

---

## Gestión local del agua del Qanat de Tlalmanalco, Estado de México.

A. Hinojosa-Peña \*, A. T. Romero-Contreras y M. Hernández-Téllez

Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX) Carretera Toluca-Atacomulco Km. 14.5, San Cayetano, Toluca, México. Tel. 01 722 2965550

---

*Local water management Tlalmanalco Qanat, State of Mexico.*

### Abstract

The drinking water supply in quantity, quality and timeliness has been a challenge for the historical organization of societies today there is an enormous scientific interest on the ways in which traditional societies have been organized around water collection systems and management on this resource, especially to understand their problems and success stories before sharing, equity and democracy (FAO, 2003).

This paper identifies the forms of social management of water in the Qanat system in a Nahuatl community of ancient origin, through two aspects: first, about the description of the natural system of melting glaciers Iztaccihuatl volcano giving rise to the Qanat water and infrastructure. The second identifies the entire application process and distribution of this resource, using the traditional management through the Water Committee, which is part of the cargo system is a particular form of social organization formally established alternative to by laws (Carrasco, 1990).

The results of the natural system of Qanat water, identify water infiltration forms adapted to the melting of the volcano physiography, obtained by crossing the water table with horizontal drilling a tunnel or gallery, and capturing galleries aquifer auxiliary, whose runoff management requires only gravity and no external source of energy, making it sustainable in this sense.

While social outcomes of the management system show a Nahuatl origin Tlalmanalco population as well as the form of social organization that allows water distribution and conflict resolution within the municipality and its relationship to other levels of government, which explains his ability to local and regional management. It is identified that has developed and incorporated Tlalmanalco water management through committees, as part of their social structure "cargo system", which allow you to seize and maintain control of the resources of a community, reflected through a self that operates the system, where the tasks of choosing members, administrative and cooperatives, are carried by democratic and participatory forms of the population, and that follow specific rules within which users must follow.

*Key words:* qanat, management, system, committee system charges.

### Resumen

El abastecimiento de agua potable en cantidad, calidad y oportunidad ha sido un reto durante la organización histórica de las sociedades; hoy existe un enorme interés científico sobre las formas en que las sociedades tradicionales se han organizado alrededor de sistemas de obtención de agua y la gestión sobre este recurso, sobre todo para entender sus experiencias exitosas ante problemas como reparto, equidad y democracia (FAO, 2003).

En el presente trabajo se identifican las formas de gestión social del agua en el sistema de Qanat en una comunidad nahua de origen antiguo, a través de dos vertientes: la primera, en torno a la descripción del sistema natural de deshielo de glaciares del volcán Iztaccihuatl que da origen al agua del Qanat y su infraestructura. La segunda, identifica todo el proceso de uso y distribución de este recurso, mediante las formas de gestión tradicional a través del Comité de Agua, el cual se inscribe dentro del sistema de cargos que

---

\*Autores de correspondencia  
Email: ahp682001@yahoo.com.mx; lautona@aol.com

es una forma particular de organización social alterna a la formalmente establecida por las leyes (Carrasco, 1990).

Los resultados del sistema natural de agua del Qanat, identifican las formas de infiltración de agua adaptada a la fisiografía del deshielo del volcán, obtenida a través de atravesar el freático con la perforación horizontal de un túnel o galería, y la captación del acuífero con galerías auxiliares, cuyo escurrimiento requiere solo del manejo de la gravedad y no de una fuente externa de energía, lo cual lo hace sostenible en este sentido.

Mientras que los resultados sociales de gestión de dicho sistema, muestran un origen náhuatl de la población de Tlalmanalco, así como la forma de organización social que permite la distribución del agua y la resolución de conflictos al interior del municipio, así como su relación con otros niveles de gobierno, lo que explica su capacidad de gestión local y regional. Se identifica que Tlalmanalco ha desarrollado e incorporado la gestión del agua a través de Comités, como parte de su estructura social del “sistema de cargos”, lo que le permiten apropiarse y mantener el control del recurso de manera comunitaria, reflejado a través de una autogestión que opera el sistema, donde las tareas de elección de integrantes, administrativas y de cooperativas, son llevadas por formas democráticas y participativas de la población, y que siguen reglas concretas al interior y que los usuarios deben cumplir.

*Palabras clave:* qanat, gestión, sistema, comité, sistema de cargos.

## Introducción

La disponibilidad cada vez menor de agua por habitante en el mundo, hace que el interés por la gestión de este recurso sea un tema cada vez de mayor interés científico y social (Carrasco, 1990). El presente trabajo se enfoca en un estudio intensivo de caso de gestión del agua en el Qanat del poblado San Rafael, Municipio de Tlalmanalco, estado de México, donde su población de origen náhuatl, lleva a cabo una forma de gestión del agua local, incorporado al sistema de cargos de la comunidad (García, 1982).

Para el desarrollo de la investigación se adaptaron los conceptos de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) de Burton (2003), mediante el concepto de enfoque socioecosistémico, lo que permitió estudiar de forma estructurada los componentes de la subcuenca, así como las estructuras organizacionales tradicionales de gestión del agua de la población, las cuales interactúan desde la construcción hasta la operación del sistema de agua del Qanat.

El planteamiento asume la existencia y funcionamiento de los Comités ciudadanos, por lo que se caracteriza el modelo de gestión del agua a través del derecho consuetudinario como parte del sistema de cargos, a través el método etnográfico y la utilización de herramientas de SIG, con el propósito de identificar sus normas y reglas de forma precisa (Palerm, 2002).

## *El ciclo del agua y el Qanat*

Para identificar y caracterizar el sistema hidrológico del Qanat de Tlalmanalco, hay que contextualizarlo dentro del ciclo del agua. El conocimiento del ciclo hidrológico y su relación con el deshielo del volcán Iztaccíhuatl, es fundamental para la comprensión del funcionamiento del Qanat.

El ciclo hidrológico es conceptualizado como un “ciclo biogeoquímico por el cual se concentra, purifica y distribuye el abasto fijo del agua en la Tierra que procede del entorno, ésta será captada por los organismos vivos y retornará nuevamente al ambiente” (Tyler, 1994). Este ciclo se debe a la variación de posición del estado físico del agua que está compuesto por la circulación del líquido que se encuentra en los océanos, en la atmósfera y en la superficie terrestre (Fabian, 2000). De acuerdo al estado en que se encuentre agua, el ciclo se divide en diferentes etapas que son:

Evaporación, transpiración y evapotranspiración.

- Condensación
- Precipitación
- Intercepción
- Almacenamiento
- Escorrentía superficial
- Flujo subsuperficial
  - Infiltración
  - Percolación

El ciclo se concibe como un proceso que inicia con la evaporación del agua almacenada en la corteza terrestre, tanto continental como oceánica, cambiando del estado líquido al gaseoso por efecto

de la radiación solar. La evaporación varía en cada lugar de acuerdo a la temperatura y latitud en que se localizan de las aguas continentales y oceánicas (Fabian, 2000).

El vapor formado se eleva hacia la atmósfera, donde el descenso de temperatura provoca su condensación y como resultado se tiene la formación de nubes, las cuales son transportadas por acción del viento hacia el continente. Es esta primera parte, donde inicia el movimiento cíclico de formación y distribución de agua en el planeta (Aparicio, 1997).

Durante el trayecto hacia el continente, tanto el vapor de agua como las nubes van uniéndose con otros compuestos como Dióxido de Carbono y polvos encontrados en la atmósfera con lo cual se agiliza la condensación en las nubes (Morales, 2001), durante el proceso crece el tamaño de las gotas de agua y cuando las nubes alcanzan su punto máximo de saturación con gotas de mayor tamaño, darán pauta a la precipitación, ya sea en estado sólido o líquido (Dourojeanni, 2002).

Del agua superficial y subsuperficial restante, una cantidad nuevamente vuelve a evaporarse e incorporarse en el ciclo hidrológico (Figura 1) y el agua que se infiltra, penetra el suelo para formar agua subterránea que más tarde llegará a los océanos y otros cuerpos de agua como los manantiales, lagos o presas (Linsley, 1981).

Los glaciares son una forma particular de retención superficial del agua, que permite su liberación prolongada a la atmósfera, escurrimientos superficiales y subterráneos. Dicho fenómeno hace más lento el ciclo hidrológico en su forma local lo cual posibilita su aprovechamiento del agua a lo largo del año (Yarza, 1971).

