

# EL AGUA COMO MOTOR DE DESARROLLO EN LA CUENCA EL MUERTO ESTADO DE MÉXICO

*Alejandro Rafael Alvarado Granados*<sup>1</sup>

*Elizabeth Díaz Cuenca*<sup>2</sup>

## RESUMEN

Esta investigación surge de la preocupación por la contaminación del agua que alimenta a la laguna de Almaya en la región del Valle de Toluca, y que es similar a la que presentan otros lugares de la República Mexicana, en un contexto territorial donde abunda este recurso, dentro de la zona de recarga del acuífero del Valle de Toluca. Lo anterior, porque el líquido es manejado con criterios técnicos nulos, por parte del Consejo de Participación Ciudadana, que es un órgano auxiliar del Ayuntamiento, para la atención de los servicios públicos municipales en la localidad de San Pedro Atlapulco, municipio de Ocoyoacac, Estado de México, dentro de la de la cuenca del arroyo El Muerto, que se extiende sobre 2,121 hectáreas.

La investigación aquí reportada se planteó el objetivo de formular un programa de manejo sustentable del agua residual en la cuenca del arroyo El Muerto, Estado de México, para su saneamiento, como un factor del desarrollo local sustentable, que apoye la gestión ambiental de la Cuenca Alta del Río Lerma.

El programa contempla cuatro proyectos multifactoriales, para esta problemática compleja, a la vez que también buscan condiciones básicas para el desarrollo de una comunidad rural que se sustenta del turismo, por lo que dichos proyectos son: educación para el manejo del agua en la

---

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma del Estado de México – Facultad de Planeación Urbana y Regional, Tel. 01722 219 46 13, [alex13\\_bum@hotmail.com](mailto:alex13_bum@hotmail.com)

<sup>2</sup> Maestra en Desarrollo Municipal, Universidad Autónoma del Estado de México – Facultad de Planeación Urbana y Regional, Tel. 01722 219 46 13, [ediazc@uaemex.mx](mailto:ediazc@uaemex.mx)

cuenca; tubos y plantas de tratamiento; proyecto de El Potrero (parque recreativo) y agroecosistemas.

Dentro de las conclusiones obtenidas destaca que la importancia del agua, no solo como líquido vital, sino también como sustento económico, pero deben cuidarse las formas de aprovechamiento, hacia usos múltiples no contaminantes, ofrecidas en la cartera de proyectos

#### **PALABRAS CLAVE**

Proceso de manejo del agua; contaminación del agua residual; residuos sólidos.

### **INTRODUCCIÓN**

Este documento se basa en la definición del proceso de manejo del agua, que establece el tránsito de este recurso, desde su apropiación en fuentes naturales, su conducción, usos, tratamientos, eventual tratamiento, reutilización y descargas en cauces y cuerpos receptores. En tal sentido, cada usuario o grupo de usuarios del líquido realiza este proceso de maneras muy diversas, que redundan en consecuencias, tanto para las fuentes de abastecimiento como en los cuerpos de agua que reciben las aguas usadas en diversos procesos domésticos o productivos<sup>3</sup>.

En tal sentido, las modalidades que asumen los distintos manejos de este líquido repercuten en la disponibilidad y calidad del recurso, por lo que cualquier intervención en este proceso debe contemplar las particularidades de la zona, para las acciones realizadas en materia de agua, no contravengan con otros procesos que contribuyen al desarrollo de las comunidades; toda vez que se trata de fenómenos multifactoriales que se tornan complejos, con una red de interrelaciones que deben establecerse, al menos en sus aspectos más importantes.

---

<sup>3</sup> Alvarado (2012).

Por ello, la propuesta metodológica está basada en considerar al proceso de manejo del agua como una totalidad, unificada en un sistema, con cinco subsistemas interactuantes que son: biofísico, sociocultural, político-administrativo, tecnológico y económico; a la vez que los proyectos para la intervención se obtuvieron siguiendo el proceso de planeación, que contempla: caracterización-diagnóstico, prospectiva y propuesta, pero por motivos de extensión, en este documento sólo se presenta la primera etapa, con la mención de los proyectos propuestos.

### **CARACTERIZACIÓN-DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA DE EL MUERTO**

Por ser la primera fase del trabajo de planeación se explica la problemática, sus causas y se plantea el contexto donde se presenta, a partir de considerar un recorte de la realidad, tomando como punto de partida al proceso de manejo del agua, que incluye, a través de los cinco subsistemas mencionados: la apropiación del recurso desde las fuentes naturales, independientemente de los procedimientos seguidos, hasta la entrada al predio donde se utiliza, lo cual incorpora el transporte del líquido para su distribución, con fines a su uso y aprovechamiento. El uso implica los fines, y la manera como se cumple cada fin es el aprovechamiento, que es la forma que asume cada uso del agua.

Al salir el agua del predio donde se usó, entra a una fase de desalojo y descarga donde frecuentemente tiene problemática de contaminación por la adición de sustancias extrañas en la fase anterior, y contempla desde el efluente hasta su descarga en cuerpos receptores, a menos que exista un proceso de reciclamiento, con o sin tratamiento del líquido, en cuyo caso la depuración es parte de esta fase, para entrar en un nuevo proceso que reinicia.

En tal sentido, este proceso en la cuenca del El Muerto, es presentado en los siguientes apartados, con fines a una intervención, a través de los cinco subsistemas.

## **SUBSISTEMA BIOFÍSICO**

La cuenca El Muerto es parte de la vertiente occidental de la sierra de Las Cruces, por lo que pertenece a la Región Hidrológica 12 Lerma-Chapala-Santiago. Comprende una extensión de 2 mil 121 hectáreas; en tres municipios: Capulhuac (22.9%), Tianguistenco (2.2%) y Ocoyoacac (75%), con dos asentamientos humanos: San Pedro Atlapulco y Guadalupe Victoria, así como un caserío disperso: San Pedro y el paraje turístico conocido como Valle de El Potrero, que es parte de la zona turística de La Marquesa, al Oriente de la carretera La Marquesa-Tianguistenco.

