIFICACIÓN OBSERVADA	VALOR MÁXIMO	VULNERABILIDAD (%)	VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
Zona de Recarga Hídrica	Tenencia de la tierra	0	4	0	Muy baja
	Cobertura vegetal	0	4	0	Muy baja
	Uso del suelo	0	4	0	Muy baja
	Tendencia de uso del suelo	0	4	0	Muy baja
	Plan de ordenamiento territorial	4	4	100	Muy alta
Fuente de abastecimiento de agua	Tenencia de la tierra	3	4	75	Alta
	Demarcación	4	4	100	Muy alta
	Fuente de contaminación	1	4	25	Baja
	Susceptibilidad a amenazas naturales	2	4	50	Media
	Conflictos por el uso del agua de la fuente de abastecimiento	0	4	0	Muy Baja
	Balance entre oferta y demanda de agua	3	4	75	Alta
Toma de agua y obra de captación	Tenencia de la tierra	1	4	25	Baja
	Susceptibilidad a amenazas naturales	2	4	50	Media
	Accesorios y repuestos	0	4	0	Muy baja
	Estado de la caja	1	4	25	Baja
	Frecuencia de mantenimiento	0	4	0	Muy baja
Línea de conducción	Susceptibilidad a amenazas	2	4	50	Media
	Accesorios y repuestos	0	4	0	Muy baja
	Estado de la tubería	2	4	50	Media
	Mantenimiento	2	4	50	Media
	Medidas de mitigación y prevención	0	4	0	Muy baja

FASE	INDICADOR	CALIFICACIÓN OBSERVADA	VALOR MÁXIMO	VULNERABILIDAD (%)	VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
Tanque de almacenamiento	Tenencia de la tierra	0	4	0	Muy baja
	Accesorio y repuestos	1	4	25	Baja
	Estado del tanque	2	4	50	Media
	Mantenimiento	2	4	50	Media
	Susceptibilidad a amenazas naturales	0	4	0	Muy baja
	Medidas de mitigación y prevención	4	4	100	Muy alta
Red de distribución	Cobertura de servicio	0	4	0	Muy baja
	Continuidad del servicio	0	4	0	Muy baja
	Estado de la tubería y de la caja de válvulas	2	4	50	Media
	Estado de las conexiones domiciliarias	1	4	25	Baja
	Mantenimiento	2	4	50	Media
	Susceptibilidad a amenazas naturales	0	4	0	Nula
	Medidas de mitigación y prevención	4	4	100	Muy alta
Tratamiento de agua	Tratamiento que necesita y se aplica al agua	1	4	25	Baja
	Frecuencia del tratamiento	0	4	0	Muy Baja
	Porcentaje de la población que consume agua tratada	2	4	50	Media

FASE	INDICADOR	CALIFICACIÓN OBSERVADA	VALOR MÁXIMO	VULNERABILIDAD (%)	VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
Uso y manejo del agua en el hogar	Calidad, estado y mantenimiento de red domiciliaria de distribución del agua	2	4	50	Media
	Porcentaje de viviendas en las que se requiere almacenar agua	4	4	100	Muy alta
	Calidad de las medidas que se practican para el almacenamiento del agua en el hogar	1	4	25	Baja
	Personas capacitadas sobre el uso y manejo del agua en el hogar	4	4	100	Muy alta
	Motivos para el ahorro del agua	3	4	75	Alta
	Porcentajes de familias que cuentan con pila	1	4	25	Baja
	Manejo de agua post-uso	Cobertura del servicio de alcantarillado	1	4	25
Porcentaje de aguas negras que son tratadas		4	4	100	Muy alta
Nivel de tratamiento de aguas residuales		4	4	100	Muy alta
Sitio de descarga de las aguas negras		4	4	100	Muy alta
Capacitación a la población para el manejo del agua residual		4	4	100	Muy alta

FASE	INDICADOR	CALIFICACIÓN OBSERVADA	VALOR MÁXIMO	VULNERABILIDAD (%)	VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
Administración	Organización que administra el recurso hídrico para consumo	2	4	50	Media
	Nivel de avance de la organización para la constitución con personería jurídica	0	4	0	Muy baja
	Reglamento interno de la organización	0	4	0	Muy baja
	Equidad de género en la integración, participación y toma de decisiones en la organización local gestora del agua	3	4	75	Alta
	Funciones de la organización de agua	0	4	0	Muy baja
	Aspectos en los que se capacita a las organizaciones	3	4	75	Alta
	Frecuencia de reuniones de la organización y grado de participación	2	4	50	Media
	Cobertura de micromedición	4	4	100	Muy alta
	Tarifas de cobro	2	4	50	Media
	Porcentaje de morosidad en el pago	4	4	100	Muy alta
	Porcentaje de conexiones ilegales	1	4	25	Baja
	Fontanero	0	4	0	Muy baja
	Herramientas, equipo y materiales	0	4	0	Muy baja
	Fondos económicos	0	4	0	Muy baja

Una vez analizado cada uno de los indicadores por componente, se obtuvo un resumen de la vulnerabilidad global y para cada componente (Cuadro 27).

La vulnerabilidad promedio por componente se obtuvo como resultado de dividir la sumatoria de los valores de los indicadores entre el número de indicadores y el porcentaje de vulnerabilidad promedio se obtuvo dividiendo la sumatoria de los valores en por ciento dividido entre el número de indicadores de cada componente. De acuerdo a la valoración porcentual se categorizó utilizando la escala de valoración propuesta por Reyes (2003).

Como se puede observar en el cuadro resumen, la vulnerabilidad promedio del sistema de abastecimiento de agua de Tepetzintla es de 40,37%, caracterizada como vulnerabilidad media, pero muy cerca del límite entre vulnerabilidad media y baja.

Cuadro 27. Resumen de vulnerabilidad global y para cada componente del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del acueducto de Tepetzintla

COMPONENTE Ó FASE DEL SISTEMA	VULNERABILIDAD PROMEDIO	VULNERABILIDAD (%)	CARACTERIZACIÓN
A. Zona de recarga hídrica	0,8	20,0	Baja
B. Fuente de abastecimiento de agua	2,1	54,1	Media
C. Toma de agua y obra de captación	0,8	20,0	Baja
D. Línea de conducción	1,2	30,0	Baja
E. Tanque de almacenamiento	1,5	37,5	Baja
F. Red de distribución	1,2	32,1	Baja
G. Tratamiento de agua	1,0	25,0	Baja
H. Uso y manejo del agua en el hogar	2,5	62,5	Alta
I. Manejo de agua post-uso	3,4	85,0	Muy alta
J. Administración	1,5	37,5	Baja
Promedio	1,6	40,37	Media

La vulnerabilidad muy alta se presenta en el componente *I. Manejo de agua post-uso* con un 85% (Figura 21); este componente no cubre el servicio de alcantarillado en un 100%, no se da tratamiento a las aguas residuales y la descarga de las aguas negras van a dar a un río, contaminando aguas abajo al cuerpo de agua que abastece a otros municipios.

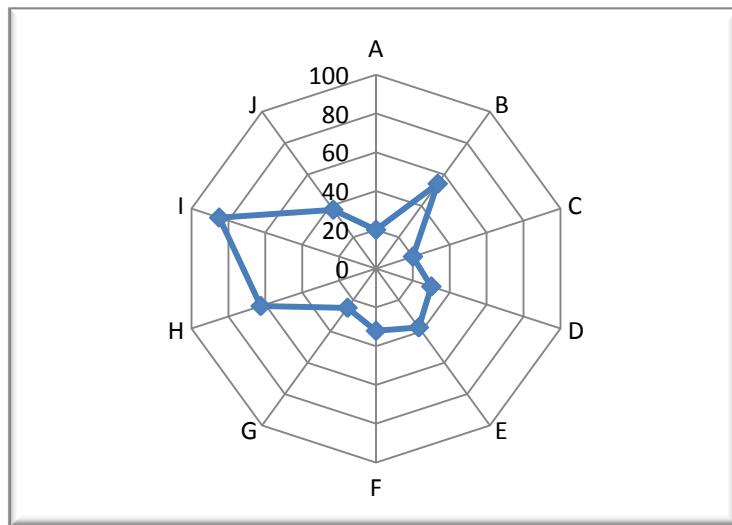


Figura 21. Vulnerabilidad de los componentes del acueducto de Tepetzintla.