El agua subterránea que viaja a través de los espacios vacíos del subsuelo hacia las partes bajas al llegar a materiales como arena, grava, arenisca u otros estratos porosos que reposan sobre capas impermeables, forman acuíferos (Figura 1) con los cuales alimenta manantiales, pozos, ríos y humedales (Ramos, 2003), lo cual posibilita la construcción del sistema de Qanat.

El sistema de Qanat o también conocido como galería filtrante, es una forma de captación del agua subterránea y su conducción por gravedad a la superficie. Su origen es milenario, se inventó en el cercano Oriente (Mesopotamia-Persia) y, no obstante su antigüedad (más de 6000 años), es un sistema presente y vigente en el México actual, ya

que existen galerías en funcionamiento en varios estados del país (Colima, Puebla y Coahuila, entre otros), cuya construcción para abasto de agua data de varios cientos de años (Palerm, 2002). El Qanat a pesar de su vigencia en el tiempo, recientemente se ha profundizado en su estudio por las implicaciones en la gestión local del agua, casos ilustrativos son: en Parras Coahuila (Martinez, 2005), en Tehuacán, Puebla (Henao, 1980) y en el Estado de México (Montes, 2009) entre otros.

Los principales componentes de un Qanat son: un pozo principal (o pozo madre) sobre una colina (Figura 2), que alcanza el acuífero o similar fuente de agua subterránea, cuya presencia es reconocible por la humedad de suelo, un túnel casi horizontal desde el pie de la colina hasta la fuente de agua el cual debe poseer un ligero declive para permitir el descenso del agua, pozos secundarios que unen el túnel horizontal con la superficie su objetivo es proveer ventilación para su construcción y mantenimiento a través del tiempo, de forma manual y con tecnología simple, así como vía de acceso para los trabajadores y de salida para la tierra retirada (Laureano, 2001).

#### *El caso de estudio: Qanat de Tlalmanalco*

Tlalmanalco es un pueblo de origen antiguo ubicado en el Oriente del Estado de México, formado entre los siglos X al XIII D. C., por pobladores nahuas expulsados de la cuenca de México por los Toltecas-Chichimecas. Su nombre étnico fue el de Nonohualcas y forman parte del grupo conocido como Chalca (García, 1982). Se trata de un grupo nahua vivo en la actualidad, donde sus usos, costumbres y derecho consuetudinario rigen gran parte de la vida cotidiana (García, 1982).

El municipio Tlalmanalco ocupa la vertiente occidental del sistema orográfico Iztaccíhuatl-Popocatepetl, volcán originado por varias etapas de erupción. Presenta tres cimas principales: cabeza (5140 msnm), pecho (5250 msnm) y rodillas (5000 msnm), llamadas así, por la similitud de la cumbre con una mujer durmiente.

Su hidrografía forma parte de la subcuenca del río de la Compañía en la Cuenca de México y está constituido por nueve arroyos, un lago y siete acueductos. Las corrientes de agua se inician desde la zona del parteaguas (García, 1982).

El clima de la parte habitada del municipio es templado subhúmedo con régimen de lluvias de verano, su temperatura media anual es de 13.2 °C.

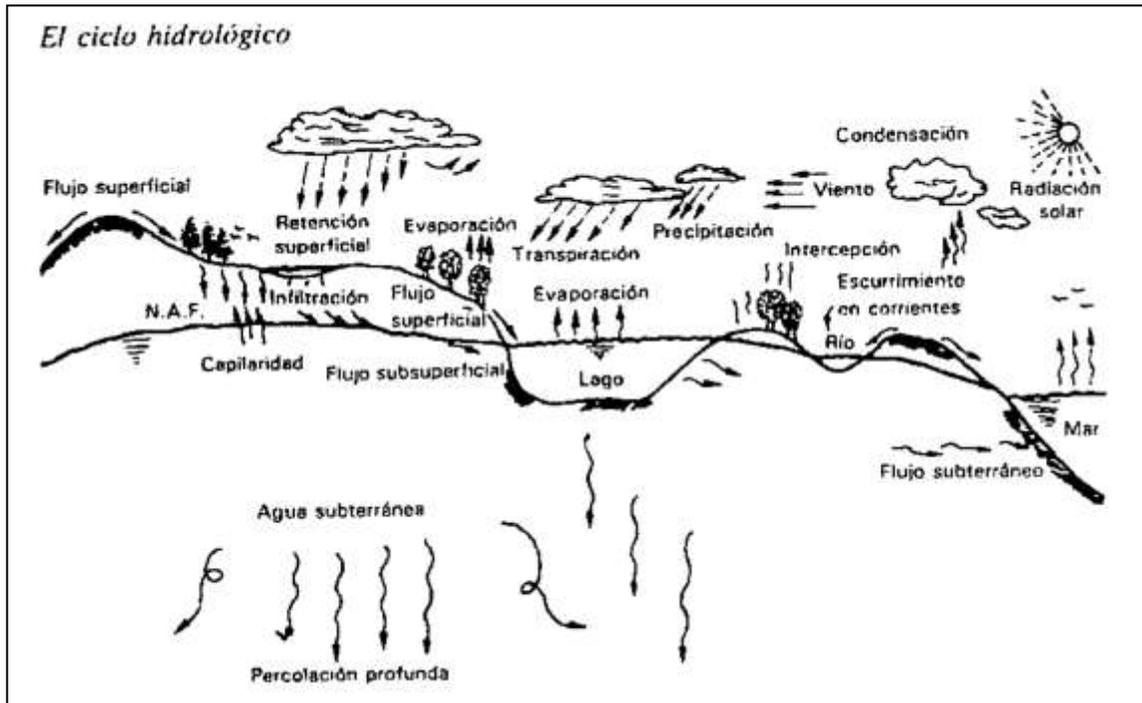


Figura 1. Modelo Conceptual del ciclo hidrológico según Aparicio, 1996.

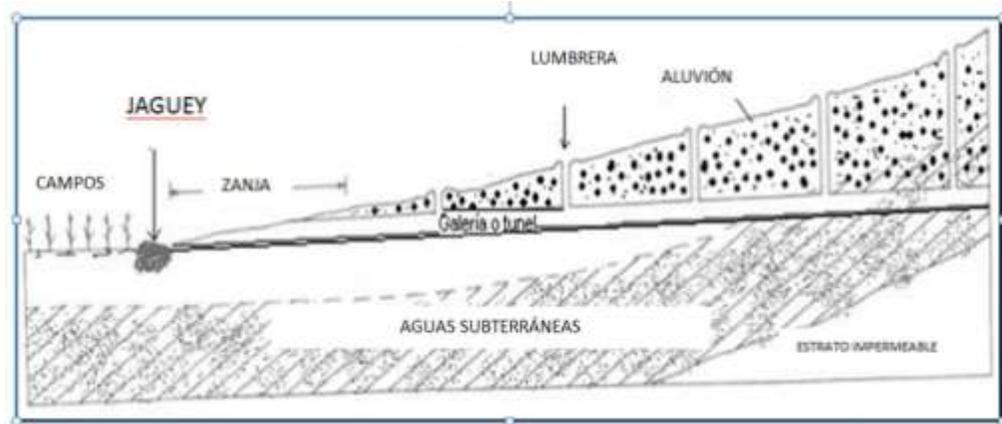


Figura 2. Sección transversal de un sistema de galerías filtrantes.

El mes más frío es Enero con temperatura de 10.9 °C y el más cálido es Abril con 15.4 °C. La precipitación anual es de 1092 mm, donde Febrero es el mes más seco con 8.6 mm y Julio el más lluvioso con 228.8 mm (García, 1982).

*El medio físico*

En este sentido, Tlalmanalco se encuentra dentro de la zona de influencia del Parque Nacional Izta-

Popo, en la parte centro-oriental del Eje Volcánico Transversal. Ocupa parte de la Sierra Nevada (por sus glaciares) en su porción sur y de la Sierra de Río Frío en su porción norte. Se localiza entre las siguientes coordenadas geográficas: límite extremo norte 98° 40' 18" y 19° 28' 2"; límite extremo oeste 98° 46' 40" y 19° 20' 29"; límite extremo este 98° 37' 28" y 19° 16' 16"; límite extremo sur 98° 40' 27" y 19° 14' 36". Abarca una superficie de 40,008 ha

dividida entre los estados de Puebla, Morelos y México con 28,461 ha (71.14%) corresponden a el Estado de México (Burns, 2009).