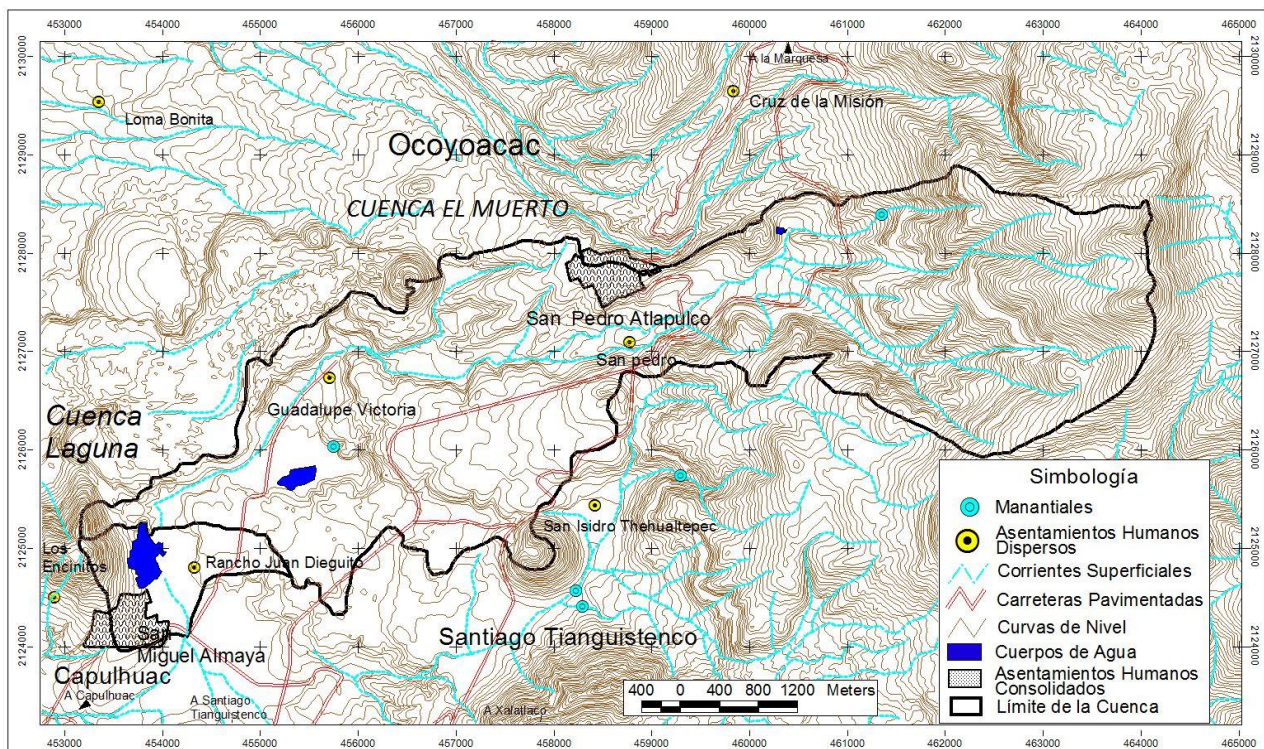
La cuenca se localiza entre dos zonas metropolitanas importantes del país: la de Ciudad de México y la de Toluca. Las transformaciones humanas de la cuenca han cambiado su fisonomía, originalmente de un bosque de coníferas y latifoliadas, propias de esta región templada del Eje Volcánico Transversal, en el centro del país, para convertirla en un mosaico donde predomina la actividad agrícola, coexistiendo con el bosque, principalmente en las zonas más abruptas, o aquellas con suelos rocosos de malpaís.

El arroyo El Muerto inicia sus escurrimientos en el cerro El Muñeco, que es la cima más alta del parteaguas, al Oriente, a los 3,750 msnm donde se divide de la cuenca endorreica del Valle de México, como se ilustra en la figura 1; mientras que en el extremo Poniente, la cuenca tiene una altitud de 2,690 msnm, lo que hace una variación altitudinal de 1,060 m y su respectiva oscilación térmica.

Desde la perspectiva fisiográfica la cuenca, al igual que el resto de la Cuenca Alta del Río Lerma, se encuentra en la región del Eje Volcánico Transversal, con montañas de fuerte pendiente, laderas suaves de pie de monte y una pequeña planicie, de menor altitud que éstas. Todo este conjunto físico tiene características particulares, que influyen en la geohidrología

local. Por su parte, los procesos de la atmósfera, que participan en el ciclo del agua y en la distribución de las comunidades bióticas dan lugar a la presencia de una variación climática que oscila del semifrío subhúmedo, con lluvias en verano, en la parte alta, al templado subhúmedo. Las lluvias del verano ocurren durante el semestre mayo – octubre, con más del 90% de la precipitación total que origina mayoritariamente corrientes intermitentes; mientras que la superficie de la cuenca tiene un coeficiente de escurrimiento de 10 a 20% (INEGI, 2002), por la formación geológica y pendientes, que dan lugar a una zona de recarga del acuífero (CNA-GTZ, 2004).

**Figura 1. Cuenca del arroyo El Muerto y otras cuencas de la zona**



**Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1999)**

Por otro lado, en materia de suelo, la zona de estudio tiene predominancia la unidad edáfica denominada “andosol”, que deriva de las cenizas volcánicas recientes, lo cual se vincula con el origen geológico de la región, con alta susceptibilidad a la erosión, sobre todo en las laderas montañosas, donde predominan, por lo que, cuando se asocia con lluvias intensas o granizo,

hacen a estas superficies muy vulnerables a la erosión, sin embargo, la cubierta boscosa que de manera natural vive en ellos mantiene al suelo en su sitio.