Por el grave problema de contaminación de los cuerpos de agua (Figura 22), en el 2009 la cabecera municipal de Tepetzintla fue demandado ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) por el municipio de Cerro Azul; a raíz de esta situación la cabecera municipal se vio obligada a instalar la planta de tratamiento que hasta la fecha no está operando. Además, los gastos para operarla, según el personal de la CAEV, lo calculan en un aproximado de US\$ 4 166 mensuales, lo cual se complica puesto que hace falta la cultura de pago por parte de los usuarios, quienes se rehúsan a pagar por el agua que reciben, menos aún pagarían por el agua que desechan.



Figura 22. Manejo de agua post-uso en la cabecera municipal de Tepetzintla, Veracruz.

Siguiendo en orden de importancia, el componente que presenta una vulnerabilidad alta es el de uso y manejo del agua en el hogar; el porcentaje de viviendas en las que se requiere almacenar agua es de un 90 a 100%, cuyos recipientes de almacenamiento son seguros pero

sin desinfectar, a veces tienen pequeñas fugas, abiertos y expuestos a la contaminación, los usuarios del líquido que habitan en las viviendas no están capacitadas sobre el uso y manejo del agua en el hogar, se ahorra el líquido porque el suministro es por periodos de tiempo, la mayoría de las familias cuentan con pileta y tinacos para almacenar el agua utilizada principalmente para la limpieza del hogar y para la higiene personal. Cabe señalar que los usuarios en su mayoría compran el agua embotellada para beber, a pesar de que el agua que reciben en sus hogares recibe un tratamiento con cloro.

El componente con vulnerabilidad media es la *fuerza de abastecimiento de agua* la cual se encuentra sin cercado, por lo que está expuesta a la contaminación; seguramente en esta zona quizás la contaminación solo sea de origen natural, pero existen otras fuentes aguas arriba que aportan agua a la fuente de abastecimiento, en el que se pudo observar que algunas personas salen a recrearse dejando sus desechos tanto orgánicos como inorgánicos a orillas de la fuente. Además se observó que precisamente en este sitio a un costado de la fuente, emana levemente petróleo (Figura 23), lo cual escurre hacia el cuerpo de agua, formando una ligera capa de grasa.



Figura 23. Emanación de petróleo cercano a la fuente de agua

La fuente de abastecimiento de agua de Tepetzintla es susceptible a amenazas naturales sobre todo a tormentas tropicales y huracanes por la posible caída de árboles y rodada de piedras.

El resto de los componentes (zona de recarga hídrica, toma de agua y obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, red de distribución, tratamiento de agua, y administración) presentan vulnerabilidad baja.

A continuación se hace una descripción de cada uno de los componentes que presentan baja vulnerabilidad.

1. *Zona de recarga hídrica.* La mayor parte del área de recarga hídrica corresponde a terrenos nacionales decretado en el 2005 como Área Natural Protegida, así mismo existe una superficie que corresponde a terrenos ejidales y otra superficie que corresponde a propiedad privada, la cobertura vegetal es de un 80 a 100%. La tendencia del uso de suelo es que los terrenos que se encuentran en la cota entre 550 a 750 msnm sean convertidos a bosques (actualmente en esta cota existen pastizales, bosque perturbado y acahual), y los terrenos que se encuentran entre la cota 350 a 550 msnm (el decreto señala que se establezcan sistemas agroforestales y silvopastoriles), actualmente se encuentra dominada por pastizales.

Las zonas de recarga hídrica aparente no cuentan con un plan de ordenamiento territorial, sin embargo existe un Plan de Manejo del Área Natural Protegida la cual está por readecuarse.

2. *Toma de agua y obra de captación.* La tenencia de la tierra en esta zona es propiedad del estado, la susceptibilidad a amenazas naturales es moderada ya que está propensa a sufrir deslizamientos, sobre todo en temporada de tormentas tropicales o huracanes, provocando rodadas de piedras, la caída de árboles es común en este sitio. La oficina operadora del agua asegura que cuenta con todos los accesorios necesarios para cualquier situación imprevista, aunque el tanque u obra de captación es regular, construido con material sólido, más no es una obra hermética, ya que tiene una rejilla en la parte superior, por el cual podrían filtrarse contaminantes.
3. *Línea de conducción.* La susceptibilidad a amenazas naturales es baja, se cuenta con todos los accesorios y repuestos, el estado de la tubería es regular, la tubería se encuentra expuesta en algunos tramos, sobretodo la que está conectada desde la obra de captación hasta la válvula de admisión y expulsión de aire.

La línea de conducción tiene una dimensión de 6 pulgadas de diámetro, es de hierro sobretodo en la zona cercana a la captación, donde hay mayor presión del agua sobre la tubería (abarca una longitud de 4,5 km), el resto de la tubería es de PVC (abarca una

longitud de 3,5 km), el agua llega a la comunidad por gravedad y por la presión a veces se rompe, por ello se suspende el suministro hasta un máximo de dos días. La línea de conducción tiene más de 30 años por lo que presenta fugas algo frecuentes, el mantenimiento no es muy frecuente y lo realizan los fontaneros de la oficina operadora del agua.

En cuanto a las medidas de mitigación y prevención, en el diseño de la línea se consideraron las medidas necesarias para reducir el riesgo a amenazas sobretodo en cuanto a tormentas tropicales y huracanes, que son los más frecuentes en la zona. Cabe comentar que existen algunos desvíos de agua a partir de la línea de conducción, esto por arreglos internos que se tienen con los dueños de los terrenos por pasar la línea por terrenos privados; los desvíos de agua son a través de mangueras de aproximadamente media pulgada de diámetro.

4. *Tanque de almacenamiento.* La tenencia de la tierra donde se ubica el tanque de agua es terreno propiedad de la CAEV. En cuanto a accesorios y repuestos, la oficina cuenta con material suficiente para los requerimientos necesarios, el estado de los tanques es regular, con mantenimiento poco frecuente, aunque la limpieza de los mismos se realiza regularmente en temporada de calor, ya que en esta temporada el nivel del agua disminuye y permite asearlos.

El agua es conducida por gravedad desde la captación hasta el primer tanque de almacenamiento y abastece al sector 1, pero para ello, una vez que se ha llenado este tanque, se cierran las válvulas para que el agua sea conducida por la misma gravedad al segundo tanque y permita suministrarle agua al sector 2; una vez que se ha llenado este segundo tanque parte es bombeada al tercer tanque para abastecer a los sectores 3 y 4.

En términos de susceptibilidad a amenazas naturales, el tanque de almacenamiento presenta muy baja susceptibilidad y por lo tanto, no se tiene un plan de medidas de mitigación y prevención.

5. *Red de distribución.* La cobertura cubre alrededor de 95 a 100 % de la población. El estado de la tubería o caja de válvulas es regular, ya que la tubería, en algunos tramos, se encuentra expuesta y con presencia de fugas algo frecuentes. El estado de las

conexiones domiciliarias se cataloga como bueno, el mantenimiento es poco frecuente, la susceptibilidad a amenazas es muy baja y no se tiene un plan de medidas de mitigación y prevención.

6. *Tratamiento del agua.* El tratamiento que se le da al agua es a través de la cloración que se realiza diariamente con hipoclorito de calcio al 75%, se cuenta con un clorador automático, pero se ubicaba en terreno privado, por lo que el dueño pidió desalojarlo ya que le dará otro uso al terreno, mientras tanto, se está clorando de manera manual en lo que instalan el clorador en el terreno donado por la autoridad municipal.
7. *Administración.* La organización que administra el agua en la cabecera municipal de Tepetzintla está a cargo de la Comisión del Agua del Estado de Veracruz (CAEV). Esta organización cuenta con personería jurídica y cuenta con un reglamento interno, sin embargo, no hay igualdad de oportunidades puesto que menos del 10% de la directiva de la organización son mujeres. Dentro de las funciones de la organización se encuentran los siguientes: administración, operación, mantenimiento, participación en la toma de decisiones, gestión, capacitación, entre otras.

La oficina operadora cuenta con tres fontaneros que trabajan de forma permanente, por lo que en este sentido presenta una baja vulnerabilidad. En cuanto a fondos económicos se refiere presenta muy baja vulnerabilidad porque la organización tiene una cuenta bancaria funcionando durante años, sin embargo el hecho de que exista una cuenta no significa que la tarifa de cobro sea autosustentable ya que este apuradamente cubre los gastos de operación y mantenimiento, el porcentaje de morosidad en el pago por parte de los usuarios es muy alto, debido a que tienen poca cultura de pago por el agua y se oponen a la instalación de micromedidores.