La Sierra Nevada (Figura 3), que forma parte del Eje Volcánico Transversal, es un macizo montañoso de alrededor de 100 km que va de norte a sur separando las cuencas de México y Puebla; sobre ella se encuentra la tercera cumbre más alta del país: la Iztaccihuatl (5230 msnm). Muy cerca, a 14 km hacia el sur, se erige el simétrico cono del volcán Popocatepetl (5452 msnm), la segunda cumbre más alta de México; estos dos volcanes son los que dan nombre al parque nacional (Burns, 2009).

#### *Origen geológico*

El Eje Volcánico Transversal se origina por un sistema de fragmentación o fracturamiento de tipo ortogonal. En la parte central del Eje, la disposición del relieve se debe, en un inicio, a la formación de una gran falla a finales del Terciario y que continúa en el Cuaternario formando un desnivel de 1,000 m entre el Altiplano del Norte y la Fosa del Balsas al sur. El extenso fallamiento, asociado al vulcanismo, trajo como consecuencia (entre otras) la formación de algunos lagos en el Plioceno y el Pleistoceno, convirtiéndose en el paisaje característico del centro

del país (Yarza, 1971).

Esta enorme fractura determina la estructuración del relieve, la distribución de la hidrografía y las características climáticas, tanto al norte como al sur del Eje Volcánico. De esta manera, la aparición progresiva de los volcanes se convirtió en una enorme presa natural a través del país que impidió el drenaje de la parte central hacia el Pacífico.

Las primeras manifestaciones volcánicas en el área de la Cuenca de México suceden a mediados del Oligoceno superior (alrededor de 30 millones de años), cuando se constituyeron las bases de la Sierra Nevada, en un proceso que se conoce como formación Xochitepec, el cual consiste en la acumulación de productos volcánicos por alrededor de 20 millones de años y que han formado estratos de considerable espesor, así como afloramientos en grandes superficies que se extienden hasta las aplanadas cumbres situadas al noreste de la Iztaccihuatl (Sosa, 1951).

El Terciario es la base del relieve actual como producto de la actividad volcánica y el flujo de lavas. La sierra representa una unidad que alcanzó su forma y desarrollo actuales debido a la múltiple sobreposición de sistemas volcánicos sucesivos, en los que coexisten los flujos de erupciones

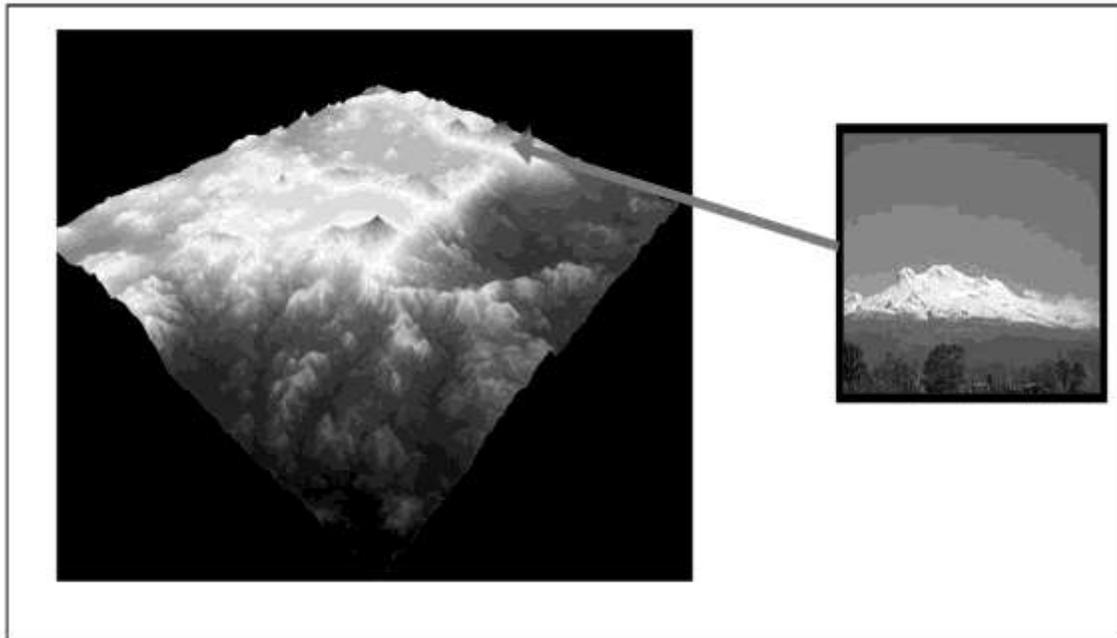


Figura 3. A la izquierda vista en tres dimensiones del Valle de México mediante IDRISI, a la derecha el Iztaccihuatl.

andesíticas arrojadas por los grandes conos, y que se caracterizaron por su explosividad y la efusión abundante de lavas basálticas emitidas por los volcanes pequeños. Por esto, los depósitos de material clástico andesítico se intercalan en algunas regiones con los basálticos.

El Cuaternario (2 millones de años a la fecha), se caracterizó por movimientos tectónicos, lo que aunado a un clima lluvioso y al desarrollo de glaciares, dio origen a un proceso de erosión muy acentuado en las partes elevadas y a una gradación de depósitos aluviales, lacustres y fluviales en las partes bajas con estos cambios generales, el relieve se vio afectado debido a la erosión causada por los escurrimientos superficiales que cavaron profundos barrancos, así como por los movimientos tectónicos que crearon fracturas por las que surgieron infinidad de volcanes y flujos de lava que lograron acumulaciones de 2000 m y de mayor espesor.

La actividad del Iztaccíhuatl cesó antes de la última glaciación mayor, mientras que el Popocatepetl continuó en erupción, con actividad más reciente a partir de 1994 (Sosa, 1951).

#### *La población*

De acuerdo a los resultados que presentó el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, el municipio cuenta con un total de 43930 habitantes, 49 % del sexo masculino y el 51 % del sexo femenino. Existe una población de habla náhuatl bastante considerable (39 %), aunque la estructura social de la mayoría de la población (aproximadamente 81%) vive y cumple con normas sociales de forma consuetudinaria (mayordomías, fiscalías, patronazgos, familias extensas), lo cual hace que a pesar de ser un municipio en proceso de urbanización, se pueda identificar su comportamiento social, dentro de las formas comunitarias tradicionales.

Cabe señalar, que en el año 2010, de acuerdo a los datos preliminares del Censo General de Población y Vivienda, efectuado por el INEGI, existían en el municipio 9222 viviendas particulares en las cuales en promedio habitan 4.60 personas en cada una (INEGI, 2010). La cobertura de servicios públicos según INEGI es: Agua potable (93.97 %), alumbrado público (99.25%), drenaje (91.35 %), el rastro se encuentra fuera de funcionamiento y los mercados abastecen al 80% de las localidades (García, 1982). Hay en el municipio 652 unidades de producción rurales con actividades de cría y

explotación de animales: ganado bovino (11.53 %), porcino (16.45 %), caprino (0.31 %), ovino (10.68 %), equino (23.52 %), aves de corral (32.44 %), conejos y colmenas (5.07 %).

El sector manufacturero ocupa el 40% de la población económicamente activa. Este sector generador de riqueza y empleo, tiene cuatro patrones principales, varios de los cuales siguen respondiendo al uso y manejo de celulosa: Kimberly Clark de México, Planta San Rafael; Fábrica de Terciopelo Martín Mexicana; Corisa-Iconsa; Confecciones Rival y 21 cartoneras. Esta especialización en la producción de celulosa de papel, tiene una amplia historia, y fue la responsable de que en el pasado (hace más de 100 años), se requiriese de agua suficiente para su proceso de producción, por lo que se construyó el Qanat para la industria y la población trabajadora (Huerta, 1996)

De igual forma, lo anterior identifica el porqué se estableció el Qanat y la Papelera en esta población. Fueron los extensos bosques y agua existentes en los volcanes, el punto estratégico que marcó la construcción del sistema de Qanat. Aún hoy, más de cien años después, por la extensión de sus bosques, Tlalmanalco es el municipio más productivo en términos forestales del Estado de México. Según el actual Plan de Manejo se extraen 12 mil m<sup>3</sup> de madera anualmente (Burns, 2009).

Para entender el origen de la forma de gestión del agua del caso de estudio cabe mencionar los siguientes acontecimientos históricos:

El 26 de junio de 1913 José de la Macorra hace un contrato con el síndico del Ayuntamiento de Tlalmanalco Gerónimo Quiroz. En este contrato se le da permiso amplio a San Rafael para verificar trabajos de reconocimiento y exploración en el monte comunal de la propiedad de la municipalidad, con el solo objeto de alumbramiento, captación y conducción de aguas.