A partir de la abundancia de andosoles en las laderas montañosas, en las laderas del pie de monte, donde la amenaza de erosión no es fuerte, existe sedimentación, con procesos edafogénicos distintos, que dieron lugar a la formación de otras unidades: feozem y vertisol incipiente, con mayores posibilidades para el uso agrícola, donde se realizan cultivos anuales de escarda, en particular el maíz, y en menor medida la avena y la cebada. Aún con ello, en la zona de estudio, no se percibe la erosión, como un problema por el aprovechamiento del suelo, y aún existe abundancia del bosque original, como comunidad clímax.

Por todo lo anterior, es importante destacar que la combinación de las formaciones geológicas, las precipitaciones pluviales, el suelo y la vegetación de la zona de estudio, y en general en la vertiente occidental de la sierra de Las Cruces, hacen de esta región natural, una importante zona de recarga de los mantos freáticos del acuífero del Valle de Toluca (CNA-GTZ, 2004) y un reservorio de agua subterránea, pero que es sobreexplotado (CNA-GTZ, 2008), por las extracciones del Acueducto Lerma, y otros aprovechamientos, por lo que el manejo del territorio en la zona, trasciende el interés local, que de por sí es importante.

## **SUBSISTEMA ECONÓMICO**

Las actividades económicas de la población de San Pedro Atlapulco, según datos de campo, están soportadas en el sector de los servicios, sobre todo los turísticos en las distintas zonas conocidas como “valles”, que son un atractivo tradicional de “La Marquesa”; en segundo término, se encuentra el comercio y las actividades industriales que se realizan fuera de la comunidad, en las fábricas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca, que es el motor económico de la región, en detrimento de las actividades extensivas: agropecuarias y forestales

que fueron desplazadas y sólo cubren algunas necesidades domésticas, con escasa motivación para su desempeño.

Con lo anterior, destaca que el bosque y la agricultura ocupan más de 80% de la superficie de la cuenca, y aunado al pastizal inducido, son el 90%. Estas tres condiciones de ocupación del suelo tienen importancia local y regional, tanto en el ámbito económico como en el ambiental y cultural. La trascendencia implica una importante fuente de recursos económicos y de bienes de consumo, como es la generación de una porción del alimento básico de la población local y del agua que se infiltra, para su posterior alumbramiento, dentro de la cuenca y fuera de ella, por lo que el bosque comunal está bajo el régimen de manejo forestal sustentable, a la vez que también participó en el programa pro árbol, de pago por servicios ambientales hidrológicos 2008-2012.

El bosque es también un atractivo turístico para los visitantes, sobre todo los fines de semana, que acuden al bosque, pero se asientan en el pastizal inducido que es contiguo a esta comunidad vegetal, y cobra importancia económica porque en él se encuentra la zona recreativa: "Valle Potrero", dentro de la cuenca estudiada.

Por su parte, el beneficio económico de los pastizales como agostadero es marginal, sobre todo en la parte alta de la cuenca, donde sólo se observan ovinos productores de carne, que se crían extensivamente, mientras que en los alrededores de Guadalupe Victoria existe presencia de bovinos, ovinos y algunos caprinos. Por su parte, los equinos se ven estimulados por la renta de caballos en el Valle Potrero, y por su carácter semiestabulado, empujan al cultivo de avena, que es el segundo cultivo, luego del maíz.

Otras actividades económicas dentro de la cuenca son el cultivo de hongos comestibles y la pirotecnia. La primera está representada por la empresa: “Hongos Leben”, instalada desde 1975, en Guadalupe Victoria, mientras que la otra es demandada por las costumbres religiosas de la región.

Finalmente, la relación que se manifiesta entre las actividades de producción, distribución y consumo con el manejo del agua, dentro de la cuenca del arroyo El Muerto, destaca que el principal uso del líquido es el doméstico, y se orienta a satisfacer las necesidades de alimentación, aseo personal y de vivienda, para ello frecuentemente se utilizan productos de limpieza comercial, los cuales contienen sustancias químicas persistentes, que son descargadas como parte del agua residual en la red de alcantarillado, a cielo abierto, o bien, en una fosa séptica. Éstas a su vez siguen el proceso del ciclo hidrológico y se dirigen a la red natural que drena la cuenca.

Cabe destacar que la población de las comunidades de la cuenca bebe agua directamente del grifo, pues la consideran de buena calidad, y no la potabilizan, sin embargo, el médico del centro de salud de Guadalupe Victoria reconoce una mayor presencia de enfermedades gastrointestinales en los pacientes que atiende, y argumenta que se trata de un amplio consumo de barbacoa.

El agua que usa la población flotante que visita el Valle Potrero los fines de semana, genera una carga orgánica al agua, que luego de su paso por las fosas sépticas de los restaurantes en el Valle Potrero se pierde en el subsuelo, en la zona de recarga del acuífero del Valle de Toluca. Las viviendas en las localidades de la cuenca también son usuarias del agua, que aprovechan para actividades domésticas, de comercio, de servicios al consumidor.



También es importante destacar que tanto la población residente, como la flotante de los fines de semana son generadores de residuos sólidos, que frecuentemente entran en contacto con el agua y la contaminan.

## **SUBSISTEMA POLÍTICO ADMINISTRATIVO**

En este componente destacan las decisiones del quehacer con el recurso hídrico y por lo tanto sus consecuencias, al interior de la cuenca como en el ámbito regional, e incluso en el nacional, toda vez que el agua no reconoce fronteras político administrativas y tiene sus propias delimitaciones, establecidas por la naturaleza.

