

## **Título:**

**Evolución de la tecnología hidro-agro-ecológica mesoamericana desde su origen prehistórico.**

## **Subtítulo:**

**El valle de Tehuacán, Pue. México**

Raúl Hernández Garciadiego

Gisela Herrerías Guerra

Alternativas y procesos de Participación Social A.C.

Tehuacán Pue. México Junio 2004

La región del Valle de Tehuacán es reconocida mundialmente como cuna de la agricultura y de la irrigación mesoamericana, a la región mixteca se le llama “el país de las nubes” y sus habitantes se llaman a sí mismos “la gente de la lluvia”.

En 1985 -86, se realizó una investigación denominada “El Agua como Recurso Escaso – La respuesta de Tehuacán”, la cual aportó un marco teórico adecuado para abordar el problema del agua, y permitió la comprensión de la valiosa tradición hidro-agro-ecológica de los pobladores originales de esta región, la cual se recuperó y se reforzó con tecnología moderna como fundamento del programa “Agua para Siempre” impulsado por la organización civil de desarrollo “Alternativas y procesos de Participación Social A.C.

Precisamente debido a la escasez que sufre y a la enorme importancia del agua, la región de Tehuacán ha aportado, adoptado y adaptado múltiples alternativas para su obtención y aprovechamiento en las diferentes épocas históricas. En cada período, los pobladores de esta zona se han organizado en diferentes formas y han utilizado diversas tecnologías para aprovechar del mejor modo posible este vital y escaso recurso.

Más que ningún otro factor, la lucha por el agua es el eje de interpretación más claro de la historia regional.

## **Prehistoria**

Entre 1960 y 1964, un amplio equipo internacional de científicos del más alto nivel encabezados por el profesor Richard S. MacNeish, realizó una importante investigación conocida como “el Proyecto Arqueológico-botánico de Tehuacán”.

Para buscar el origen de la civilización en América, el doctor MacNeish se dedicó a investigar el origen del maíz en nuestro continente. Estudió diversos desiertos en los que los restos orgánicos tenían mayor probabilidad de haberse conservado en mucho mejor estado que en regiones húmedas.

Con ayuda de campesinos de cada región que le sirvieron como guías en estas zonas desérticas, estuvo buscando cuevas en donde pudieran haberse refugiado las primeras familias que habitaron el territorio en períodos prehistóricos.

Al sur del valle de Tehuacán, cerca de Coxcatlán, encontró dos cuevas a las cuales llamó “Cueva de Abejas” y “Cueva de Purrón”, que hoy en día son más conocidas como las “Cuevas del Maíz”. A la salida de las cuevas formadas por la lluvia en las rocas calizas durante millones de años, encontró cavidades que sirvieron a sus pobladores como basurero, en el cual tiraban todos sus desechos diarios: restos de comida, herramientas inútiles, excretas humanas, utensilios diversos, huesos de

animales, etc. simultáneamente, el viento depositó polen de la región, que aportó evidencia de los cultivos que existían en cada época. Para MacNeish y su equipo, estos basureros fueron verdaderas “cápsulas del tiempo” en la que los materiales de cada período histórico quedaron perfectamente organizados como depósitos cubiertos por estratos de períodos posteriores.

Gracias a esto, lograron esclarecer el origen de la civilización mesoamericana al encontrar la cuna de la agricultura y de la agricultura de irrigación, relacionando evidencia ininterrumpida del proceso evolutivo de la civilización regional por un período que cubre entre 9,500 y 10,000 años, lo cual no se ha logrado en ninguna otra parte del mundo.<sup>1</sup>

De modo inverso a lo ocurrido en el viejo continente, donde primero se estableció la vida sedentaria y posteriormente se originó la agricultura, en el valle de Tehuacán primeramente se descubrió la agricultura, lo que gradualmente permitió la vida sedentaria.