Es a partir de este hecho que Papelera San Rafael inicia la construcción y operación de Qanats para la captación y canales para distribución de agua, con sus respectivas implicaciones en la gestión del recurso.

#### *Gestión del agua: El Comité de Agua*

La conformación de Comités de Agua, puede describirse considerando la naturaleza y funciones de sus integrantes, por ejemplo, aquellos de jerarquía federal como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de cobertura estatal con la

Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM), del Distrito Federal como el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), e incluso diversos organismos municipales en sus diferentes formas de operación (Navarro, 2010). Esta diversidad de estructuras organizacionales se refleja en los acuerdos y desencuentros de coordinación para la cobertura territorial, e incluso en la funcionalidad de un sistema. Al mismo tiempo se expresa una compleja estructura de gestión que hace difícil interactuar con diversos actores, en diferentes necesidades y capacidades de negociación dentro de sistemas sociales diferenciadas.

Los usuarios asociados en este tipo de sistemas de abastecimiento de agua de cobertura local (específicamente a nivel de los poblados o comunidades), se reconocen comúnmente como *Comité Agua*.

En términos específicos, dichos Comités se constituyen de la siguiente manera: 1.- duran en forma temporal por 3 años; 2.- los integrantes del Comité son elegidos democráticamente con voto

abierto en Asamblea General. 3.- Su participación en el Comité de Agua no es remunerada económicamente, pero se le atribuye una valoración social y de prestigio de servidor social en una escala reconocida en cada poblado o comunidad (Suarez, 1990). 4.- Su estructura es la siguiente: Un presidente, un secretario, un tesorero, y uno o varios vocales.

Estos Comités existen en los poblados rurales, periurbanos y aun en centros urbanos dentro de lo que fue la antigua Mesoamérica; son una manifestación de la organización social construida por los pobladores y que se atribuye el derecho de autogestión de un bien público local, reconociendo *de facto* un derecho consuetudinario, sea de usos y costumbres (Henaó, 1980).

Sin embargo, estos Comités pertenecen a una estructura social mayor que organiza a los pobladores (Estrada, 2006), esto fue estudiado por primera vez por Tonatiuh Romero a través de Arturo Estrada en el poblado de Temoaya (Figura 4) (Estrada, 2006). Este “Sistema de cargos cívico-

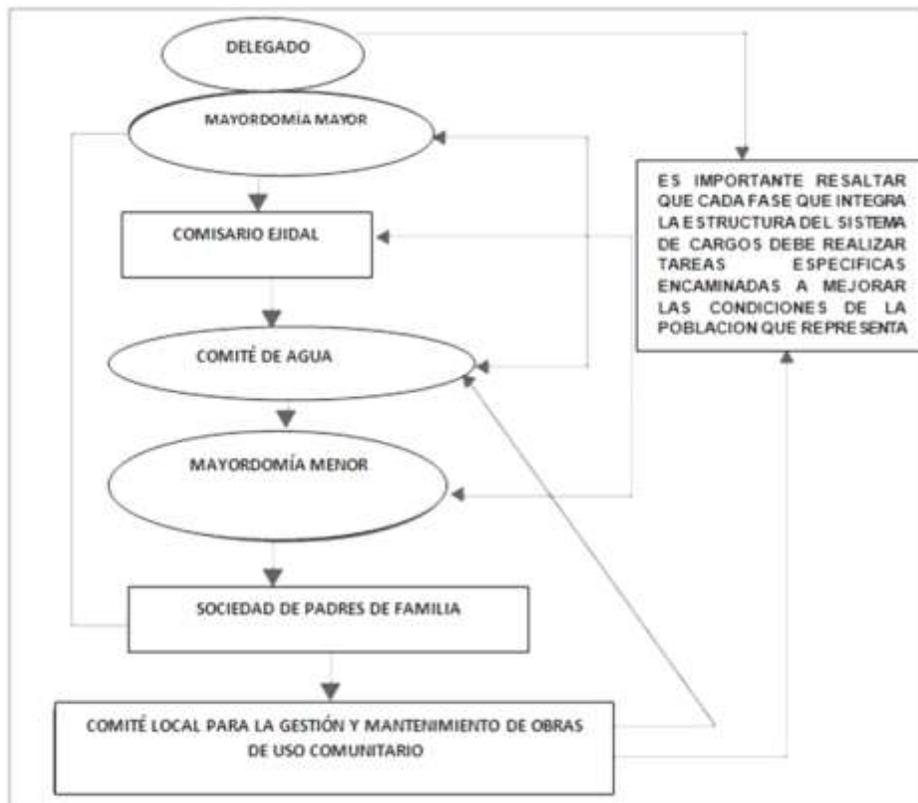


Figura 4. El comité de agua dentro del sistema de cargos según Estrada, 2006.

religioso”, es una forma social hecha para manejar, proteger y perpetuar a la comunidad y sus recursos incluyendo el agua (Carrasco, 1990). Por lo tanto, los Comités se adecuan y funcionan según sus circunstancias sociales, económicas y ecológicas donde existen, se reproducen o desaparecen, considerando diversas externalidades y dinámicas de los actores participantes (Delgado, 2004).

En México desconocemos cifras respecto a la magnitud y diversidad de tipos de Comités de Agua. Sin embargo, para el Alto Lerma, (Montes-Hernández *et al.*, 2011) a identificado más de 108 Comités, los cuales controlan más del 54% del agua potable y se reconoce su importancia indiscutible considerando su naturaleza como expresión de un sistema territorial de organización social patrimonial, autogestora de un recurso de interés común para gran parte del territorio que ocupaba Mesoamérica.

### Materiales y método

Para la identificación y descripción de la gestión del agua y su organización, se procedió a construir una matriz partiendo de los conceptos de enfoque socioecosistémico de Burton (2003), siguiendo sus componentes (Figura 5).

#### La comunidad seleccionada

De los antecedentes del Proyecto “Uso y Manejo Social del Agua” Clave 3004/2010 SF de la Universidad Autónoma del Estado de México y mediante el uso de SIG, se procedió a la selección de Tlalmanalco, ya que cuenta con un complejo sistema de agua gestionado en su construcción y operación por diferentes actores sociales (industria, gobierno y sociedad civil organizada).

#### El medio físico

Los datos que complementan la investigación se obtuvieron de fuentes como son las estaciones climatológicas de CONAGUA y Base de datos “Clicom”, censos de INEGI (INEGI, 2010), Archivo Histórico.

La información que se obtuvo en campo se geoposicionó mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) con el objetivo de facilitar la ubicación espacio temporal en el SIG.

Una vez que se concentro la información validada y estandarizada se procedió a caracterizar el territorio de estudio mediante el software IDRISI (Eastman, 2006) y los recursos del Centro de Recursos IDRISI México (CRI-México) con sede en el Centro Interamericano de Recursos del Agua CRI-CIRA-UAEMex.

#### Las estructuras sociales de gestión del agua

Una vez seleccionado el territorio de estudio se procedió mediante método etnográfico a reconocer *in situ* la comunidad de estudio (ciclo invierno primavera 2012), así como las estructuras organizacionales de ciudadanos que llevan a cabo la gestión del Agua.

A partir de la delimitación territorial y la selección de la comunidad se realizaron transectos locales con la finalidad de integrar la información registrable. El trabajo de campo permitió detectar las estructuras sociales de gestión del agua, que entre las principales actividades se pueden enunciar las siguientes: involucramiento con la comunidad para la detección de las estructuras organizacionales de gestión del agua. Fue fundamental observar la expresión estructural, funcional y dinámica de las formas de organización política, económica, social y cultural. Una contribución fuerte surgió del dialogo directo con informantes clave (Viqueira, 1971).

GESTIÓN	COMPONENTE	
	ECOSISTÉMICO	SOCIAL
CONSTRUCCIÓN	EL MEDIO FÍSICO	PAPELERA SAN RAFAEL
OPERACIÓN	INFRAESTRUCTURA	ESTRUCTURAS ORGANIZACIONALES

Figura 5. Organización conceptual del objeto de estudio a partir de los conceptos de Burton, 2003.

## Resultados y discusión

### *El medio físico-Subcuenca San Rafael*

La comunidad de estudio San Rafael Tlalmanalco pertenece a la subcuenca del río San Rafael, pertenece a la subcuenca Chalco-Amecameca, que es una componente hidrológica de la Cuenca de México.