Por el origen prehispánico de San Pedro Atlapulco, los usos y costumbres son de gran trascendencia para el ejercicio del poder y el manejo de los bienes públicos, que se entretajan con las disposiciones jurídicas municipales, que hacen un híbrido; a diferencia de la localidad de Guadalupe Victoria, donde predomina la estructura administrativa municipal, con sus autoridades auxiliares municipales.

En tal sentido, la tenencia de la tierra es un elemento importante para definir la estructura de gobierno y de poder público en San Pedro Atlapulco, que es la localidad que comprende al 77 % de la población que habita en la cuenca. De esta manera, en San Pedro Atlapulco, la autoridad agraria destaca para la ejecución de las decisiones que se toman desde la Asamblea General del pueblo; mientras que en Guadalupe Victoria, la estructura municipal establece a la autoridad local, toda vez que no existe antecedente histórico, prehispánico, de ocupación en esta localidad, ni tampoco autoridad agraria, porque no existen ahí tierras comunales ni ejidales.

Con fundamento en los títulos primordiales después de un largo proceso agrario el 14 de agosto de 1946 mediante resolución presidencial se titula y reconoce el territorio comunal con 7,110 hectáreas que fueron, otorgadas de manera conjunta con otros dos núcleos agrarios: San Miguel Almaya y Santa María Coaxusco. Ambos pueblos actualmente en el municipio de Capulhuac. El territorio comunal fue distribuido básicamente en dos secciones: el área agrícola, parcelada, donde actualmente se cultiva principalmente el maíz, la avena y la cebada, y el área de bosque, con aproximadamente 4,600 hectáreas.

En cuanto a la estructura de gobierno, la autoridad local no cuenta con un organigrama explícito, la ejecución de acciones deriva de la Asamblea General, que es la máxima autoridad de la comunidad, dicha asamblea se integra por los comuneros e hijos de comuneros, Dicha Asamblea le asigna actividades al Comisariado de Bienes Comunales, que es monitoreado por el Consejo de Vigilancia, conformando por comuneros que validan el cumplimiento de los acuerdos de la Asamblea General.

Por su parte, el Comisariado de Bienes Comunales está conformado por un Presidente, un Secretario y un Tesorero, quienes administran los bienes comunes, atienden los señalamientos de la Asamblea General, a la vez que son los representantes de la comunidad; procuran el respeto de los derechos de sus representados; convocan a Asamblea y cumplen con los acuerdos que ahí se toman; y dan cuenta de las actividades realizadas y del movimiento de fondos y bienes comunes.

Para realizar sus funciones, el Comisariado obtiene ingresos económicos por concepto de pago de los visitantes a los valles que se localizan en las tierras comunales, cobro por productos de las minas, ingresos por el pago de servicios ambientales hidrológicos, generados por el bosque comunal, que está bajo el régimen de manejo forestal sustentable, y en él se realizan

actividades de: protección, restauración, conservación, cultivo y aprovechamiento de recursos forestales maderables, según autorización No. 207E10000/034/2008-NA.

Por otra parte, el Comisariado también cubre gastos para el ejercicio de sus funciones, entre las que se incluyen el apoyo a las autoridades municipales auxiliares, que están conformadas por los dos delegados, que tienen atribuciones encomendadas por el H. Ayuntamiento de Ocoyoacac, sobre todo en materia de seguridad vecinal.

Adicionalmente, el ayuntamiento se auxilia del Consejo de Participación Ciudadana (COPACI), como correa de transmisión entre la comunidad y las autoridades municipales, entre otros, para participar en la supervisión de la prestación de los servicios públicos. De esta manera, el presidente de este consejo, está al tanto de la prestación de los servicios, adecuada y oportunamente, con el apoyo del Comisariado de Bienes Comunales, en particular para la apropiación, distribución y descarga de las aguas residuales, así como para el manejo de los residuos sólidos.

Cabe destacar que los integrantes del cuerpo administrativo tienen cargos honorarios, sin salario, pero con la satisfacción de servir al pueblo, en concordancia con los usos y costumbres de la comunidad, de tal manera que el tiempo de dedicación es parcial, por la necesidad de atender las actividades que les brindan su sustento.

Por su parte, las formalidades para la gestión del agua en México está regulada en distintos ordenamientos jurídicos, desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, hasta los bandos de policía y buen gobierno, pasando por leyes nacionales, estatales y sus correspondientes reglamentos, sin embargo, en las localidades de la cuenca no surten el efecto deseado y son referencias poco conocidas, que quedan opacadas por los usos y costumbres.

A pesar de lo anterior, y por la influencia hídrica que tiene la cuenca hacia la laguna de Almaya, y posteriormente la de Tultepec, así como para el conjunto de la cuenca alta del río Lerma, la cuenca del muerto ha sido estudiada, en la escala regional, como parte de la mencionada cuenca, desde las instancias federal y estatal; se ha diagnosticado sobre sus problemas y planteado soluciones, que se pueden encontrar a través de diversos documentos de planeación, como son: El Plan Hidráulico Integral del Estado de México 2002-2025, el Plan Maestro para la Restauración Ambiental de la Cuenca del Alto Lerma; el Plan de Manejo de la Cuenca del Río Lerma en el Valle de Toluca; el Plan de Gestión Integral del Acuífero del Valle de Toluca; el Plan Hídrico de Emergencias para el Control de Inundaciones y Saneamiento del Río Lerma.

La existencia de estos documentos es una muestra de que el problema en la cuenca alta del río Lerma rebasa el ámbito local, y cobra relevancia en la región y el país, sin embargo, la trascendencia local es vital para sus habitantes, que son usuarios del líquido, pero también por los impactos que desde ese espacio se generan aguas abajo, tanto por la cantidad, como por la calidad del líquido.