Con respecto al pago por el agua, el personal de la CAEV comentó que desde 1996, se manejaban dos tarifas de pago que son las siguientes:

- Dobles: varias familias compartiendo una sola toma (en esta categoría entraban los dueños de los molinos nixtamal, cantinas, tiendas y baños públicos).
- Sencillas: solo uso doméstico

El Ayuntamiento paga el servicio de agua pero las instituciones públicas (escuelas) están exentas.

En el 2006 la CAEV reclasificó tarifas porque la recaudación era mínima; actualmente las tarifas están clasificadas de la siguiente manera (Cuadro 28).

Cuadro 28. Clasificación de tarifas por uso del agua

Clasificación por uso del agua	Tarifas(US\$)/mes	Características
Doméstico popular	3,83	Se les cobra a aquellos usuarios que no gozan de buenos servicios donde se ubica su domicilio, por ejemplo no cuentan con calles pavimentadas, casas techadas con lámina de cartón y alejadas a la zona céntrica.
Doméstico urbano	4,29	Usuarios que cuentan con calle pavimentada, casas de material de concreto y viven dentro de la zona céntrica de la población.
Residencial	8,83	Se consideró dentro de este rango a los dueños de los molinos de nixtamal, con el fin de ayudarlos a exentarlos del pago de impuestos. Pero por la clasificación que recibe este uso, los usuarios lo malinterpretaron, suscitándose conflictos internos. También incluye a usuarios que cuentan con vehículos, skype (plan de canales de televisión), etc.
Comercial:		
Bajo consumo	10,66	Incluyen cantinas, restaurantes, tiendas, fondas.
Medio consumo	17,83	
Alto consumo	29,16	
Industrial:	126,66	Incluye a las envasadoras de agua y se les cobra el impuesto.

Vulnerabilidad global ponderada del sistema de agua para consumo humano (escenario 2).

En este segundo escenario se le otorgó un peso relativo a cada componente, tomando como base el conocimiento que tiene el personal de la CAEV, con base al conocimiento que se tiene del sistema y según lo observado en los recorridos en campo, por lo que se procedió a darle un mayor peso a los componentes que se consideran más importantes o críticos (Cuadro 29).

Cuadro 29. Vulnerabilidad global ponderada

COMPONENTE Ó FASE DEL SISTEMA	VULNERABILIDAD PROMEDIO (a)	VALOR DE PONDERACIÓN (b)	a x b
Zona de Recarga Hídrica	0,8	0,15	0,120
Fuente de abastecimiento de agua	2,1	0,13	0,273
Toma de agua y obra de captación	0,8	0,08	0,064
Línea de conducción	1,2	0,11	0,132
Tanque de almacenamiento	1,5	0,08	0,120
Red de distribución	1,2	0,11	0,132
Tratamiento de agua	1,0	0,08	0,080
Uso y Manejo del agua en el hogar	2,5	0,10	0,250
Manejo de agua post-uso	3,4	0,10	0,340
Administración	1,5	0,06	0,090
Sumatoria de: a x b			1,601
Vulnerabilidad global ponderada: $(\sum axb/4) \times 100$			40,025
Caracterización de la vulnerabilidad			Media

La evaluación realizada al acueducto presentó una vulnerabilidad global ponderada media y prácticamente igual que en el escenario sin ponderación de los componentes, esto se debe a que los valores de ponderación de la mayoría de los componentes estuvieron cerca del 10%, o sea un valor sin ponderar.

En un estudio sobre vulnerabilidad de acueductos en la subcuenca del río Copán, Honduras Mendoza (2008) también obtuvo poca diferencia entre la vulnerabilidad ponderada y no ponderada, debido a que el peso relativo, otorgado por parte de los expertos, fue muy similar para todos los componentes.

Por su parte, Sandoval (2010), en un estudio realizado en tres sistemas rurales de suministro de agua para consumo humano en los municipios de Tepetzintla y Chontla, Veracruz, México, también obtuvo valores de vulnerabilidad media (51,3% en Teziltal, Chontla, 47,1% en el Humo, Tepetzintla y 45,7% en Teziltal, Tepetzintla), aunque la vulnerabilidad de algunos componentes del sistema fue diferente entre los tres acueductos mencionados, así como los obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, también es destacable que en todos los casos, el componente de manejo post-uso del agua resultó el más vulnerable.

El acueducto de Tepetzintla no cuenta con las condiciones necesarias para un mantenimiento, conducción y suministro adecuado del agua por falta de recursos económicos y nivel

organizacional que permita dar un buen servicio, por ello la priorización de componentes se basa en el hecho de que habría que darles mayor atención por la vulnerabilidad que presentan los componentes en el orden siguiente: 1) zona de recarga hídrica, 2) fuente de abastecimiento de agua, 3) línea de conducción a la par con la red distribución, 4) uso y manejo del agua en el hogar a la par con el manejo de agua post-uso, 5) Toma de agua y obra de captación, tanque de almacenamiento y tratamiento del agua y 6) finalmente el componente administración.

Si se asegura (manejo) y regula (propiedad de los terrenos) de la zona de recarga hídrica, se garantiza la fuente de abastecimiento, sin embargo habrá que cuidar la calidad de la misma de las amenazas de tipo antrópico y natural; enseguida poner atención a la línea de conducción y red de distribución para lograr su correcta distribución; con ello se podrán tener las bases para que el usuario pague por el uso (instalando micromedidores), maneje adecuadamente el agua en el hogar y haga conciencia del manejo de agua post-uso; en penúltimo término poner atención a la toma de agua, tanque de almacenamiento y tratamiento del agua, y por último, se considera el componente administración, el cual habrá que fortalecerla, continuar capacitándose y contratar más personal para atender cualquier emergencia de manera eficiente.

b) Eficiencia de conducción del agua en el acueducto de Tepetzintla

Para obtener la eficiencia de conducción del agua se requirieron datos del caudal inicial y final. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Caudal inicial

Puesto que en el lugar donde se aforó no se alcanzó a elevar la tubería de tal forma que cupiera mejor el recipiente (20 litros) bajo el chorro de agua, por ello se obtuvo tres repeticiones del tiempo en que alcanzaba el recipiente cierto nivel de agua sin tener que derramarse (Cuadro 30).

Cuadro 30. Repeticiones realizadas para calcular el volumen del caudal inicial

REPETICIONES	LITROS	TIEMPO (SEG.)
1	18	1.24
2	17.75	1.16
3	17	1.27
Promedio	17.58	1.22

Sustituyendo valores en la ecuación, se obtiene el valor del caudal inicial.

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{17,58 \text{ l}}{1,22 \text{ s}} = 14,41 \text{ l/s}$$

Caudal final

Se obtuvo tres repeticiones del tiempo en que alcanzaba a llenarse un recipiente con capacidad de 25 litros (Cuadro 31).

Cuadro 31. Repeticiones realizadas para calcular el volumen del caudal final

REPETICIONES	LITROS	TIEMPO (SEG.)
1	25	2.19
2	25	2.17
3	25	1.94
Promedio	25	2,10

Sustituyendo valores en la ecuación, se obtiene el valor del caudal final.

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{25 \text{ l}}{2,10 \text{ s}} = 11,905 \text{ l/s}$$

Conociendo los valores de caudales inicial y final, se calculó la eficiencia de conducción:

$$EF = \frac{11,905 \text{ l}}{14,41 \text{ s}} \times 100$$

$$EF = 82,6 \%$$

Analizando el resultado de la eficiencia de conducción con el personal de la CAEV, se tiene lo siguiente: a) el agua es conducida por gravedad, pero antes de llegar al tanque de almacenamiento es distribuida a algunos usuarios, esta situación existe desde hace muchos años cuando se diseñó la red de distribución y no se previó la afectación futura a otros usuarios; b) por arreglos internos entre la Comisión del Agua y los dueños de los terrenos por donde atraviesa la línea de conducción se les proporciona una pulgada de agua, por lo que en este sentido hay pequeños desvíos de agua; c) la causa más grave, la línea de conducción es subterránea y tiene más de 30 años en operación por lo que frecuentemente presenta fugas.