Mediante las herramientas de IDRISI se procedió a

procesar el Modelo Numérico de Altitud (MNA) como base para la realización de análisis subsecuentes. Mediante el uso de los módulos de IDRISI necesarios y el MNA se procedió delimitar la subcuenca objeto de estudio así como sus cauces de agua (Figura 6).

Para el entendimiento de la gestión del agua en el territorio de estudio se obtuvo un perfil lateral del sistema (Figura 7). A los 3440 msnm, se ubica la

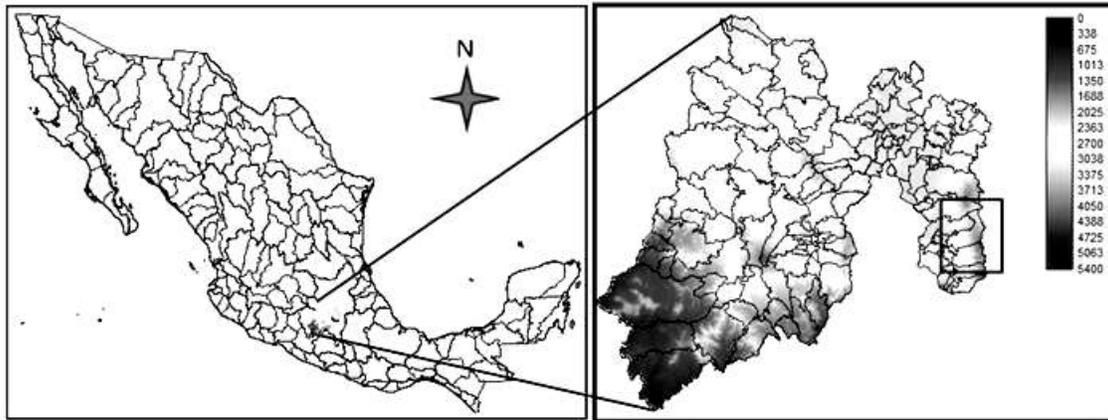


Figura 6. Ubicación del Estado de México y el territorio de estudio en el centro de México.

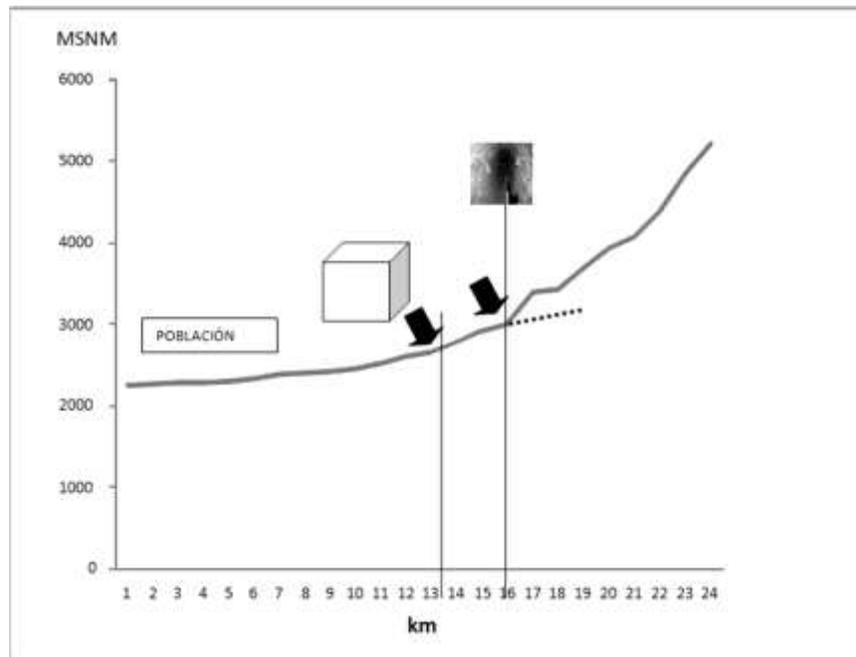


Figura 7. Perfil transversal del Iztaccíhuatl a la altura de la subcuenca San Rafael, se ubican las galerías filtrantes, caja de distribución y población.

galería filtrante, a las 3000 msnm la caja de agua principal, que es punto donde se inicia la distribución del agua. Finalmente por debajo de los 3000 msnm, se encuentran los usuarios del recurso, entre los que se pueden citar: doméstico, industrial y agropecuario.

#### *Construcción del sistema de Qanat por la papelería San Rafael*

La expresión actual de obras y formas de gestión en el caso de estudio es producto de una serie de sucesos históricos entre los cuales se pueden mencionar los siguientes por mandato presidencial en 1911 se le concede a la Fábrica de Papel San Rafael y anexas la explotación de los montes las Aguas de los montes con vigencia de 99 años.

El Estado dio la concesión en donde eran afectadas poblaciones de los Estados de Morelos, Puebla y Estado de México, por lo cual el ayuntamiento de Tlalmanalco de ese momento, realiza la observación a cerca de la necesidad del pueblo de contar con agua. Posteriormente se realiza un Laudo Arbitral por el presidente Porfirio Díaz. Éste documento existe en la Presidencia Municipal (Hinojosa, trabajo de campo 2012).

Por lo anterior, Gobernador Constitucional del Estado de México, se inconforma con el presidente de la República y solicita que se dote de agua al municipio Tlalmanalco.

Posteriormente se hace una modificación a ese laudo en donde se menciona la construcción de la tubería de seis pulgadas pero no se habla de volumen y presión que pasaría por dicho ducto, entonces le dan la dotación a la fábrica y el permiso para que haga todos los trabajos necesarios para realizar la captación de todos los veneros, haciendo canalizaciones, cajas de agua en distintas partes para ir captando el agua de los distintos veneritos que había, eso fue en 1912, tardó más de 20 años construir el sistema, porque no había para ese entonces carreteras ni caminos abiertos sólo veredas.

En los años de 1940 por la reforma agraria se forman los ejidos del centro del país, junto con ello se les dota de tierras y aguas, entonces la fábrica tiene que entrar en un convenio porque la infraestructura por donde pasa el agua es propiedad del pueblo y ejido (Tlalmanalco); y la fábrica buscaba las posibilidades de seguir trabajando, sin embargo, el pueblo había tomado posesión del agua y lo incorporó a su sistema comunitario de cargos,

la fábrica entonces tuvo que admitir que el ejido era el propietario inmediato de todos los recursos naturales y que tenía que entenderse directamente con el pueblo y ejido, y en el año de 1946 se realiza el convenio ejido y fábrica para utilizar el agua para la fabricación de papel. La fábrica posteriormente va decayendo por la competencia de otras papeleras nacionales e internacionales. En el año de 2011, culmina el contrato por 99 años extendido por el gobierno federal y deja de operar. Para este momento, el pueblo tiene el dominio la totalidad del agua del Qanat para su población.

Es en la actualidad, que los pueblos ejercen el dominio sobre la infraestructura hidráulica del sistema, y disponen por lo mismo mayor cantidad de agua. Pero no todo es ventaja, la fábrica invertía recursos y daba mantenimiento al sistema de agua, lo cual ahora tienen que llevar a cabo en su totalidad los pueblos usuarios del agua. (Trabajo de campo 2012).

#### *Componente Social-Sistema de Agua Qanat de San Rafael Tlalmanalco*

Se identificó una galería filtrante en el Oriente del Estado de México, a través del trabajo realizado (Montes, 2009) en la región montañosa de los volcanes Iztaccíhuatl y se corroboró mediante visita de campo.

La galería, se ubica en las siguientes coordenadas UTM. X: 0532150, Y: 2122880, a una altura de 3448 m sobre el nivel medio del mar y 60 m de longitud, se utiliza como colector de deshielos (Figura 8).

El resto son veneros con túneles cortos, construidos con el propósito de aumentar su caudal los cuales se identifican de varias formas: Las Trancas 1, 2, 3; debajo de la cañada del Negro, tenemos El Viejo Fiel, el Nuevo Fiel y otros que están alineados. En Toncoco, son dos. Hay en existencia y función 18 veneros, todos estos forman y abastecen las captaciones de agua que alimentan todo el canal, en cada uno de ellos varían en longitudes (Tabla 1).

Según datos de campo y aforos recabados en archivo, correspondientes al año de 2012. La caja repartidora denominada *Dos Aguas* suministra un gasto total de  $125 \text{ l s}^{-1}$ , el resto se derrama en los canales.