En tal sentido, las autoridades que inciden en la cuenca, se encuentran principalmente: la Comisión Nacional del agua, en el ámbito federal; La Secretaría del Agua y obra Pública, del Gobierno del Estado de México, con sus dos organismos auxiliares: la Comisión de Agua del Estado de México y la Comisión Coordinadora para la Restauración de la Cuenca del Río Lerma; así como los gobiernos municipales, de Ocoyoacac y de Capulhuac, que tienen a su cargo la prestación de los servicios públicos de Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales, así como de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos sólidos.

En la cuenca también inciden, no como autoridades, sino como coadyuvantes, los organismos locales, el Gobierno del Distrito Federal, que a través del Sistema de aguas de la Ciudad de México. Para ello establece la coordinación con las instituciones y organismos para realizar acciones conjuntas, en materia hidráulica, fuera de su jurisdicción.

Sin embargo, para los habitantes de la cuenca son importantes las autoridades locales que atienden directamente las necesidades con los ciudadanos, por lo que, en San Pedro Atlapulco el manejo del agua está en manos del Consejo de Participación Ciudadana (COPACI), que se encarga de la apropiación del líquido de los manantiales de la zona boscosa, para su distribución a los predios de la localidad y de la zona turística de Valle Potrero, con fines a su aprovechamiento por parte de los usuarios, así como la descarga de aguas residuales a la red de alcantarillado, para su posterior incorporación a los cauces naturales, sin ningún tratamiento.

Cabe destacar que el COPACI es un organismo público dependiente del H. Ayuntamiento de Ocoyoacac, que cambia de manera trianual, como el propio gobierno local. La autoridad del organismo generalmente es un ciudadano sin experiencia en el servicio público y sólo con el conocimiento empírico sobre los servicios que presta; al término de su gestión, cuando aprendió algo, viene el relevo que inicia con la voluntad y los conocimientos que la vida le ha dado sobre el tema, porque no existe la formación de servidores públicos.

Otros aspectos desconocidos por las autoridades y población local están vinculados a los fenómenos y procesos naturales y sociales que afectan su actuación, como es el caso de su ubicación en la zona de recarga del acuífero del Valle de Toluca, como el asentamiento humano de San Pedro Atlapulco en el parque estatal Zempoala – La Bufa, o la orientación para el crecimiento urbano, entre otros.

Por lo anterior, no existe archivo con memorias de cálculo de las obras realizadas, ni tampoco cartografía sobre las líneas de conducción hidráulica y sanitaria, ni ningún manual de operación, lo que dificulta su manejo y conduce a duplicaciones e ineficiencias en la prestación del servicio. En este orden de ideas, la expansión de la localidad es desordenada, aún cuando el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ocoyoacac, desconocido por las autoridades locales, establece una zona urbanizable, para el futuro crecimiento de San Pedro Atlapulco, al poniente de la localidad.

Lo anterior genera mayor anarquía en la prestación de servicios de agua y alcantarillado, porque el interesado deberá realizar las conexiones para satisfacer sus necesidades en la materia, con las consecuentes fugas y fallas en los sistemas de conducción, como resultado de una serie de circunstancias que incluye una falta de visión del territorio comunal, que institucionalice las disposiciones de otros órdenes de gobierno y las compatibilice con los usos y costumbres locales, a través de un programa de largo plazo y con el consenso de la comunidad.

Por su parte, el saneamiento del agua no existe en San Pedro Atlapulco, ni se vislumbra su implantación, sin embargo, las autoridades locales son sensibles al tema y tienen interés en atender el problema, porque observan que va en detrimento del turismo, que es la principal fuente de ingresos para la población, al tiempo que también perciben que están afectando aguas abajo de la corriente principal y con la contaminación del acuífero, pero no tienen medios para actuar.

## **SUBSISTEMA SOCIOCULTURAL**

Inicia con el poblamiento de la cuenca desde la época prehispánica, a partir del año 600 D.C. donde se asentaron grupos matlazincas y otomíes. Estas condiciones de ocupación milenaria

de la zona, está asociada con el uso de recursos naturales durante mucho tiempo, sobre todo de la tierra para el cultivo del maíz, maguey, haba, entre otros productos, así como el aprovechamiento de la vegetación nativa para satisfacer necesidades de vivienda, alimentación y religiosas. Con la presencia humana el aprovechamiento del agua es relevante, por lo que Mayo (2007) reporta restos arqueológicos en la zona, dedicados a Tlaloc y la evidencia actual es el logotipo oficial de la comunidad, en el que se representa el flujo de agua entre dos montes.

Durante la época de la Colonia, Castro, (2008) destaca la explotación de madera, con la finalidad de elaborar carbón vegetal, que se usaba en la Real Casa de Moneda de la Ciudad de México, como fuente de energía, a través de su encomendero o por venta directa en la capital virreinal. Lo anterior es una muestra de que el aprovechamiento maderable del bosque no necesariamente debe acabar con él, y en tal sentido, Atlapulco, es un antecedente histórico de las actuales empresas forestales comunitarias, que conjuntan su organización social tradicional, con su integración al mercado. En la actualidad, el bosque de oyamel, que es la vegetación natural clímax de esta región del país, se mantiene, aunque con fuertes presiones, pero con grandes beneficios, por las funciones ambientales.

El poblamiento de Guadalupe Victoria es distinto, ya que se trata de pequeños propietarios de la tierra que no tienen origen prehispánico común, ni la organización comunal, ni sus instituciones, aunque sí tienen cohesión social, con un sentido de identidad hacia la población. En este caso el mestizaje es mayor, al menos por sus estructuras de gobierno, que no se centran en la tenencia de la tierra.