Se deduce entonces que la eficiencia de 82,6 %, se debe precisamente a las fugas presentes en el acueducto. Esta eficiencia significa que cada día se están perdiendo 216 432 litros de agua

por día; suponiendo que una persona consume 264 litros de agua por día (SEMARNAT 2005), con esa cantidad de agua se podrían abastecer a 819 personas más diariamente. Esto supone que es muy relevante que los responsables y los usuarios del servicio unan esfuerzos y recursos a fin de lograr una mayor eficiencia en la conducción de agua y con ella una mejor gestión de la misma.

Por su parte Sandoval (2010), realizó el análisis de eficiencia de tres sistemas rurales encontrándose los siguientes resultados: El Humo Tepetzintla (100%), Tezital-Chontla (94.29%) y Tezital-Tepetzintla (95%). Comparado estos resultados con los obtenidos para el caso Tepetzintla, es notoria la diferencia entre una zona urbana y la rural, al menos para la zona Norte del estado de Veracruz.

En la gran mayoría de los sistemas de distribución de agua, las pérdidas no pueden eliminarse completamente; son causadas por fugas en las redes y tomas domiciliarias y a la medición imprecisa o la ausencia de ella. Es decir, la errónea estimación del consumo, la toma clandestina y el agua no contabilizada elevan el porcentaje de las pérdidas Sánchez y Sánchez (2004).

5. CONCLUSIONES

- Aun con las constantes reformas que se han realizado a las leyes que regulan el uso, conservación y protección del agua para consumo humano en México y la descentralización otorgada a la CONAGUA a nivel federal y a CAEV a nivel estatal, no existe una efectiva gobernanza en la gestión del recurso hídrico, no se fomenta la interacción entre actores y la toma de decisiones se continúa dando “desde arriba”.
- El Plan Nacional Hídrico, no incluye ninguna actividad tendiente a la conservación y protección de las zonas de recarga hídrica, cuando esta debiera tener importancia primordial para garantizar la cantidad y calidad de agua que la población demanda.
- En el área de estudio la normativa se cumple a medias, la limitante sigue siendo los recursos económicos lo que conlleva al poco personal trabajando en la gestión del agua, otra de las limitantes es que la normativa no establece claramente las acciones a realizar en las zonas de recarga hídrica aparente, por lo que tampoco se realizan actividades tendientes a la conservación y protección de estas zonas.
- En la microcuenca en estudio, se evidenció que lejos de existir escasez de agua, el problema radica en la mala gestión de la misma, por lo que urge la articulación de los diferentes actores para diseñar estrategias y acciones que contribuyan a la distribución del agua de manera equitativa a todos los sectores de la población.
- El caudal aprovechado fue de 1 337 472 litros de agua por día, lo cual se asume que seguirá disponible y cubrirá la demanda de la población a futuro, dependiendo de varios factores, entre ellos la reducción en el consumo per cápita de agua (menos de 264 litros por persona/día) y de la gestión coordinada entre los actores responsables del agua en la microcuenca.
- El tema del agua ha sido abanderado por los políticos quienes por ganarse votos lo han politizado, creando en los usuarios ideas que lejos de fortalecerlos y crear conciencia del manejo adecuado del recurso, desisten de pagarla y la contaminan, tanto política como ambientalmente.

- Los responsables directos del agua perciben que hace falta cultura de pago por el agua de parte de los usuarios, pero al respecto nada se está realizando para mediarlo; los usuarios reconocen que el organismo operador realiza buen trabajo, sin embargo, es perceptible que los usuarios del agua no se han preocupado en coordinar o mejorar la oferta de agua ni los recursos naturales de la microcuenca en la medida que esta falta de regulación no los afecte.
- El acueducto de Tepetzintla presenta una vulnerabilidad media global ponderada, de los componentes más expuestos, es la zona aparente de recarga hídrica, seguido de la fuente de abastecimiento de agua que está expuesto a la contaminación por no presentar protección alguna y la línea de conducción a la par con la red de distribución que presentan constantes fugas.
- La eficiencia de conducción del agua en el acueducto de Tepetzintla fue de 82,6%, lo que indica que diariamente se está perdiendo un volumen considerable de agua que bien podría estar abasteciendo a más habitantes.
- La forma de gestión y gobernanza del agua que se realiza en Tepetzintla, no parece tener un cambio significativo ya que no se han fortalecido las capacidades locales, tampoco se han promovido la transparencia y rendición de cuentas, esta misma situación existía cuando la gestión del agua se realizaba a nivel de la comunidad, por lo que a la fecha los problemas persisten.
- Los usos de suelo en la microcuenca básicamente corresponden a forestal y ganadería, las prácticas de producción que en ella se realizan pueden considerarse benéficas para el manejo de la misma, ya que contribuyen a la recarga y protección de las fuentes de agua, principalmente para consumo humano.
- Existe un claro desbalance, entre los objetivos de desarrollo económico, sobretodo cuando se busca el beneficio de un grupo con mayor acceso al poder político y los objetivos de un uso eficiente y ordenado del agua, en beneficio de toda una población en conjunto. Así mismo, cuando la cuestión política interviene fuertemente, representa obstáculos a realizar investigaciones en el tema de gestión del agua, que lejos de apropiarse del proceso, intentan evadir responsabilidades.

6. RECOMENDACIONES

- La Asociación Regional de Silvicultores debe incidir políticamente para que los entes actuales responsables del suministro de agua, CONAGUA (Ventanilla Única) y CAEV, coordinen acciones de gestión del recurso hídrico para consumo humano y ejerzan con rigor la aplicación de la normativa existente en la microcuenca.
- Se debe legitimar a la “Contraloría ciudadana” como actor clave para la gestión y gobernanza del agua en la microcuenca. El responsable de promover la legitimación debe ser el Municipio.
- La CAEV debe implementar acciones inmediatas que promuevan la buena planificación y gestión del agua para consumo humano en la zona de estudio, ya que con el consumo per cápita de 264 litros por persona por día, empieza haber un déficit de agua y la situación se volverá más crítica conforme pasan los años.
- A través de la Secretaría de Salud se deben solicitar y realizar análisis frecuentes de hidrocarburos, ya que se ha observado de residuos de petróleo cerca de la naciente que suministra el agua para consumo humano.
- El Director del ANP debe gestionar la delimitación de los terrenos nacionales dentro de la microcuenca, porque sigue avanzando los cambios de uso del suelo, que afectan la recarga hídrica y la calidad del agua.
- La Secretaría de Salud debe velar y promover el manejo post- uso del agua en las viviendas, ya que resultó el componente de sistema de suministro de agua para consumo humano, más vulnerable.
- El Municipio, a través de la CAEV, debe promover el manejo de las zonas aparentes de recarga hídrica para garantizar la fuente de abastecimiento de agua para consumo humano.
- La CAEV y los usuarios del agua deben conjuntar esfuerzo y recursos para lograr una mayor eficiencia en la conducción del agua, desde la captación hasta el tanque de distribución, la cual se debe a las fugas existentes en la red de conducción.

7. LITERATURA CITADA

- Aquilla, R. 2005. Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 123 p.
- Avila, P. 2008. Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis en México. MX. 57 p.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2002. Cambio global y recursos hídricos en México: Hidropolítica y conflictos contemporáneos por el agua. México, MX, INE. 107 p.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2008. Lecciones aprendidas y buenas prácticas. 4 p.
- Barrantes, R. 1999. Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo. San José, CR, 280 p.
- Barrantes, G; Castro, E. 1999. Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: internalización de variables ambientales. Heredia, CR. Servicios de Economía Ecológica para el Desarrollo. S.A. 101 p.
- Barriga, M; Campos, J; Corrales, O; Prins, C. 2007. Gobernanza ambiental, adaptativa y colaborativa en bosques modelo, cuencas hidrográficas y corredores biológicos: diez experiencias en cinco países latinoamericanos, Turrialba, CR. CATIE. 15 p.
- Bosch, J; Hewlett, J. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 55: 3-23 p.
- Bruijnzeel, L. 1990. Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review. UNESCO. International Hydrological Programme. Paris, 224 p.
- Bustamante, S. 2009. Gestión del agua para uso agrícola y pecuario en la parte alta y media de la subcuenca del río Gato, provincia de Herrera, República de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 170 p.