Las cajas de agua ubicadas de forma escalonada, que reciben el flujo del líquido proveniente de la galería filtrante, manantiales y veneros cuya distribución es por gravedad.

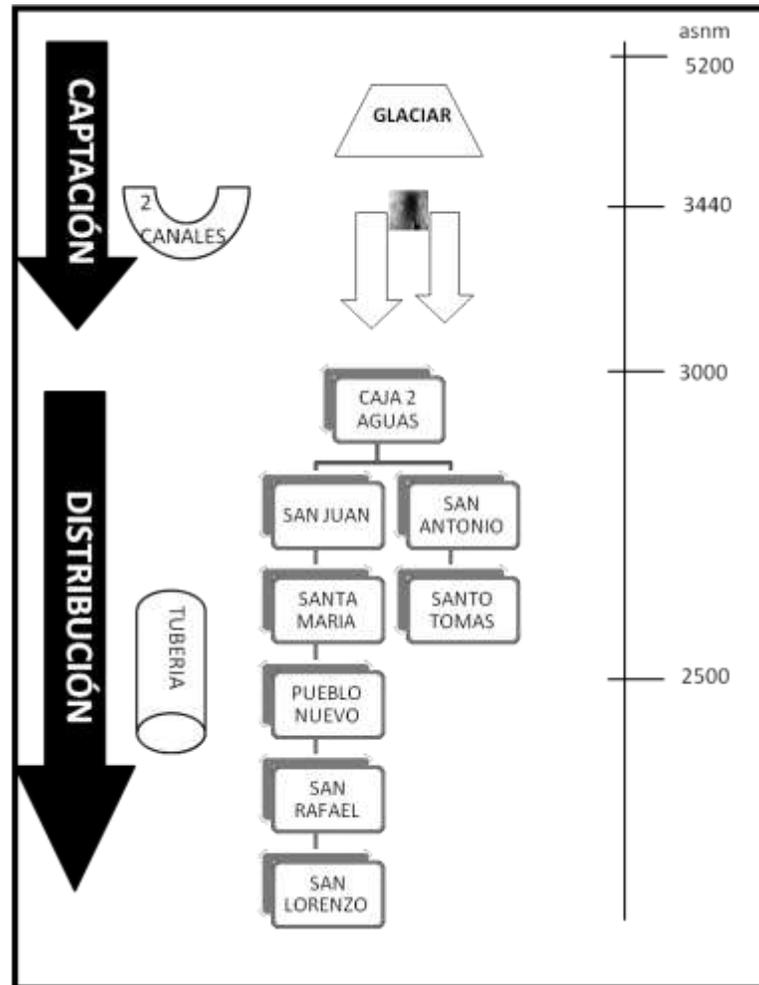


Figura 8. Modelo conceptual del sistema de agua potable San Rafael, Tlalmanalco.

Tabla 1. Composición básica del sistema de agua San Rafael, Tlalmanalco.

Obra	Número
Qanat	1 ramificado de 60 m. de longitud aproximada
Canales	2 que suman 20 km 1 m <sup>2</sup> de sección cada una
Tuberías	Varias que suman 10 km de 4-8 pulgadas de diámetro
Cajas de agua	5 de 400 m <sup>3</sup> de capacidad cada una

La Caja 1 denominada *Dos Aguas*, es la toma principal del Sistema Tlalmanalco (sistema compuesto por Cabecera Municipal, San Rafael, San Juan, San Lorenzo, Santa María, Santo Tomás, San Antonio, Pueblo Nuevo y Nuevas Colonias), de

aquí fluye el agua de manera natural.

Existe una línea que abastece de agua y tiene más de 100 años, es la que da a la Papelera y al municipio de Tlalmanalco, es de tubo de asbesto de 15.24 cm.

Todas las tomas de agua potable conectadas son de 1.27 cm, pero como aquí no hay ley que rija el agua; hay quienes conecta su toma de manera personal, hubo un presidente municipal que mandó a colocar una toma de agua de 5.08 cm (Trabajo de campo 2012).

#### *Operación del sistema por estructuras organizacionales de gestión del agua*

Se identificó que la construcción del sistema de galerías fue hecha por ingenieros civiles de origen inglés, debido a la expansión de necesidades de agua de la Fábrica de Papel San Rafael y Anexos, sin embargo, después de la Reforma Agraria, se empoderó el pueblo del agua y de otros recursos naturales, por lo que comenzó la participación de la gestión a través del sistema de cargos, así que la Fábrica negoció con el pueblo y el Ejido a través de las Comisiones de Agua de esta municipalidad. Actualmente parte del agua de los veneros es concesionada por dicho Comité de agua al Grupo Papelero Scribe.

#### *La gestión del agua: la participación del Ayuntamiento y su relación con los Comités de Agua*

Legalmente el suministro de agua es injerencia del ayuntamiento la cual recae en la Regiduría de Agua Potable y Alcantarillado y el Director de Agua y Saneamiento.

Estos a su vez se coordinan con el Jefe de Cuadrillas, encargado de los dos sistemas de abastecimiento de agua potable del municipio (pozo y deshielo) y el Fontanero (Hinojosa, Trabajo de campo 2012).

Es en el paraje denominado dos aguas se ha aforado un gasto  $125 \text{ l s}^{-1}$  de agua y es en este punto donde comienza la distribución del agua para la población. Existe un grupo de organizaciones alrededor del agua proveniente del deshielo, y son los siguientes: la Fábrica, el Ejido y el Municipio.

Por otra parte, existen organizaciones formadas por ciudadanía de cada uno de los pueblos, denominadas Comités de Agua. La obligación de Agua y Saneamiento del municipio de Tlalmanalco es:

Abastecer de agua a todo el municipio, darle mantenimiento a la red, llenado de líneas, reparación de líneas, arreglar las cajas para que no se riegue el agua, reparar válvulas ir aguas arriba a lavar las cajas de agua, realizar faenas para que

también no se riegue el agua, limpiar los canales porque luego les caen piedras, tierra, árboles y hasta animales muertos (perros o hasta vacas) (Hinojosa, trabajo de campo 2012).

Están contratados por el Ayuntamiento 32 trabajadores sindicalizados de planta entre ellos 2 fontaneros quienes conocen todo el sistema en marcha. No se tiene el uso del agua para el riego en el municipio. Las localidades que se abastecen del sistema de agua son: Tlalmanalco, San Rafael, San Juan, San Lorenzo, Santa María, Santo Tomás, San Antonio, Pueblo Nuevo, entre otras colonias.

Por lo que respecta a las zonas habitacionales que han solicitado el agua, no se les ha dotado porque los pueblos se han opuesto a que se les brinde el servicio (Hinojosa, Trabajo de campo 2012).

Los Comités de Agua de los Pueblos cuentan con documentación sobre manejo del agua desde tiempos del Porfiriato, con un croquis del sistema de abastecimiento de agua potable de Tlalmanalco, existe una concesión precaria con respecto a las aguas provenientes de los deshielos, la cual tiene el registro número: 13MEX103499/26HSGR98, pero no se ha vuelto a renovar.

Los Comités de Agua de los Pueblos son quienes abastecen a las comunidades y al mismo municipio proveniente de dos aguas, la fábrica y la línea de conducción.

Por lo que respecta a las Comités de Agua de los Pueblos (San Rafael, Pueblo Nuevo, San Antonio, Santo Tomas, San Lorenzo), realizan faenas por sus propios medios, de los trabajos que se llevan a cabo en los canales una mínima parte apoya la fábrica en las reparaciones.

Los Comités de Agua de los Pueblos suben a realizar faenas cada 8 días domingos, se reúnen a las 06:00 h, al lugar de reunión en general llegan a de 08:00 a 12:00 h, una vez terminada se les invita un almuerzo a los participantes. Los gastos de la comida son cubiertos mediante la cooperación voluntaria (Hinojosa, Trabajo de campo 2012).

Los Comités dan mantenimiento a los canales y para ello han invertido casi un año de faenas, además se realizan la limpieza de las cajas de agua, que se encuentran ubicadas a lo largo de la línea de conducción para retirar el azolve. Es decir, por ser habitante de Tlalmanalco y participar de los usos y costumbres en el municipio, no se paga el servicio de agua potable (Hinojosa, Trabajo de campo 2012).

### Integración del Comité de Agua

Elección de las Mesas directivas. Se eligen los comités cada 3 años mediante asamblea general del pueblo.