## Fases de evolución en la prehistoria

Cuadro sinóptico		
del 9,500 o 10,000 hasta 6,800 a. C.	Fase Ajuereado	Tres o cuatro familias nómadas recolectores de plantas silvestres y cazadores de animales menores
del 6,800 al 5,000 a. C.	Fase El Riego	Uso de instrumentos descubrimiento de la agricultura. domesticación aguacate y calabaza
del 5,000 al 3,400 a. C.	Fase Coxcatlán	Domesticación maíz, frijol, chile, amaranto, quelite, guaje, haba y zapote, no más del 10% de su dieta
del 3,400 al 2,300 a. C.	Fase Abejas	Asentamiento más sedentario mejora del maíz tripsacóide
del 2,300 al 1,500 a. C.	Fase Purrón	Aparición de la cerámica más antigua de Mesoamérica

---

<sup>1</sup> A partir de 1994 se ha comenzado a reexaminar la edad de la agricultura de Mesoamérica, utilizando la nueva tecnología de espectrometría por aceleración de masas que permite superar la más fuerte limitación del método convencional de fechamiento con radiocarbono utilizado desde 1948, que era el tamaño mínimo de la muestra a examinar. El espectrómetro de masas puede trabajar con muestras de un milésimo de tamaño de lo que antes se requería, lo que ha permitido fechar pequeños pedazos de mazorca descubiertos en las cuevas, cuando antes esto no era posible.

Con este reciente método se han propuesto nuevas fechas para los cultivos más antiguos que se encontraron en Tehuacán: el maíz americano (*Zea mays*) tendría una antigüedad de 4,500 a 4,700 años, y no ya los 7,000 establecidos originalmente, mientras que el frijol (*Phaseolus vulgaris*) más antiguo de Tehuacán tendría 2,300 años de antigüedad. Estas fechas todavía no pueden ser consideradas definitivas, por lo que con el fin de poder hacer comparaciones con secuencias de fechamiento de otras regiones que utilizan el más extendido método de carbono 14, hemos decidido seguir utilizando las fechas determinadas por radiocarbono presentadas por Johnson y MacNeish con las reservas de imprecisión que ellos mismos señalaron en su tiempo, más las que las recientes técnicas han hecho surgir. Cabe resaltar que aunque los modernos métodos de fechamiento están modificando los esquemas cronológicos de un modo importante, la secuencia evolutiva se conserva igual, ya que esta deriva del sitio dentro de la columna estratigráfica generada por la deposición de desperdicios fuera de las cuevas prehistóricas.

de 1,500 al 800 a. C.	Fase Ajalpan	Agricultores de tiempo completo pueblos de 100 a 300 individuos
del año 800 al 150 a. C.	Fase Santa María	Descubrimiento de la agricultura de irrigación Presa de Purrón y el canal de Santa María para irrigación
del 150 a. C. al 700 d. C.	Fase Palo Blanco	Sistema de canales de distribución o <i>tecuates</i> última etapa evolutiva antes de la guerra de conquista

En la primera etapa, llamada *fase Ajuereado* (del 9,500 ó 10,000 hasta 6,800 a. C.), unas tres o cuatro familias nómadas —de cuatro a ocho miembros cada una— eran recolectores de plantas silvestres y cazadores de animales menores en el valle de Tehuacán-Coxcatlán.

Posteriormente, en la *fase El Riego* (del 6,800 al 5,000 a. C.), se caracteriza por el uso de instrumentos y el descubrimiento de la agricultura, domesticando el aguacate y una variedad de calabaza.

Durante la *fase Coxcatlán* (del año 5,000 al 3,400 a. C.) domesticaron el maíz, chile, guaje, amaranto, frijol, quelite, haba y zapote, aunque no representaban más del 10% de su dieta.

En la *fase Abejas* (del 3,400 al 2,300 a. C.) los pobladores adoptaron un patrón de asentamiento más sedentario y mejoraron el maíz tripsacoides.

En la *fase Purrón*, (del 2,300 al 1,500 a. C.), el cambio más relevante fue la aparición de la cerámica más antigua de Mesoamérica.

En la *fase Ajalpan* (de 1,500 al 800 a. C.) los habitantes eran agricultores de tiempo completo y vivían en pequeños pueblos de 100 a 300 individuos.

Cada mejora en la agricultura propició un avance en el desarrollo de su cultura, lo cual —a su vez— redundaría más tarde en nuevos adelantos para la técnica agrícola.