- Calder, I. 1992. Water-resource and land use issues. SWIM (Systemwide Initiative for Water Management), IIMI (International Irrigation Management Institute), Colombo, LK. 24 p.
- Carrica, J; Lexow, C. 2004. Evaluación de la recarga natural al acuífero de la cuenca superior del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 59 (2): 281-290 p.
- Clark, L. 2006. Manual para el mapeo de redes como una herramienta de diagnóstico. CIAT-SIBTA-DFID. La Paz, BO, CIAT. 32p.
- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), OPS (Organización Panamericana de la Salud), OMS (Organización Mundial de la Salud). 1996a. Estudio de caso: terremoto del 22 de abril de 1991, Limón, C.R. 102 p.
- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), OPS (Organización Panamericana de la Salud), OMS (Organización Mundial de la Salud) 1996b. Guías para el análisis de vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario. Lima, PE. 77 p.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2006. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en México (diapositivas). México, MX. 37 diapositivas.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2007. Estadísticas del agua en México. MX. 259 p.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2008. Programa Nacional Hídrico 2007-2012. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, MX. 160 p.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2005. Índices de marginación. México, MX. 51p.
- Córdoba, Arlen. 2001. Calidad de agua y su relación con los usos actuales en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 159 p.
- Custodio, G. 1998. Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evolución y la incertidumbre. Boletín Geológico y Minero, España, ES. 109 (4): 13-29.

- Cuadra Wilber, 2004. Análisis de la calidad del recurso hídrico superficial y su relación con el uso actual de la tierra en la cuenca del río Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 150 p.
- Chaves 2006. Curso interactivo de análisis demográfico (en línea). Consultado 18 agost. 2010. Disponible en: http://ccp.ucr.ac.cr/cursos/demografia_03/materia/5_crecimiento.htm
- Chevalier, J. Buckles. D. 2006. Dinámica de las redes en sistemas de análisis social (SAS) (en línea). Consultado 30 oct. 2009. Disponible en: <http://www.sas2.net/es/herramientas/tecnicas-de-analisis-social/actores/>.
- Chagoya et ál. 2009. Hydrological information as first step to design a local policy of payment for hydrological environmental services in northern Veracruz. Veracruz de Ignacio de la Llave, MX. 25 p.
- Chow, VT; Maidment, DR; Mays, LW. 1994. Hidrología aplicada. Santafé de Bogotá, CO, McGraw- Hill Interamericana. 584 p.
- Dickinson, M. 2004. 'Abstract: The Multiple Benefits of Water Efficiency: Environmental Improvements to the Watershed. In: II International Conference Efficient Use and Management or Urban Water Supply. International Water Association. Tenerife, Canary Island, Spain. 69 p.
- Dourojeanni, A; Dascal, G. Salgado, R. 1998. Guía para la creación de entidades de Gestión de cuenca. III taller de gerentes de organismos de cuenca. Buenos Aires. AR. 80 p.
- Dourojeanni, A; Jouravlev, A. 2002. Evolución de políticas hídricas en América Latina y el Caribe. In CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Serie Recursos Naturales e Infraestructura. No. 51. Santiago, CL. 74 p.
- Dourojeanni, A. 2004. Si sabemos tanto sobre qué hacer en materia de gestión integrada del agua y cuencas ¿por qué no lo podemos hacer? 149-183 p.
- Domínguez, 2007. La gobernanza del agua en México y el reto de la adaptación en zonas urbanas: El caso de la ciudad de México. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales el Colegio de México, MX. 30 p.

- IDRC (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo), Carleton University, Cebem (Centro Boliviano de Estudios Multidisciplinarios). Sf. Sistemas de Análisis Social. Enfoques y herramientas participativas para procesos de desarrollo. (Compilación de experiencias de aplicación). Bolivia. BO. 152 p.
- Faustino J. 2006. Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. San Salvador, CATIE, CR. 113 p.
- Ferrera, I. 2005. Análisis del marco político-legal sobre recursos hídricos en Honduras: coherencias y percepciones. Tegucigalpa, HN. Guaymuras. 74 p.
- Fischer, M. 2001. Innovation knowledge creation and system of innovation. The Annual of Regional Science. 35(2). 199-216 p.
- Gaceta Oficial de Veracruz. 2005. Decreto de Área Natural Protegida a la Sierra de Otontepec en su categoría de Reserva Ecológica. Tomo CLXXII, Veracruz, MX, Núm. 43. 40 p.
- García, A. 2003. Indicadores técnicos y evaluación de la influencia del uso de la tierra en la calidad del agua, subcuenca del río Tascalapa Yoro, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 144 p.
- García, J; Espadas, A. 2004. Análisis de vulnerabilidad física y medidas de mitigación del sistema de agua potable de Telchac Puerto, ante la amenaza de huracanes. Revista Académica de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán, MX 8(2):7-14.
- García, P. 2010. Análisis de la gobernanza del recurso hídrico en la subcuenca del río Ulí, reserva de la Biosfera Bosawas, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 184 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la república Mexicana. MX. 217 p.
- Gaviño, M. 2001. La gestión ambiental: definiciones e instrumentos. Buenos Aires, AR. 17 p.

- Geilfus, F.1997. 80 Herramientas para el Desarrollo Participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. Prochamate-IICA. El Salvador. 208 p.
- Geilfus, F. 2005. 80 Herramientas para el desarrollo participativo, diagnóstico, planificación, monitoreo. Costa Rica. CR.134 p
- GWP (Global Water Partnership). 2000. Manejo Integrado de los Recursos Hídricos. Comité de Consejo Técnico. TAC Background papers, No. 4. 76 p.
- Gentes, I; Ruiz, S. 2008. Retos y perspectivas de la gobernanza del agua y gestión integral de recursos hídricos en Bolivia. European review of Latin American and Caribbean Studies 85. 41-59 p.
- IDH (Informe sobre Desarrollo Humano), 2006. Más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua. PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), Nueva York. EU. 422 p.
- IDRC (International Development Research Centre) (en línea). Consultado 20 sept. 2009. Disponible en http://www.idrc.ca/es/ev-8513-201-1-DO_TOPIC.html.
- IOG (Institute on Governance). 2002. About us. Consultado con fecha 28 de octubre de 2009, disponible en internet: http://www.iog.ca/about_us.asp.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2005. Vulnerabilidad actual: adaptación del sector hídrico al cambio climático en Costa Rica. CR.57 p.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2005. Población total por entidad y municipio (en línea). Consultado 25 oct. 2009. Disponible en <http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/veracruz/>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía é Informática). 2002. Todo sobre población y vivienda en México. Comunicado de prensa, Aguascalientes, México, MX. INEG. 3 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía é Informática). 2005. Anuario estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave. Tomos I y II. México, MX, INEGI. 255 p.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2000. Carta geológica. México, MX, F 14-9. Escala. 1:250,000.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2010. Mujeres y Hombres en México. Aguascalientes, México, MX. INEGI. 133 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1996. Carta Fisiográfica. Hoja Tamiahua. México, MX. F14-9, Escala 1:250 000.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2001. Conjunto de datos Geográficos de la Carta de Climas. México, MX. Escala 1: 1 000 000.
- IPN (Instituto Politécnico Nacional). 2002. Metodología para el análisis FODA. México, MX, IPN, 24 p.
- Jain, C. 2001. Optimización del sistema de agua de la comunidad de Tecomate, Municipio de Tepetzintla, Veracruz. Tesis. Veracruz de Ignacio de la Llave, MX. UV.105 p.
- Jiménez, F. 2009. Introducción al manejo y gestión de cuencas hidrográficas. Turrialba, CR, CATIE. 31 p.
- Jiménez, F. 2009. Vulnerabilidad y desastres naturales. Turrialba, CR, CATIE. 71-155 p.
- Jiménez, F. 2009. La cogestión de cuencas hidrográficas. Turrialba, CR, CATIE. 28 p.
- Jiménez, F. 2009. Reconocimiento inicial de la cuenca e identificación y caracterización de actores claves. Turrialba, CR, CATIE. 13 p.
- Jiménez, F. 2009. Protocolo para el establecimiento de la línea base y el monitoreo de sistemas de producción agrosilvopecuaria, en el manejo y gestión de cuencas hidrográficas. Turrialba, CR, CATIE. 8 p.
- Kiersch, B. 2000. Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas: boletín de tierras y aguas de la FAO. No.9. Roma IT. 88 p.
- Losilla, M. 1986. Protección de las zonas de recarga de los acuíferos. In Curso bases hidrológicas para el manejo de cuencas. Turrialba, CR, CATIE. 8 p.