En el ámbito productivo, la organización colectiva ha promovido un manejo del bosque, que es un importante patrimonio de San Pedro Atlapulco, donde operan proyectos de vigilancia en

tiempos de estiaje, entre febrero y mayo, cuando los incendios están más propensos; se cuenta con programas comunitarios de brigadas contra incendios, las cuales hacen brechas corta fuego. Es un trabajo común que no es ni reconocido ni remunerado, pero la fuerza de la cultura es la base para la conservación, porque mediante la acción comunal se implementan trabajos.

Por otra parte, el factor humano, que es un motor de las transformaciones territoriales, sociales y económicas, tiene actualmente las siguientes características en la cuenca: destaca que las dos localidades son pequeñas, ambas con 4288 habitantes en 2010 y la actividad principal se centra en el sector terciario de la economía. Sin embargo, es importante destacar que la San Pedro Atlapulco está dividida por el parteaguas con el 80.8 % de su superficie en la cuenca El Muerto y el 19.2 % restante se encuentra en la cuenca del arroyo México.

Bajo esta circunstancia, y considerando que la población se distribuye de manera homogénea, los habitantes de San Pedro Atlapulco, dentro de la cuenca del arroyo El Muerto son 3,465.

En cuanto a la dinámica poblacional, Guadalupe Victoria incrementó ampliamente su población durante el quinquenio de 2005 a 2010, al aumentar en 32% el número de habitantes, mientras que San Pedro Atlapulco lo hizo en 17 %. Ambos valores muy superiores al crecimiento estatal, que logró 8% en el mismo periodo, para dar lugar a tasas de crecimiento media anual del orden de 5.9222% y 3.3334%, respectivamente y en el conjunto de ambas localidades en el orden de 3.7456%, que supera a la velocidad de crecimiento del Estado de México, que ascendió en 1.6922 % anual durante el mismo lapso, por lo que podemos considerar para la cuenca, una dinámica de población acelerada, que requiere expansión de su infraestructura en mayor medida que el resto de la entidad federativa, según el patrón prevaleciente de manejo hídrico: agua, alcantarillado y saneamiento, pero sobre todo, de su gestión.



De estos totales de población, el sector que tiene más de doce años de es 77.4% en la cuenca, con diferencia de casi cuatro puntos porcentuales entre las localidades, (78.1 % en San Pedro Atlapulco, y 74.0 % en Guadalupe Victoria). Ambos casos están alrededor del valor obtenido en el Estado de México, que tiene 75.6 %; pero en el conjunto de la cuenca superan ligeramente este dato.

Por su parte, la PEA de San Pedro Atlapulco, supera en cerca de cinco puntos porcentuales a Guadalupe Victoria, al mismo tiempo que es mayor en 2.5 puntos al Estado de México. Esta diferencia, se mantiene para el indicador de población ocupada, entre San Pedro Atlapulco y la entidad mexiquense, pero no es tan grande entre esta localidad y Guadalupe Victoria, que alcanza 1.7 puntos porcentuales. Es importante destacar que en todos los casos la PEA que se encontraba ocupada durante el momento censal ronda el 95% o más, y en contraposición, los desocupados son relativamente escasos.

Por otra parte, las capacidades de la población suelen referirse a los niveles de escolaridad, por lo que en la cuenca existe un nivel de analfabetismo similar al del Estado de México, que oscila alrededor del 4.3%, sin embargo Guadalupe Victoria supera el valor en 1.5 puntos porcentuales. Por lo que respecta a quienes no concluyeron la primaria, la proporción es elevada y mayor en la cuenca que en el Estado de México, en el 10%; mientras que en el caso de la secundaria, el indicador es más desfavorable todavía, sobre todo en Guadalupe Victoria, donde cerca de la tercera parte de la población mayor de 15 años no tiene cubierta la educación básica y en San Pedro Atlapulco supera ligeramente el 30%. En ambos casos el indicador es superior al Estado de México, que es prácticamente de una cuarta parte de ese sector de población.

En otro grupo de edad, que son los mayores de 18 años, a quienes les corresponde otros niveles de escolaridad. Así, cerca del 40% en el Estado de México cuenta con estudios que

siguen al nivel básico, pero ese valor es de 34% para la población de la cuenca, con extremo en la localidad de Guadalupe Victoria, que solo están en esa condición el 22% del grupo.

Por lo anterior, el promedio de escolaridad en la cuenca oscila entre los 7.72 y 9.02 años, que es inferior al del Estado de México, sobre todo en Guadalupe Victoria, que carece de centros escolares más allá de la educación básica, y en toda la cuenca, sólo existe un Centro de Estudios Tecnológico, Industrial y de Servicios (CETIS), que ofrece estudios de bachillerato en San Pedro Atlapulco, al cual asisten jóvenes de la zona.

Es importante destacar que más allá de los niveles de escolaridad, los contenidos educativos son un aspecto medular de la formación humana, y en tal sentido, la educación ambiental, es escasa y generalizada, toda vez que no se identifica la problemática local, en la que participan los propios educandos y contribuye marginalmente a la sensibilización de los futuros adultos, que tomarán decisiones sobre el manejo de recursos naturales; a la vez que los propios integrantes del magisterio no cuentan con información suficiente, por lo que se puede afirmar que el analfabetismo ambiental es mayor que el de lectoescritura.

En cuanto a las condiciones de las viviendas particulares habitadas en la cuenca, durante 2010, las viviendas de la cuenca estuvieron dotadas de energía eléctrica, agua entubada, excusado o sanitario y drenaje, casi en su totalidad, con valores que superan el 95%, y sólo Guadalupe Victoria registró menores valores en cuanto a existencia de agua entubada (83.59%) y existencia de excusado o sanitario (89.83%); siempre con valores muy semejantes a los del Estado de México, pero también siempre ligeramente superados por San Pedro Atlapulco.