En la *fase Santa María* (del año 800 al 150 a. C.), los naturales realizaron el descubrimiento de la agricultura de irrigación manejando el agua de lluvia, y emprendieron la construcción de la monumental presa de Purrón y el canal de Santa María en la cuenca de Purrón, al sureste del valle de Tehuacán.<sup>2</sup>

La agricultura de riego se inició domesticando aguas broncas provenientes de escurrimientos de origen pluvial, mediante represas y terrazas escalonadas de las cuales existen muchos restos en esta región.

La construcción de la monumental presa de Purrón y del canal de Santa María señala el inicio de la agricultura de riego en Mesoamérica hace 2,750 años, siendo aquella la obra de este tipo más antigua que se ha encontrado hasta hoy.

La presa, construida por etapas a partir del año 750 a. C. y concluida antes del año 300 de nuestra era, mide 18 metros de altura, más de 400 metros de largo de lado a lado de la barranca, y de ancho tiene más de 100 metros en la base. Ella formaba un depósito de agua de aproximadamente 400 x 700 metros, con lo que pudo almacenar más de dos y medio millones de metros cúbicos de agua.



*La Presa de Purrón, localizada en el valle Tehuacán – Coxcatlán, es la más antigua que se ha encontrado en mesoamérica.*

Afortunadamente, en la actualidad se conserva el 80% de la enorme estructura de esta presa prehispánica, ubicada en la cuenca de Purrón, que drena el arroyo Lencho Diego, al sureste del Valle, cerca de la población de Coxcatlán; también se conserva más del 95% del canal de Santa María, que permitía a los ingenieros popolocas históricos controlar cuánta agua de escurrimiento querían canalizar al vaso de la presa para utilización humana, y cuánta querían utilizar para irrigar sus campos.

---

<sup>2</sup> La monumental presa de Purrón fue descubierta por James Neelly, quien formaba parte del *Proyecto Tehuacán* dirigido por Richard S. McNeish en la década de los 1960, mientras que el revolucionario canal de Santa María en Purrón fue descubierto por León Bartolomé Hernández Herrerías y Pánfilo Eugenio Morales en el año 2003 como parte del programa *Agua para Siempre*, de Alternativas y Procesos de Participación Social A.C., dirigido por Raúl Hernández Garciadiego y Gisela Herrerías Guerra.

La monumental obra está construida con un volumen de aproximadamente 370 mil metros cúbicos de piedra y tierra compactada, y tan sólo en su última fase de edificación requirió del trabajo de más de 4,300 hombres durante unos 220 días, lo cual revela la existencia —en aquel tiempo— de una compleja red social que pudiera organizar y controlar a tal número de trabajadores, y evidencia un dominio de la ingeniería hidro-agro-ecológica que permitiera el diseño y la construcción de una obra de almacenamiento de agua de tal envergadura.

Como esta presa existen otras en la región - aunque no se ha encontrado ninguna tan antigua ni tan monumental como la de Purrón . lo cual implica que la captación y aprovechamiento del agua de lluvia fue un patrimonio cultural ampliamente extendido desde la prehistoria de la región, y de allí debió transmitirse a regiones con las que se tuvieron contactos.

Junto con la tecnología para retener el agua de lluvia por medio de presas, los antiguos agricultores —a partir de la *fase Palo Blanco* (del 150 a. C. al 700 d. C.)— dominaron también la técnica de construcción de terrazas para retención de suelos y de humedad en las parcelas de siembra de ladera. De estas terrazas, construidas con piedras superpuestas, están diseminadas por todo el valle de Tehuacán y en la región Mixteca, y se han mantenido en funcionamiento durante milenios.

La fase *Venta Salada* (del 700 al 1,500 d. C.) representa la última etapa evolutiva antes de la llegada de los españoles a la América continental.

En esta fase, mucho antes de la llegada de los españoles, se desarrolló un complejo sistema de canales de distribución para llevar el agua de los manantiales del valle medio hasta los lugares óptimos de cultivo en el valle bajo, creando un macrosistema de irrigación de más de 25 kilómetros de largo que comprende cientos de kilómetros de canales en total.