- Matus, O. D. 2007. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 228 p.
- Madrigal, R; Alpízar, F. 2008. El pago por servicios ecosistémicos y la acción colectiva en el contexto de cuencas hidrográficas. Turrialba, CR, CATIE. 29 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 361).
- Marín, R. 2003. Colombia: Potencia Hídrica. Bogotá CO. 65 P.
- Mendoza, M. 2008. Metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano; aplicación y determinación de medidas de adaptación en la subcuenca del río Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 102 p.
- Mendoza, A. 1996. Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del río Sábalos, cuenca del río San Juan, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 81 p.
- Meadows, D; Randers, J; Meadows, D. 2004. Limits to growth: the 30 year update. Chelsea Green (eds). 338 p.
- Mosley, MP; McKerchar, AI. 1993. Streamflow. In Maidment, DR. eds. Handbook of hydrology. New York, US, McGraw Hill, Inc. p 8.1 – 8.37.
- Mondragón, P. 2005. Análisis de la eficiencia en el uso del recurso hídrico, en sistemas de agua de agua de uso doméstico, en la microcuenca del río la Soledad, Valle de Ángeles Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 121 p.
- Orozco, P. 2006. Experiencias organizativas para el manejo de cuencas y propuesta metodológica para incorporar el enfoque de cogestión: el caso de las subcuencas de los ríos Cálico y Jucuapa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 102 p.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2008. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe, Nueva York, NY. Naciones Unidas. 56 p.

- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2010. Políticas clave para un desarrollo sostenible. México, MX. 31 p.
- Programa de Desarrollo de la Zona Sur de la Región de la Huasteca Veracruzana (1999-2004). Gobierno del Estado de Veracruz-Llave; México, MX. 501 p
- Prats, J. 2006. La evolución de los modelos de gobernación: la gobernanza. Pero ¿qué es la gobernanza? Instituto Internacional de Gobernabilidad de Cataluña. La Paz, BO: Plural editores. 200-203 p.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2005. Objetivos de desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe, Santiago CL. 333 p.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2010. Perspectivas del Medio Ambiente: América Latina y el Caribe, GEO ALC 3, Panamá, PA. 375 p.
- Picado, F. 2003. Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos de Nicaragua ante el cambio climático (diapositivas). Panamá, PA. Proyecto PNUD-NIC/01/008- MARENA. 27 diapositivas.
- Poder Ejecutivo Federal. Presidencia de la República 2007. Plan Nacional de Desarrollo. 2007-2012. México. MX. 324 p.
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. San José, CR. ITCA. 338 p.
- Reyes, K. 2006. Análisis del estado de las fuentes de agua para consumo humano y funcionamiento de los acueductos rurales, en la Cuenca del río La Soledad Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 228 p.
- Reyes, S. 2003. Vulnerabilidad a desastres naturales, determinación de áreas críticas y propuesta de mitigación en la microcuenca del río Talgua, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 118 p.
- Rogers, P; Hall, A. 2003. Effective water governance. TEC Background Papers 7. GWP (Global Water Partnership). Stockholm, Sweden.

- Robin, C. 1976. El vulcanismo de las planicies de la Huasteca (Este de México). Datos Geoquímicos y Petrográficos. Boletín del Instituto de Geología UNAM, México, MX. 96: 55 – 92.
- Rojas, R. 2002. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Lima, PE. OPS/CEPIS. 336 p.
- Rodríguez, J.A; Mérida, F. 2002. Guía práctica de redes sociales. Barcelona, ES, Departamento de Sociología de la Universidad de Barcelona. 42 p.
- Rodríguez, R. M., A. Benito y A. Portela. 2004. Meteorología y Climatología. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. España, ES. 170 p.
- Röling, N. 2000. Gateway to the global garden: beta/gamma science for dealing with ecological rationality, University of Guelph, Guelph, Ontario, CA. 51 p.
- Robert Vertessy. 2000. Impacts of Plantations Forestry on Catchment Runoff. Plantations. In: Farm Forestry and Water. RIRDC Publication 01/20.
- Rodríguez, R. 2009. Impacto de las plantaciones en el régimen hidrológico: una visión desde lo público (diapositivas), Chile, CH. Corporación Nacional Forestal (CONAF), 35 diapositivas.
- Rojas M. y Echeverría J. 2003. Estimación de la Demanda Sectorial del Agua en Centroamérica Bajo Tres Escenarios Futuros: 2010-2030-2050. Costa Rica. CR. 51 p.
- Ruiz y Gentes 2008. Retos y perspectivas de la gobernanza del agua y gestión integral de recursos hídricos en Bolivia. BO. European Review of Latin American and Caribbean Studies 85. 41-59 p.
- Sandoval C. 2010. Comportamiento hidrológico y gestión del agua para consumo humano en la microcuenca San Juan Otontepec, Veracruz, México. Tesis Mag. Sc., Turrialba, CR. CATIE, 177 p.
- Sanz, L. 2003. Análisis de redes sociales: como representar las estructuras sociales subyacentes. Apuntes de Ciencia y Tecnología. Boletín de la Asociación para el Avance de la Ciencia y la Tecnología de España, ES. No. 7, junio 2003. 21-29 p.

- Sagastizado M. 2001. Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la cuenca del río Talnique, El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 167 p.
- SANAA (Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados). 2003. Normas de Diseño para Acueductos Rurales V.1.0. Tegucigalpa, HN. 83 p.
- Sánchez y Sánchez 2004. Uso Eficiente del Agua. Ponencias sobre una perspectiva general temática. IRC (International Water and Sanitation Centre). 69 p.
- SAPSYRS/MIDUVI (Subsecretaría de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador). 2005. Guías técnicas para la reducción de la vulnerabilidad en los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento. Quito EC. 56 p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. El Medio Ambiente en México: Resumen, MX. 91 p.
- SEDESMA (Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente), 2006. Coordinación General del Medio Ambiente. Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec. Veracruz, México, MX. 81 p.
- Solís, V; Fonseca, M; Ayales I. 2005. Gobernabilidad en el manejo de áreas silvestres protegidas en Costa Rica: la experiencia de manejo conjunto del refugio nacional de vida silvestre Gandoca Manzanillo (REGAMA). San Jose, CR, 110 p.
- Tejada, JC; Cerrato, ME; Hernández, C. 2000. Seguridad del agua: metodología para el manejo participativo y sostenible de las cuencas del trópico húmedo de Costa Rica. Costa Rica, Universidad EARTH. 26 p.
- Turton, AR; Hattingh, HJ; Maree, GA; Roux, DJ; Claassen, M; Strydom, WF. 2007. Governance as a Dialogue: Government-Society-Science in Transition. New York. Springer Verlag. 354 p.
- UICN (Unión Mundial para la Naturaleza). 2009. Conservación y Desarrollo. La Unión Mundial para la Naturaleza en Mesoamérica (diapositivas). CATIE. Costa Rica, CR. 15 diapositivas.

- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2005. Anales de Antropología. MX. 32 p.
- Villón, M. 2004. Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Agrícola. Cartago, CR. 436 p.
- Villela P. 2003. Usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil. Tesis MSc. CATIE. Turrialba, CR. 138 p.
- Velásquez, A; Aguilar, N. 2005. Manual introductorio al análisis de redes sociales. Ejemplos prácticos con UCINET 6.85 y NETDRAW 1.48. Centro de Capacitación y Evaluación para el Desarrollo Rural. México, MX, Universidad Autónoma del Estado de México-Universidad Autónoma de Chapingo. 49 p.
- Zury, W. 2004. Manual de planificación y gestión participativa de cuencas y microcuencas. Proyecto de Apoyo Forestal Comunal en los Andes de Ecuador. ONU (Organización de las Naciones Unidas). Quito, EC, SOBOC. 384 p.
- Zhen B. 2008. Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la Quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. UNED. 169 p.