Por otra parte, es muy importante destacar que en materia de contaminación del agua, la población genera este proceso y cambia su calidad, sobre todo porque es usada conjuntamente

con sustancias, para el aseo personal, de enseres y de inmuebles. Dichas sustancias, no desaparecen, salen disueltas a través de los drenajes de las viviendas, por lo que, los hábitos que tiene la población usuaria del recurso es un factor de contaminación, actualmente generalizado en los ámbitos urbano y rural, en particular en las localidades de la cuenca.

Cabe destacar que las sustancias añadidas al agua, por parte de los consumidores, son promovidas por el comercio, a través de mercadotecnia, que promueve el uso de productos que contienen colorantes, desinfectantes, aromatizantes y de otros compuestos que afectan el contenido del agua residual, pero que son incorporadas por prácticas sociales que se adoptan, bajo la premisa de mejorar la calidad de vida, pero que no son sensibles a los costos ambientales que generan, al modificar la calidad del recurso.

## **SUBSISTEMA TECNOLÓGICO**

La tecnología que manejan los usuarios del líquido para distintas finalidades, y quienes prestan el servicio básico de agua entubada como de alcantarillado y saneamiento es también un factor que incide tanto en la cantidad del líquido aprovechado y extraído de las fuentes de abastecimiento, como en la calidad de los influentes y los sitios donde se aprovecha el recurso, por ello es importante caracterizar los procesos de manejo que se siguen para satisfacer la necesidad de este líquido, vital y factor de producción.

En relación con los usos del agua en la cuenca, destaca el uso público – urbano, como el más importante por el beneficio que genera directamente a la población; también existen usos agropecuarios del agua, pero éstos son marginales, se limitan al riego de algunas milpas en la localidad de Guadalupe Victoria y a la parcela comunal de San Pedro Atlapulco, para lo cual se deriva el agua del arroyo y se conduce a los terrenos adyacentes. En cuanto a los usos industriales no existen por la ausencia de fábricas en la cuenca.

El manejo de agua en la agricultura consiste en la aplicación de riegos de auxilio antes de que se establezca el temporal, tiene vigencia desde los últimos días de marzo, hasta los primeros de mayo, con la finalidad de adelantar al máximo la fecha de siembra, alargar el ciclo agrícola y obtener el máximo rendimiento.

Respecto al uso público – urbano en ambas localidades tienen como fuente de abastecimiento los manantiales que alumbran el agua durante todo el año, la cual se capta y conduce mediante tubos y mangueras, hasta los tanques de distribución, para hacer llegar el recurso por gravedad a los habitantes de las viviendas.

También es común la distribución con conductos paralelos que llegan a destinos cercanos, ocasionan duplicidad de trayectoria y mayores fugas, que reducen la eficiencia de conducción de la red, misma que al igual que la de alcantarillado, carece de seguimiento de los gastos a lo largo de cada red, para detectar fugas y su estado de conservación.

En ambas localidades el agua que se capta de los manantiales no tiene ningún proceso de potabilización para ser distribuida a la población, que frecuentemente la consume directamente de la llave y, en algunas ocasiones consumen el líquido embotellado por las empresas refresqueras. Ya el agua en el interior de las viviendas llega a tener fugas y la opción es aumentar el caudal.

El recurso dentro de las viviendas, se utiliza principalmente para limpieza personal, de enseres domésticos y de inmuebles, así como para el arrastre de materiales, sobre todo orgánicos. Con ello, el agua queda contaminada con sustancias diversas, de las cuales destaca la materia orgánica biodegradable, sin embargo, también están presentes sustancias “extrañas” en el agua, que la contaminan, entre las que destacan detergentes, y artículos para la limpieza, que

incluyen, restos de colorantes, desinfectantes, aromatizantes, shampoos y otros compuestos que son añadidos al agua, por parte de los usuarios.

De los datos de muestreo sobre las consecuencias en la calidad del agua por su uso en la cuenca, a partir del aprovechamiento en las viviendas sobresale, como primera aproximación que la cantidad de materia orgánica, rebasa la norma (NOM 001 SEMARNAT 1996) en la mayoría de puntos muestreados.

Por su parte, el valor de los sólidos sedimentables cumplió con la norma de vertido en dos puntos muestreados en un momento del estiaje, cuando la cantidad de sólidos arrastrados es menor, porque los procesos erosivos están ausentes.

En relación con los metales pesados, sólo el plomo registra valores un poco arriba de la norma, pero los valores de coliformes fecales, en ningún caso cumplen con la norma, y siempre son muy elevados.

En otro sentido, destaca que el agua residual de Guadalupe Victoria es de mejor calidad que los efluentes de San Pedro Atlapulco. Ante estos resultados, si suponemos una adición de sustancias similar en las dos localidades, es posible pensar que en Guadalupe Victoria el consumo de agua *per cápita* es superior, y redonda mayor extracción; por el contrario, si suponemos el mismo consumo *per cápita* de agua, los habitantes de Guadalupe Victoria, añaden menos cantidad de sustancias al agua, por lo que sus concentraciones son frecuentemente menores.

Por su parte, el caso del arroyo El Muerto, por su ubicación, aguas abajo de las descargas tiene la dilución de las sustancias contaminantes, a la vez que una parcial descomposición de la

materia orgánica, por efecto de la oxigenación, lograda por su tránsito al descender la ladera de la sierra de Las Cruces.

Con los datos anteriores el énfasis general de la problemática se tiene en el rubro de grasas y aceites y coliformes fecales, en todas las muestras. También es importante destacar que la zona turística de El Potrero no quedó cuantificado, porque al carecer de una red de alcantarillado, no fue posible el análisis de la descarga, sin embargo, por las actividades recreativas y de consumo de alimentos, es posible estimar que la generación de contaminantes se debe a: materia orgánica, grasas y aceites y, coliformes, así como emisión de residuos sólidos, por el consumo de alimentos industrializados.