***El Canal de Santa María en Purrón, permitió a los ingenieros popolocas decidir el destino del agua de escurrimiento, dirigiéndola hacia el vaso de la presa para uso humano o hacia los campos de cultivo para irrigación.***

Estos canales de tierra se mineralizaron con los años por incrustación de las sales de las aguas, formando lo que se conoce como *canales fósiles o tecuates*,<sup>3</sup> los cuales desafortunadamente están siendo progresivamente destruidos por ignorancia de su valor arqueológico.

---

<sup>3</sup> Pueden admirarse algunos tecuates en el fraccionamiento Reforma, en la zona alta de Tehuacán, gracias a que sus constructores decidieron preservarlos en los camellones y trazaron las calzadas siguiendo su curso y evitando así la destrucción que están sufriendo en otras partes del valle.

Para uso doméstico, los pobladores utilizaron la técnica de los jagüeyes o *tlaquilacáxtil*.<sup>4</sup> La mayoría de las poblaciones de la región se formaron como un conjunto de casas alrededor de un bordo de tierra compactada —llamado *jagüey*— que recibía el agua de los escurrimientos de los cerros y era utilizada tanto para satisfacer las necesidades elementales de la población como para que los animales abrevaran.

Cada año, durante el período de secas se realizaban labores de mantenimiento, asignando a cada familia alrededor de un metro cúbico de azolve que tenía que excavar del fondo del jagüey para colocarlo y compactarlo sobre el bordo, incrementando así año con año su capacidad de almacenamiento.

La existencia de tan diversos sistemas hidráulicos y sus grandes magnitudes revelan que en la prehistoria de la región se desarrolló un complejo tejido de organización social para operar exitosamente el sistema hidráulico del Valle como un todo unitario.

Esta notable armonía que se alcanzó en la antigüedad entre la ecología de la región, la tecnología utilizada y la organización social, nunca más se ha vuelto a lograr en las siguientes etapas de desarrollo de la historia regional.

## Colonia

A partir de la Conquista, al introducirse un nuevo concepto de propiedad de la tierra para dar lugar a la formación de las haciendas, se inutilizó la compleja red de canales fósiles que fueron vitales para el desarrollo de la agricultura en la época anterior.

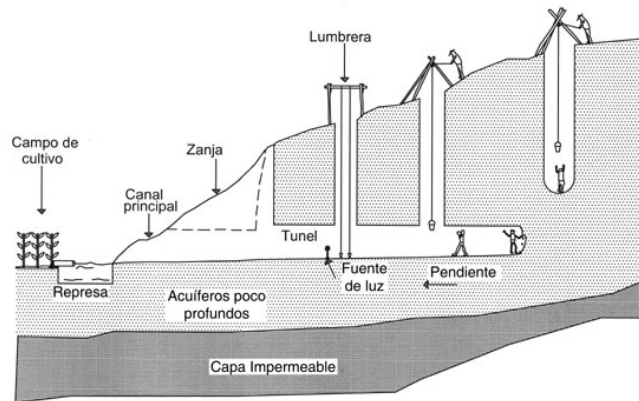
La técnica prehispánica resultaba adecuada para la óptima utilización del agua en un sistema unitario de aprovechamiento en el Valle, pero no se adaptaba al nuevo régimen de organización social que dividía la superficie en varias unidades aisladas — las haciendas — pertenecientes a distintos propietarios.

Al mismo tiempo, el nuevo esquema de dominación sobre la población indígena destruyó el modelo de organización social que había operado tan exitosamente para la producción agrícola de la región.

Para compensar esta destrucción, durante la época Colonial se aportaron nuevas técnicas de desviación de corrientes broncas hacia los terrenos de cultivo de las haciendas. Los conquistadores españoles trajeron tecnología que a su vez recibieron de sus conquistadores árabes, entre ellas la de las galerías filtrantes, (*Qanats* o *Foggaras* en árabe) —de origen persa, del tiempo del rey Sargón II (722-705 a. C.)— para obtener agua excavando un túnel horizontal con ligera pendiente que conduce el agua del subsuelo por medio de la gravedad, y que da lugar a un manantial artificial permanente a flor de tierra.