Normativa Consultada:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
Constitución Política del Estado de Veracruz
Ley de Aguas Nacionales
Ley No. 21 de Agua del Estado de Veracruz
Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente
Ley General de Salud
Ley General de Protección Civil
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
Ley No. 62 Estatal de Protección Ambiental
Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
Decreto de Área Natural Protegida
Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012
Programa Nacional Hídrico
Reglas de Operación del Fideicomiso público 2008
Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA-1994)

ANEXOS

Anexo 1. Guía de entrevista aplicadas a actores e informantes claves

Estudio “Gestión del recurso hídrico para consumo humano en la microcuenca La Pagua, Sierra de Otontepec, Veracruz, México”

Buenos días (Buenas tardes), mi nombre es Floriana Hernández Martínez soy investigadora del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Estoy realizando entrevistas para analizar las condiciones del marco normativo, institucional, y las políticas públicas sobre el recurso hídrico para consumo humano en la Sierra de Otontepec, a fin de identificar, describir y discutir los principales componentes, su cumplimiento, tendencias y mejoras necesarias. Solo necesito que me brinde 45 minutos de su tiempo para responder a algunas preguntas, tenga la seguridad que la información proporcionada por usted será manejada con absoluta discreción. Por favor, le recuerdo que no existe respuesta incorrecta, todos sus aportes son valiosos y bienvenidos.

Entrevista No. _____

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Lugar y fecha: _____

Nombre del entrevistado: _____

Sexo: F _____ M _____

Ocupación: _____

Organización/Institución a la que representa o pertenece: _____

Cargo que desempeña: _____

Domicilio actual: _____

Contacto (No telefónico, celular, e-mail): _____

Entrevista semiestructurada aplicada a actores claves (CONAGUA, CAEV, SS, Municipio), responsables de la gestión del agua para consumo humano.

I. MARCO NORMATIVO, PRINCIPALMENTE DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

1. ¿Cuál o cuáles son las *políticas* y su contenido textual, sobre el tema de *uso, conservación y protección del agua* en México?, ¿Cuál es su periodo de vigencia de cada una de ellas?
2. ¿Cuál o cuáles son las *políticas* y su contenido textual, sobre el tema de *uso, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica en México*?, ¿Cuál es su periodo de vigencia de cada una de ellas?
3. ¿Cuál o cuáles son las *leyes* y su contenido textual, sobre el tema de *uso, conservación y protección del agua* en México?, ¿Cuál es su periodo de vigencia de cada una de ellas?
4. ¿Cuál o cuáles son las *leyes* y su contenido textual, sobre el tema de *uso, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica en México*?, ¿Cuál es su periodo de vigencia de cada una de ellas?
5. ¿Cuál o cuáles son los *decretos* y su contenido textual, sobre el tema de *uso, conservación y protección del agua en México*?, ¿Cuál es su periodo de vigencia de cada una de ellas?

6. ¿Cuál o cuáles son las *decretos* y su contenido textual, sobre el tema de *uso, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica* en México?, ¿Cuál es su periodo de vigencia de cada una de ellas?

7. ¿Cuál o cuáles son las *ordenanzas* y su contenido textual, sobre el tema de *uso, conservación y protección del agua* en México?, ¿Cuál es su periodo de vigencia de cada una de ellas?.

8. ¿Cuál o cuáles son las *ordenanzas* y su contenido textual, sobre el tema de *uso, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica* en México?, ¿Cuál es su periodo de vigencia de cada una de ellas?

9. ¿A cuál o cuáles instituciones gubernamentales o locales les corresponden, según esa normativa, la gestión de recurso hídrico?

10. ¿Cuál es la institución o entidad rectora del tema?

11. ¿A cuáles otras entidades, además de la rectora, le corresponde la aplicación de la normativa correspondiente de agua para consumo humano?

12. Con relación al tema de las políticas, leyes, decretos, ordenanzas, ¿cómo evalúa el grado de cumplimiento e implementación de esta normativa? (se cumple totalmente, se cumple a medias, no se cumple).

Políticas: _____

Leyes: _____

Decretos: _____

Ordenanzas: _____

13. ¿Cómo se evidencia (según estudios, planificación de las instituciones, presupuestos, hechos concretos, etc.) ese cumplimiento de cada tipo de normativa.

Políticas: _____

Leyes: _____

Decretos: _____

Ordenanzas: _____

14. Para el cumplimiento y aplicación de cada una de las políticas, leyes, decretos, ordenanzas, ¿Con cuáles recursos dispone (financieros, humanos, logísticos)?

Políticas: _____

Leyes: _____

Reglamentos: _____

Ordenanzas: _____

15. ¿Qué problemas, limitaciones, debilidades, fortalezas, oportunidades y vacíos considera usted que existen en la normativa misma o en la implementación de esa normativa?, ¿podría mencionar ejemplos para cada caso?

Limitaciones: _____

Debilidades: _____

Fortalezas: _____
Oportunidades: _____
Vacíos: _____

16. ¿Considera usted que existan experiencias y lecciones aprendidas sobre la aplicación de la normativa en el uso, conservación, protección del agua? ¿Son específicas de cada tipo de normativa o generales? ¿Cuál o cuáles serían esas experiencias y lecciones aprendidas?

17. ¿Considera usted que existan experiencias y lecciones aprendidas sobre la aplicación de la normativa en el uso, conservación, protección de las zonas de recarga de agua? ¿Son específicas de cada tipo de normativa o generales? ¿Cuál o cuáles serían esas experiencias y lecciones aprendidas?

Entrevista semiestructurada aplicada a informantes clave

a) Entrevista aplicada a exjefe de la CAEV y contraloría ciudadana

1. ¿Cuál es la percepción de la entidad que administra el agua sobre los usuarios de este recurso y sobre su propio papel?
2. ¿Cómo se toman decisiones, quiénes participan y cómo lo hacen (papel) en la gestión del agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua?
3. ¿Existe evidencia o tendencia de subsidiariedad o más bien de descentralización en la gestión?
4. ¿Existen organizaciones locales, comunitarias, adicionales a la entidad que administra el agua, que velan por el uso, manejo y gestión del agua para consumo humano? _____; qué función; qué respaldo legal tienen _____; qué estructura organizativa tienen? (cada una de esas organizaciones) _____
5. ¿Existen análisis frecuentes de calidad del agua (físicos, biológicos, químicos) en las tomas de agua, en los tanques de almacenamiento y a nivel de viviendas? _____ ¿Quién lo realiza? _____; ¿Con qué frecuencia? _____;
¿Quién los certifica? _____;
¿Son análisis básicos o incluye metales pesados? _____.
6. ¿Existe percepción local o evidencia científica de que la calidad de agua que llega a las casas para consumo humano puede afectar a la salud?
7. ¿Han existido conflictos por el uso del agua para consumo humano, cuáles han sido las causas, consecuencias y soluciones?
8. ¿Cómo se manejan los conflictos por el agua para consumo humano, transferencia de derechos, poderes sobre el agua, derechos de propiedad; existen ejemplos?

9. ¿Cuál es el grado de inversión pública anual, incluyendo la municipal, en agua para consumo humano y saneamiento en la microcuenca (tratamiento de agua, infraestructura, fortalecimiento de capacidades, capacitación y educación, micromedición, operación y mantenimiento, manejo y uso del agua, manejo de la microcuenca ¿Cómo se financia esa inversión?
10. ¿Qué vinculación existe entre la gestión administrativa del agua para consumo humano en la microcuenca y acciones de protección, manejo y conservación de las zonas aparentes de recarga hídrica de la misma?
11. ¿Qué acciones específicas (protección, manejo y conservación) se realizan en la zona de recarga?
12. ¿Cómo surgió el proyecto de agua para consumo humano?
13. ¿Quiénes o como definen a los responsables de operar el proyecto?
14. ¿Cuenta con un reglamento interno bajo el cual debe operar el proyecto?
15. ¿Cuáles han sido las dificultades, debilidades que han tenido para la implementación de su proyecto de agua potable?
16. ¿Cuáles han sido las oportunidades y fortalezas que han tenido para la implementación de su proyecto de agua potable?
17. ¿Cuáles han sido sus fuentes de financiamiento para mantener el proyecto de agua para consumo humano?
18. ¿Cuál es su opinión sobre la situación actual y futura del manejo del agua para consumo humano en la microcuenca, y del país en general?
19. ¿Cuál es la tarifa de cobro por el agua, existen tarifas diferenciadas según los usuarios, cada cuanto se realizan las tarifas, quien los actualiza, con qué base?
20. ¿Existen arreglos con los dueños de las propiedades donde está ubicada la zona de recarga y fuentes de agua para consumo humano?
21. ¿Con base a sus experiencias obtenidas, que estrategias y acciones se deben implementar para lograr una gestión sostenible del agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua?
22. ¿Quiénes son los actores principales en la gestión del agua para consumo humano en la microcuenca y zonas de influencia? _____ ¿qué funciones y características tienen esos actores? _____ ¿Qué motivaciones tienen para participar o no en la gestión del agua para consumo humano?

b) Entrevista aplicada a empresas envasadoras de agua en la municipalidad de Tepetzintla).