Requisitos para ser elegido. Se necesita ser reconocido en la comunidad, o sea “tener buena fama en el pueblo”. En la mayoría de las comunidades quienes son elegidos generalmente aceptan el cargo, al rechazar el cargo se ejerce presión social y no se es bien visto.

La Mesa directiva. Está integrada por un presidente, secretario, tesorero, vocales y sus respectivos suplentes. El cargo honorífico y no reciben sueldo (Figura 9).

Perfil, edad y funciones del presidente del Comité de Agua.- Presidente del comité Puede ser cualquier persona elegida en una junta vecinal, el cargo es honorífico (sin percepción económica). Es responsable de la administración general de asuntos relacionados con agua potable.

En promedio la edad de los presidentes es de 30-45 años. Los empleos ocupados por los presidentes varían entre profesor, licenciado, Ingeniero, propietarios de negocio, jubilados, otros. La mayoría ha formado parte de un Comité anterior, en otra función o similar. Gestiona ante autoridades correspondientes apoyos para atender las necesidades del sistema de abastecimiento. Junto con el resto del comité determinan los costos de instalación y operación del servicio.

El Secretario.- Su principal función es levantar las actas de acuerdos de asambleas populares, resguarda la documentación básica de las gestiones del comité de agua, puede representar al presidente en su ausencia.

Tesorero.- Su principal función es administrar los ingresos y egresos económicos del comité de agua. Debe rendir informes en asambleas populares y mantener informada a la asamblea a cerca del estado patrimonial del comité de agua.

Vocales.-Apoyar a la mesa directiva del comité de agua en la toma de decisiones y en la ejecución de las mismas. Pueden ser responsables de faenas, tanto en su organización como en su ejecución.

El socio.-Forma parte de la colectividad beneficiada por el servicio de agua potable. En términos generales tiene obligación de participar en las asambleas, de nombrar y ser nombrado para la Mesa Directiva. Entre las categorías de socios se encuentran: foráneo que ya participo, foráneo, nativo, foráneo que ha vivido en el pueblo más de 5 años.

Al foráneo que ya participó en los usos y costumbres y las participaciones económicas para las fiestas patronales, paga un monto menor, en comparación con un foráneo que acaba de llegar.

La categoría de socio tiene 2 particularidades:

1.- Socio preferente.-Es la persona o empresa, que goza de gran aceptación por la comunidad. Su aceptación puede originarse de las fuertes aportaciones económicas realizadas para obras civiles y festividades religiosas y otros beneficios como la generación de empleos y desarrollo para la comunidad. Juegan un papel importante para ser preferente el ser miembro de una familia nuclear grande y contar con un amplio compadrazgo en la comunidad. Otra causa que puede dar preferencia como socio es ser anciano de la comunidad que ha tenido múltiples participaciones en el sistema de cargos. Caso particulares de situación personal y

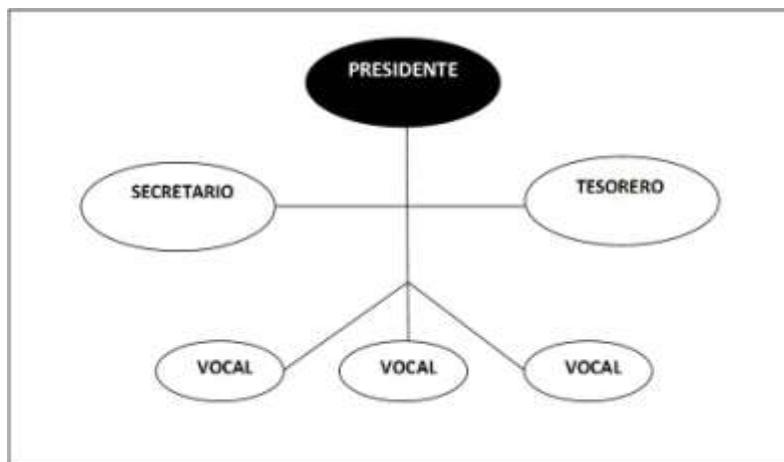


Figura 9. Estructura del comité de agua potable, fuente: Trabajo de campo 2012.

familiar que muestren vulnerabilidad como matrimonios jóvenes, ser viuda, orfandad infantil, familia numerosa y hasta discapacidad pueden ser consideradas por el comité de agua para dar un trato diferenciado en la prioridad del servicio, disminución del costo económico y disminución de faenas.

2.- Exclusión como socio.-La asamblea puede instruir a la mesa directiva del comité de agua para que excluya del servicio de agua potable a personas o empresas que ocasionen conflictos en la comunidad, entre las causas que se pueden citar están las siguientes: negarse a cooperar más, cuando se cuenta con recursos o se consume mayor cantidad de agua que el resto de los usuarios, la cooperación puede tener como destino obras civiles y/o festividades religiosas, otra causa puede ser llevar a cabo actividades que provoquen malestar a los vecinos como puede ser la contaminación, también puede ser causa de exclusión el haberse negado de forma recurrente a participar en el sistema de cargos, quienes practiquen una religión diferente y se nieguen a integrarse al patrón de organización de la comunidad, no colaborar con faenas y cooperaciones que establezca la asamblea, puede incluso llegar a solicitarse la exclusión del servicio por acciones y rituales que dañen al prójimo, hasta un forastero cualquiera que sea su condición que estando en la comunidad no se apegue a las costumbres de la misma corre el riesgo de quedar sin el servicio de agua

El costo del servicio.- El precio de una toma puede variar también según el tipo a que se destina el uso del futuro servicio. Se diferencian así los usos domésticos de los usos comerciales. Las cuotas, cooperaciones y faenas son fijadas por la asamblea de usuarios y supervisadas por la mesa directiva.

#### *Las tareas siempre presentes*

El Comité de Agua es el encargado de encabezar y encausar los esfuerzos de la comunidad para realizar las tareas que garanticen la operación del sistema de agua potable.

Las principales tareas son las siguientes:

1. El mantenimiento del sistema.- consiste en las actividades que se llevan a cabo para la buena operación del sistema entre las que se pueden citar: limpieza de canales y desazolve de cajas de agua entre otras.
2. La distribución del agua.-se enfoca básicamente

al movimiento de las válvulas y compuertas para ajustarlas al patrón de consumo de la población y el equilibrio interno del sistema.

3. Tratamiento del conflicto.-son actividades de negociación que se llevan a cabo con el objeto de conciliar a los usuarios y establecer equidad en la distribución y cobro del agua.
4. La ampliación y rehabilitación de la obra hidráulica.- son las gestiones que lleva a cabo el comité al interior y al exterior del sistema con el objetivo de conseguir recursos para la realización de obras mayores.

Por lo anterior los Comités de Agua, guardan orden y principios internos que les permiten cumplir con el objetivo de garantizar el suministro de agua potable.

#### *El sistema de cargos*

El Comité de Agua no surge de forma espontanea en el territorio de estudio, sino que es producto de una forma de organización social estructurada que cuenta con sus propios niveles escalafonarios llamado sistema de cargos. El sistema de cargos es una forma de organización adoptada por las comunidades rurales, periurbanas y en casos urbanas que aglutina una agenda y organización cívico-religiosa.

El ascenso en el sistema de cargos es progresivo, es decir, no se puede ocupar el cargo mayor sin haber ocupada en inmediato anterior.

Para adquirir posicionamiento y ascender en el escalafón hay dos actividades primordiales que hay que atender:

1. Ocupar cargos sin precepción económica y terminarlos con buenos logros, lo que dará al servidor público "buena fama en la comunidad".
2. Realizar fiestas, convites y prominentes aportes a las cooperaciones en la comunidad, lo que a pesar de ir en detrimento del patrimonio del individuo será recompensado con el peso de su voz y voto en la comunidad, lo que marcará el nivel de prioridad para su postulación a cargos de mayor jerarquía.

El sistema de cargos es reflejo de los usos y costumbres de la comunidad y puede en si mismo contener estructuras como subcomponentes como es este caso el Comité de Agua entre otras (Figura 10).