---

<sup>4</sup> “el carácter cooperativo de los *calpullis* lo encontramos en su funcionamiento mismo: conociendo el sistema de irrigación, las familias se unían para la construcción de acequias *apantli* para conducir el agua y la conservaban en albercas *tlaquilacáxtil*, que los españoles llamaban *jagüeyes*...” ROJAS CORIA, Rosendo “Tratado de Cooperativismo Mexicano”



*Los largos túneles de las galerías filtrantes constituyen una auténtica minería que se practica desde hace generaciones, buscando el mayor tesoro para los pueblos: el agua.*

*Las galerías filtrantes permiten extraer agua del subsuelo sin necesidad de bombearla, para conducirla por gravedad hacia los lugares de utilización.*

Este túnel o galería tiene pozos verticales —llamados lumbreras— que sirven para iluminación, respiración y extracción de materiales durante el período de construcción, y para su mantenimiento posterior.

Esta técnica logró arraigarse en esta región a tal grado que aun en la actualidad —a pesar de verse gravemente amenazado— constituye el sistema de irrigación más importante en el valle bajo, abarcando más de doscientas galerías en operación que aportan alrededor de 170 millones de metros cúbicos anuales de agua para irrigación.

Las galerías son operadas normalmente por “sociedades de aguas” que representan un esquema de organización social con alto grado de sofisticación y complejidad.

En conjunto, durante el virreinato se siguió prestando atención al aprovechamiento de escurrimientos de agua de origen pluvial por medio de presas derivadoras, aunque con una eficiencia mucho menor que en la prehistoria, y se inició la explotación de los mantos subterráneos de baja profundidad por medios artificiales como las galerías filtrantes y pozos someros.

## **México Independiente**

Más tarde, con la desaparición gradual del sistema de dominación y propiedad territorial de las haciendas, a partir de la Revolución se provocó el abandono de muchas obras hidráulicas de la Colonia, especialmente los sistemas de canales de conducción, aunque muchas otras se conservaron y se encuentran aún en operación.

## **Época moderna**

En el siglo XX, con la proliferación de la tecnología de los pozos profundos se acentuó el proceso de abandono gradual de la tradición de construir y mantener jagüeyes y represas de contención de las aguas superficiales, para concentrar los



esfuerzos en la explotación de los mantos acuíferos profundos, mediante la perforación y equipamiento de pozos para uso individual en granjas y ranchos, y – en menos ocasiones - de pequeños grupos de campesinos.

Con el fin de proteger los mantos acuíferos, desde 1950 se decretó una veda que prohíbe el alumbramiento de aguas subterráneas en la región de Tehuacán, la cual fue ampliada en 1959. En la práctica esta veda ha sido violada incesantemente y, amparándose en la Ley Federal de Aguas expedida en 1992, la Comisión Nacional del Agua permitió la regularización de pozos, aunque hubieran sido perforados al margen de las disposiciones de protección de acuíferos. Sin embargo, los datos sobre el número de pozos existentes y sus aforos no son confiables debido a que —por la vigencia de la veda legal— la mayoría de ellos se encuentran en la clandestinidad.

En la segunda mitad del siglo XX se construyó un canal que trae agua al valle medio de Tehuacán proveniente de la presa de Valsequillo, ubicada a unos 100 kilómetros de distancia, y operada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural conjuntamente con las organizaciones de usuarios.

Desgraciadamente, la vida útil de este embalse se está reduciendo a causa del enzolvamiento de su vaso provocado por la extensa deforestación de la cuenca.

Además de ello, presenta el problema de la contaminación progresiva del agua que conduce por la presencia de afluentes que arrastran detergentes y productos químicos, dañando las tierras que irriga. El agua de la presa recibe contaminantes industriales y domésticos de la ciudad de Puebla y contaminantes agroquímicos de los distritos agrícolas de riego. En pocos años, el Valle se quedará sin recibir agua de la presa de Valsequillo y con tierras de temporal gravemente contaminadas.