## **PROPUESTA**

El programa de saneamiento de la cuenca del agua del arroyo El Muerto contempla cuatro proyectos estratégicos, sustentados en los cinco subsistemas, buscando la integración de éstos, a partir de las articulaciones entre ellos; dichos proyectos son.

1. Educación para el manejo del agua en la cuenca. Consiste en el trabajo con la población, sobre todo con los niños, para sensibilizar sobre los hábitos de consumo del líquido, sus implicaciones para la calidad de las aguas residuales que se generan, por las formas de aprovechamiento local, entre los distintos usuarios, así como para el cuidado de las fuentes de abastecimiento local y de la zona de recarga del acuífero del Valle de Toluca, que abastece a la región, con un trasvase de de 5 m<sup>3</sup>/s, hacia la cuenca del Valle de México, según el Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2008.

El proyecto también contempla el manejo de residuos sólidos municipales, que se encuentra fuertemente vinculado con la contaminación del agua, y cobra relevancia por la contribución de lixiviados al acuífero, sobre todo en los tiraderos a cielo abierto. El propósito es prevenir

y reducir el problema de la contaminación, a partir de las prácticas de uso y aprovechamiento de líquido, que facilite su tratamiento en los puntos de descarga de cada red de alcantarillado, a la vez de sentar las bases para el tratamiento *in situ*, en aquellos lugares aislados que no están conectados a la red de alcantarillado municipal.

2. Tubos y plantas de tratamiento. Consiste en la depuración de las aguas residuales que se generan por las diversas actividades, a partir de la confirmación de que no se trata de aguas industriales y todo el servicio es parte de la responsabilidad municipal. Este proyecto establecer los complementos a la red de alcantarillado, para cubrir la mayor cantidad de predios de los asentamientos humanos de la cuenca y conducirlos hacia las plantas de tratamiento que descargarán el efluente tratado al arroyo.

Las plantas de tratamiento que se contemplan son de dos tipos: biodigestores con tres cámaras de descomposición, para recibir las descargas del alcantarillado, en distintos puntos de la cuenca, y el Sistema Unitario de Tratamiento de Agua, Nutrientes y Energía (SUTRANE), con capacidad de recuperar los nutrientes para la producción de biomasa vegetal, en aquellas viviendas aisladas y desconectadas de la red de drenaje.

3. Proyecto de El Potrero. Para la zona turística, donde se presentan las primeras actividades económicas, con impacto en la calidad del agua que consumen, tanto para la preparación de alimentos como los servicios sanitarios. Este proyecto pretende realizar un manejo de agua y de residuos sólidos, bajo los principios del proyecto anterior, en materia de agua, pero adiciona el manejo de residuos sólidos orgánicos, para su transformación en abono, como recursos agrícola, a través de la elaboración de composta y el reciclamiento de sólidos comercializables.
4. Agroecosistemas. Este proyecto pretende conocer los procesos de aprovechamiento de la tierra agropecuaria, forestal, silvícola y acuícola, que son usuarios de agua, o que realizan actividades vinculadas con la infiltración del agua de lluvia, en esta zona de recarga del acuífero del Valle de Toluca, para evitar la contaminación del agua, a la vez de promover las

actividades rurales, en la periferia de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, que avanza con cambios de uso del suelo.

## **CONCLUSIONES**

Existe diversidad de usuarios del agua, que además de vital, es un factor de desarrollo para diversas actividades que la contaminan y alteran su dinámica hídrica, por lo que deben cambiar las formas de intervención centradas en un objetivo, por aquellas formas de satisfacción de necesidades humanas, pero con acciones que son compatibles con los flujos de materiales y energía locales, o que les ofrecen sinergias positivas.

Los proyectos mencionados están basados en la dinámica local, contemplada a través de los cinco subsistemas que abarca el proceso de manejo del agua, y para su instrumentación el subsistema político administrativo juega un papel preponderante.



## BIBLIOGRAFÍA

**Alvarado Granados, Alejandro Rafael**, coordinador (2012) *Experiencias en el Tratamiento de aguas residuales en el Estado de México*. México, Universidad Autónoma del Estado de México, México.

**CNA-GTZ**, Comisión Nacional del Agua-Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Agencia Alemana de Cooperación Técnica), 2004, *Plan de Gestión Integral del Acuífero del Valle de Toluca*, CNA-GTZ, Toluca, México, CD ROM.

**CNA-GTZ**, Comisión Nacional del Agua-Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Agencia Alemana de Cooperación Técnica), 2008, *Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Lerma en el Valle de Toluca*, CNA-GTZ, Toluca, México, CD ROM.

**Mayo Baloy**, (2007): *Los pueblos otomíanos del Valle de Toluca, San Pedro Atlapulco, historia prehispánica y colonial*, México D.F., Grupo Jaguar, Impresiones S.A. de C.V.

## CARTOGRAFÍA

**INEGI**, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (1999) *Conjuntos de datos vectoriales E14A48, E14A49 y E14A38 de las cartas topográficas escala 1:50,000 (Tenango, Milpa Alta y Toluca)*, edición: 1, Aguascalientes, México.

**INEGI**, Instituto Nacional del Geografía e Informática (2002): *Carta hidrológica de aguas superficiales*, E-14-2, escala 1:250,000, INEGI, segunda impresión, Aguascalientes, México.

## PÁGINAS ELECTRÓNICAS

<http://es.scribd.com/doc/99181448/Historia-Mexicana-Volumen-57-Numero-3-Enero-marzo-2008>

[Consulta 23/09/209]