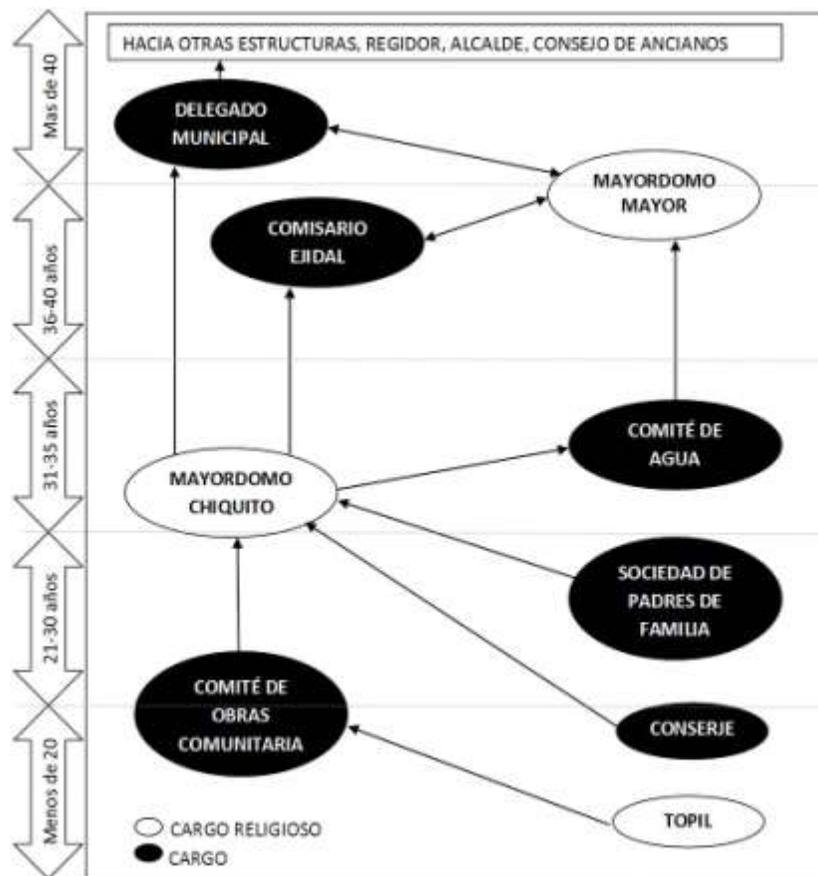


Figura 10. Estructura del sistema de cargos que muestra las alternancias cívico religiosas, fuente: Trabajo de campo 2012.

## Conclusiones

Se identificó el derecho consuetudinario de organización social es origen antiguo; de allí se desprenden las reglas que conforman a los Comités de Agua

El Comité de Agua forma parte de un sistema mayor de organización tradicional que abarca a toda la comunidad sigue una alternancia civil-religiosa hasta llegar al comité de agua, el cual rebasado y tiene su cúspide en la participación de la mayordomía del santo patrono (religioso) y finalmente en el ayuntamiento (civil)

El comité de agua es una estructura organizacional tradicional capaz de gestionar a nivel comunidad, intercomunitario y exterior del mismo (niveles de gobierno), sin embargo, es necesario proponer una forma de integración, que le permita atender la

necesidad de agua originada por el crecimiento de la población.

La gestión del agua mediante el Comité de Agua, permite contar con una estructura social democrática, representativa y resiliente, capaz de resolver las dificultades de índole ecosistémica y social en el ámbito local. Además, estas estructuras cuentan con atributos como la **gobernanza** (red de la comunidad) y la **governabilidad** (que las decisiones muestren el consenso de la población). El Comité de Agua se integra por presidente, secretario, tesorero y vocales. Dicho comité forma parte de un sistema social del mayor tamaño llamado sistema de cargos.

El trato diferenciado a la población en lo que se refiere a faenas y cooperaciones se realiza bajo un criterio de **equidad**, es decir paga más quien tiene más recursos y procura resguardar el orden y el

equilibrio en la comunidad.

En las condiciones hidrológicas de la subcuenca San Rafael los pobladores, empresarios, ejidatarios y ayuntamiento de Tlalmanalco han construido una infraestructura capaz de suministrar agua en cantidad, calidad y oportunidad sin la necesidad de una fuente externa de energía (se mueve por el ciclo hidrológico), lo cual tiene como consecuencia que se cuente con agua suficiente de forma permanente. La no existencia de un organismo operador del agua en Tlalmanalco ha forzado a la interacción de los diferentes actores y usuarios del agua: ejidatarios, empresarios, población y ayuntamiento, en una condición de implementar una gestión participativa del agua.

Lo anterior, muestra parte de los atributos del sistema que han permitido sus permanencia en el tiempo (sistema sostenible).

### Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Químicas, Campus Poza Rica-Tuxpan, UV por sus atenciones prestadas para la realización de esta investigación.

### Bibliografía

- Aparicio, M. F. 1997. Fundamentos de Hidrología de Superficie. México: Limusa.
- Burns, E. 2009. Repensar la cuenca. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Burton, J. 2003. Integrated Water Resources Management on a Basin Level, a Training Manual. Canada: UNESCO.
- Carrasco, P. 1990. Sobre el origen histórico de la gerarquía político-ceremonial de las comunidades Indígenas. En M. Soares, Historia, Antropología y Política, Homenaje a Ángel Palerm (págs. 275-305). México: Alianza Mexicana.
- Custodio, E. L. 1983. Componentes Primarios del Ciclo Hidrológico. En M. Martín, Hidrología Subterránea (págs. 281-350). México: Omega.
- Delgado, M. 2004. El Derecho al Agua. Desafíos para Zona Metropolitana del Valle de México, Páramo del Campo y la Ciudad.
- Dourojeanni, A. C. 2002. Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable. Santiago de Chile: CEPAL.
- DEastman, R. 2006. IDRISI Andes. Worcester: Clark Lab.
- Estrada, A. F. 2006. Entre la ley y la costumbre: El uso y manejo del agua en el municipio de Temoaya, Estado de México. Páramo del campo y la ciudad, 123-132.
- Fabian, C. F. 2000. Geografía General. México: Mc Craw Hill.
- FAO. 2003. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Santiago de Chile: FAO.
- García, M. 1982. Comunidades haciendas y mano de obra en Tlalmanalco. México: Gobierno del Estado de México.
- Henaó, L. 1980. Campesinado e irrigación. México: Edicol.
- Huerta, G. 1996. Transformación del paisaje, recursos naturales e industrialización: el caso de la fábrica San Rafael, Estado de México, 1890-1934. En A. Tortolero, Tierra, Agua y Bosques: Historia y Medio Ambiente en el México Central. México: Instituto Mora- Potrerillos Editores- Universidad de Guadalajara.
- INEGI. 2010. Censo de población y Vivienda 2010. México: INEGI.
- Laureano, P. 2001. ATLAS DEL AGUA. Los conocimientos tradicionales para combatir la desertificación. UNESCO-LAIA: Barcelona, España.
- Linsley, R. M. 1981. Hidrología para Ingenieros. Bogotá: Mc Craw Hill.
- Martínez, T. 2005. Las Galerías Filtrantes Una Historia de Exito en Santa María de las Parras. Boletín del Archivo Histórico del Agua , 7-16.
- Montes-Hernández, R., Romero-Contreras, A. T.-M.-A.-C. 2011. Las galerías filtrantes del Alto Lerma: usos y manejos sociales. Economía, Sociedad y Territorio, 455-484.
- Montes, H. R. 2009. Caracterización del Uso y Manejo del Agua de las Galerías Filtrantes en el Estado de México. Toluca: Tesis de Maestría ICAR, UAEMex.
- Morales, M. C. 2001. Variaciones Climáticas en La Tierra, Tesis para obtener el grado de Mestró En Geografía. México: UNAM.
- Navarro, H. 2010. Primer Congreso Red de Investigadores Sociales Sobre Agua. México: COLPOS.
- Palerm, V. 2002. Tabla localización galerías filtrantes (Qanats) en México. México: COLPOS.
- Ramos, A. R. 2003. Aplicación de Imágenes Satelitales para Determinar el Clima y la Radiación Solar en el Estado de Puebla y la Geohidrología de su Zona Norte. Ciencia Ergo Sum , 30-47.
- Sosa, A. 1951. Parque Nacional Ixtaccihuatl Popocatepetl. México: Secretaría de Agricultura y Ganadería.
- Suarez, M. 1990. Historia, Antropología y Política Homenaje a Ángel Palerm. México: Alianza Editorial Mexicana.
- Tyler, M. 1994. Ecología y Medio Ambiente. México: Iberoamerica.
- Viqueira, C. A. 1971. Manual de Campo del Antropólogo. México: Universidad Iberoamericana.
- Yarza, A. 1971. Volcanes de México. México: Aguilar.