Una presa secundaria del mismo sistema, ubicada en el valle alto, cerca de la población de Cacaloapan, se construyó sobre una falla geológica por la que escapaba el agua que pretendía almacenarse, por lo que se abandonó su operación. Los ingenieros de aquel entonces no rastrearon el destino del agua infiltrada al cerrarse por única vez sus compuertas, la cual acrecentó notablemente el caudal que brota en los manantiales que nacen en el embudo al final del valle Tecamachalco – Tehuacán, por lo que pudo seguirse operando al entender la estructura geológica del subsuelo.

La experiencia fallida de la presa de Cacaloapan hizo que se difundiera la creencia de que la construcción de presas para aprovechamiento del agua de lluvia no es una alternativa adecuada para la región.

Esta creencia se mantuvo durante décadas, hasta que el programa “Agua para siempre” demostró lo contrario.

## **Panorama Actual**

Cada época ha generado nuevas tecnologías y sus propias formas de organización social, produciendo diferentes sistemas socio-tecnológicos, muchos de los cuales coexisten actualmente en un complejo macrosistema que podría denominarse una Sociedad Hidráulica,<sup>5</sup> o tal vez mejor: Sociedad hidro-agro-ecológica.

Pero a pesar de esta generación de tecnologías y estructuras sociales, el problema, en lugar de resolverse, tiende a agravarse en nuestros días debido a tres factores principales:

- uno, el incremento de la población;
- dos, el inadecuado manejo de los recursos naturales de la región; y
- tres, el acceso desigual al agua disponible, concentrada injustamente en pocas personas y grupos de poder como resultado de una competencia

---

<sup>5</sup> Término acuñado por Karl Wittfogel



desigual entre el sector urbano y el rural, por una parte, y entre grupos económicos de diferente fuerza dentro de cada sector, por la otra.

Nuestros tiempos se caracterizan por ser los primeros que amenazan seriamente al equilibrio ecológico al propiciar, por un lado, la deforestación acelerada, afectando con ello las fuentes de recarga de acuíferos, al mismo tiempo que, por el otro, se intensifica la explotación de los mantos subterráneos.

La tendencia de abatimiento de los acuíferos nos dibuja un panorama catastrófico para el futuro cercano. Basta con decir que de 1968 a 1986 se duplicó el kilometraje de las galerías filtrantes, que es el sistema socio-tecnológico más importante de la región, y a pesar de ello la cantidad de agua extraída en esta última fecha no aumentó significativamente con respecto a la que se obtenía 18 años antes.

La mayoría de las galerías filtrantes presentan una drástica disminución de su caudal en la actualidad, habiéndose secado ya muchas de ellas. También en los pozos profundos se registran tendencias graves de abatimiento. Mientras tanto, millones de metros cúbicos de agua de lluvia se desperdician cada año al correr por las barrancas sin dejar ningún beneficio, sino por el contrario, causando serios daños a su paso.

El fenómeno del cambio climático que se ha ido comprendiendo en la última década amenaza con agravar aún más el problema, haciendo más errático el régimen pluvial y más extremos los fenómenos hidrometeorológicos, tanto la sequía como las lluvias torrenciales y granizadas, el fenómeno de “el Niño” y el proceso de calentamiento global y desertificación, etc... Esto exige medidas urgentes e inversiones importantes para solucionar este problema que amenaza la existencia de muchos pueblos.

El problema estriba no solamente en la obtención de agua para satisfacer las diferentes necesidades, sino en lograr que esta extracción no siga mermando los mantos acuíferos subterráneos y que el acceso a este recurso se realice en condiciones de justicia para los diferentes grupos sociales. El desafío es incrementar la seguridad hídrica y alimentaria de la población al tiempo que se disminuye la desigualdad social.

Por ello, en el diseño de nuevos proyectos hidro- agro-ecológicos deben tomarse en cuenta tres elementos de gran importancia que confluyen en su resultado global:

- 1.- el cabal conocimiento de la ecología de la región,
- 2.- la comprensión de la cultura y de las formas de organización social existentes, y
- 3.- la tecnología adecuada, tanto para esta forma de organización social como para cada medio ambiente microrregional.