1. ¿Cuál es su principal fuente de abastecimiento de agua? _____, obtuvo alguna concesión por el uso de esta fuente de abastecimiento? _____, ¿Quién se la otorgó? _____, cuál es la vigencia de la concesión?
2. La envasadora es operada a nivel:
Familiar: _____; Beneficiarios directos: _____ e indirectos: _____
Grupo: _____; Beneficiarios directos: _____ e indirectos: _____
Otro: _____; Beneficiarios directos: _____ e indirectos: _____
3. ¿Cómo surgió el proyecto de envasado de agua?
4. Fecha de inicio de operación de la envasadora en la microcuenca _____; Qué papel juega en el manejo de la misma?
5. ¿Cómo se evidencian? (acciones concretas) _____;
¿Aplica tarifas diferenciadas por venta de agua para consumo humano por parte de estas empresas? _____;
¿A cuánto ascienden las tarifas? _____;
¿Paga alguna tarifa a la entidad que administra el agua? _____; ¿Cada qué tiempo y a cuánto asciende la tarifa? _____
6. ¿Existen análisis frecuentes de calidad del agua (físicos, biológicos, químicos) en la toma de agua y en los tanques de almacenamiento?
¿Quién lo realiza? _____; ¿Con qué frecuencia? _____;
¿Quién los certifica? _____;
¿Son análisis básicos o incluye metales pesados? _____.
7. ¿Cuál es el grado de inversión anual (tratamiento de agua, infraestructura, fortalecimiento de capacidades, capacitación y educación, operación y mantenimiento de la planta purificadora)? _____ ¿Cómo se financia esa inversión? _____
Fuentes de financiamiento: _____
8. Cuál es el volumen permitido de extracción anual? _____, el volumen de extracción está acorde a la demanda? _____
¿Cuál es el ingreso mensual por venta de agua embotellada?
9. ¿Han existido conflictos por el uso del agua, cuáles han sido las causas, consecuencias y soluciones? _____.
10. ¿Cómo se manejan los conflictos por el agua para consumo humano, transferencia de derechos, poderes sobre el agua, derechos de propiedad; existen ejemplos?
11. ¿Cuál es su percepción sobre la entidad que administra el agua y sobre el papel que juegan ellos?

12. ¿Cuál es su opinión sobre la situación actual y futura del manejo del agua para consumo humano en la microcuenca, y del país en general?
13. ¿Cuál es su percepción sobre el manejo y gestión del agua para consumo humano en la cabecera municipal?
14. ¿Qué otras empresas se abastecen de agua para consumo humano en la microcuenca?

Anexo 2. Guía de entrevista aplicadas a usuarios del agua

Estudio “Gestión del recurso hídrico para consumo humano en la microcuenca La Pagua, Sierra de Otontepec, Norte de Veracruz, México”
Guía de Entrevista

Buenos días (Buenas tardes), mi nombre es Floriana Hernández Martínez soy investigadora del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Estoy realizando entrevistas para analizar la perspectiva de los usuarios sobre la gestión del agua para consumo humano en la cabecera municipal de Tepetzintla. Solo necesito que me brinde 30 minutos de su tiempo para responder a algunas preguntas, tenga la seguridad que la información proporcionada por usted será manejada con absoluta discreción. Por favor, le recuerdo que no existe respuesta incorrecta, todos sus aportes son valiosos y bienvenidos.

Entrevista No. _____

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Lugar y fecha: _____

Nombre del entrevistado: _____

Sexo: F ____ M ____

Ocupación: _____

Domicilio: _____

Contacto (No telefónico, celular, correo electrónico): _____

Entrevista semiestructurada para su aplicación a usuarios del agua para consumo humano en la municipalidad de Tepetzintla.

1. Sabe cuál es la principal fuente de abastecimiento de agua (arroyo, manantial, río, pozo) que es utilizada para consumo humano en la cabecera municipal?
2. ¿Se realizan actividades de manejo y protección en la zona que abastece de agua a la cabecera municipal? _____, en caso de que se realicen actividades, podría citar alguna de ellas? _____
3. ¿Quiénes son los responsables de realizar estas actividades?
4. ¿Cuál es la organización u organizaciones responsables de administrar el agua en Tepetzintla? _____
5. ¿Existen organizaciones locales comunitarias, adicionales a la entidad que administra el agua, que velan por el uso, manejo y gestión del agua para consumo humano? _____; qué función; qué respaldo legal tienen _____ ¿qué estructura organizativa tienen? (cada una de esas organizaciones)? _____
6. ¿Cuál es su percepción sobre la entidad que administra el agua y sobre el papel que desempeñan?

7. ¿Cuánto paga por el agua? _____, cada qué tiempo se actualizan las tarifas de pago de agua? _____, ¿Quien los actualiza y con qué base?
8. ¿Usted o algún integrante de su familia ha presentado alguna enfermedad causada por el agua?, _____, ¿puede nombrar esas enfermedades? _____
9. ¿Existen análisis frecuentes de calidad del agua (físicos, biológicos, químicos) en las tomas de agua, en los tanques de almacenamiento y a nivel de viviendas?
10. ¿Existe participación de la mujer en la gestión del agua para consumo humano fuera del hogar? _____
11. ¿Cuál es o en qué consiste su participación? _____
12. ¿Cómo se evidencia o cuáles son las razones, en caso que no haya participación? _____
13. Dentro del hogar ¿qué papel y participación tienen las mujeres (niñas, jóvenes y adultas) en el uso y manejo del agua? _____
14. ¿Consume agua embotellada? _____, ¿Con qué frecuencia lo compra? _____
¿A qué precio lo compra? _____.
15. ¿Han existido conflictos por el uso del agua para consumo humano? _____, cuáles han sido las causas, consecuencias y soluciones? _____
16. ¿Cuál es su percepción sobre la calidad, cantidad y disponibilidad del agua que recibe en sus viviendas?
17. ¿Cuál es su opinión sobre la situación actual y futura del manejo del agua para consumo humano en la microcuenca La Pagua, y del país en general?
18. Existen problemas de abasto de agua en la comunidad? _____, en qué época del año se presentan estos problemas? _____ ¿qué estrategias consideran para contrarrestar el problema? _____

Anexo 3. Asistentes al taller

NOMBRE	OCUPACIÓN/CARGO	CORREO ELECTRONICO O NUM. TEL.
Jorge Luis Chagoya Fuentes	Investigador	chagoya.jorge@inifap.gob.mx
Sebastian Cruz	Representante del Comisariado Ejidal de Apachicruz	
Miguel Portilla M.	Fundación Pedro y Elena Hernández, A.C.	cipactlis@hotmail.com
Sergio Sedano M.	Fundación Pedro y Elena Hernández, A.C.	sergiosedanom@hotmail.com
Rodolfo Salas Hernández	Fontanero (CAEV)	(785) 8530204
Raúl Martínez Vásquez	Fontanero (CAEV)	(785) 8530204
Abel Solís Hernández	Residente Forestal	abelsohe@yahoo.com.mx
Jimmy Trejo Ibarra	Fomento Agropecuario	jtrejoi@hotmail.com
Víctor Díaz Juárez	Enlace Forestal (SEMARNAT, Tuxpan)	forestal_tuxpan@hotmail.com
Martín Carballo González	Docente	marcar.62@hotmail.com
Irasema Edgar Castillo	Visitador Agrario (Procuraduría Agraria)	edircastillo@hotmail.es
Irasema García Candanedo	Visitador Agrario (Procuraduría Agraria)	Iris_candanedo2008@hotmail.com
Nancy B. Díaz Melo	Auxiliar SEDARPA, Tepetzintla	
Benigno Vera Vidal	Usuario	
Jesús Zenil Méndez	Expresidente municipal	7851012922 jesuszenil@hotmail.com

