

El secreto tecnológico del
Sistema Hidroagroecológico
más antiguo de **Mesoamérica**

El Complejo de Purrón

¿Cuál fue el secreto tecnológico que permitió a los antiguos ingenieros prehistóricos mesoamericanos mantener en operación el impresionante complejo hidroagroecológico de Purrón durante 500 años?.

¿Cuál fue el proceso que siguieron para generar esta sorprendente tecnología?

Dr. Raúl Hernández
Garcíadiego





¿Cuál fue el secreto tecnológico que permitió a los antiguos ingenieros prehistóricos mesoamericanos mantener en operación el impresionante complejo hidroagroecológico de Purrón durante 500 años?
 ¿Cuál fue el proceso que siguieron para generar esta sorprendente tecnología?

La relevancia de estas estimulantes preguntas se destaca cuando comparamos que los ingenieros de nuestros tiempos proyectan las presas modernas para una vida útil que no rebasa los 50 años.

En este artículo realizaremos un breve recorrido del origen de la evolución tecnológica de la irrigación en Mesoamérica, a la luz de los recientes descubrimientos realizados por el equipo de la asociación civil Alternativas y Procesos de Participación Social A.C. como parte de su programa "Agua para Siempre".

Viaje hacia el origen

Las primeras tres o cuatro familias que habitaron el Valle de Tehuacán¹ llegaron alrededor del 10,000 antes de Cristo², al iniciar el período climático actual - llamado holoceno - que siguió a la última glaciación del pleistoceno.



El complejo de la presa, canales y terrazas de Purrón, en donde se originó la agricultura y la irrigación en Mesoamérica se localiza al pie de la Sierra Madre Oriental, cerca de la unión de la cuenca del Río Salado con la cuenca de Quiotepec, de donde fluyen las aguas hacia el oriente, a través de la Sierra rumbo a la parte baja de la cuenca del Papaloapan.

Fuente: Pablo Hernández Garciadiego, Director del Centro de Información Geográfica de Alternativas.

¹ El valle de Tehuacán se ubica al sureste del estado de Puebla. Su parte noroccidental pertenece a la cuenca del río Salado. Tiene un área calculada de 823 Km² y una longitud aproximada de 60 Km. en su eje principal que corre en dirección noroeste a sureste. En su parte inicial, el valle tiene un ancho total de 4,500 metros; unos 20 Km. más abajo, se ensancha hasta alcanzar unos 30,000 metros; 15 Km. más abajo se

reduce notablemente a 3,500 metros de ancho; desde este punto y hasta el final mantiene una anchura de tan sólo 1,500 metros en promedio.

² MACNEISH, Richard. *The Prehistory of the Tehuacán Valley*. Edited by R. S. MacNeish, University of Texas Press for the R. S. Peabody Foundation. Austin, Texas 1972



Los manantiales perennes - que se originan por el embudo orográfico al noroeste del valle a la altura de San Lorenzo Teotipilco - debieron ser un factor decisivo para albergar los primeros asentamientos en la región.³ Durante los siete meses del período de secas,³ estos habitantes del Valle de Tehuacán - Teotitlán y los montes que lo rodean sólo podían contar con el agua de estos manantiales para abastecerse. Si se quedaban cerca del agua, no obtendrían suficiente comida, pero cuando se alejaban en busca de alimento, enfrentaban la escasez de agua de la región.

Contando con estas fuentes de agua permanente que les brindaban seguridad hídrica como base para su sobrevivencia, durante los siguientes 9,000 años deambularon por el territorio, familiarizándose con cada rincón de esta cálida región semiárida mientras recolectaban sus alimentos,⁴ recorriendo grandes distancias hacia el más cálido Valle Bajo.

En una región montañosa semidesértica como ésta, caracterizada por empinadas pendientes, suelos poco profundos y escasa vegetación, las esporádicas lluvias torrenciales provocan fuertes escurrimientos que producen violentas barrancadas que duran unas cuantas horas. Cuando se han desahogado los principales escurrimientos, el caudal disminuye rápidamente, manteniéndose un pequeño arroyuelo durante varios días o semanas hasta terminar por desaparecer. En algunas barrancas el agua sigue fluyendo imperceptiblemente bajo la capa de azolve depositada en su lecho, convirtiéndose en un flujo llamado subálveo.

Al caminar a lo largo de un cauce, de pronto se descubren algunos de estos pequeños

escurrimientos en forma de encharcamientos y suaves flujos que apenas se asoman para volver a esconderse entre la arena unos cuantos metros más adelante. Los pobladores prehistóricos debieron detectar todos estos lugares en sus frecuentes recorridos en busca de alimento y agua, al grado de familiarizarse con ellos y ubicarlos mentalmente en el mapa sociocultural de su territorio como parajes altamente relevantes para su supervivencia cotidiana.

Al prolongarse el tiempo de encharcamiento, estos pequeños ojos de agua propician el surgimiento de vegetación acuática, que favorece la proliferación de múltiples insectos, ajolotes y ranas, muchos de los cuales pudieron ser fuente de alimento para los ávidos y siempre hambrientos recolectores de la región, quienes habrían de crear una rica tradición culinaria que incorporaba gran variedad de insectos como fuente básica de proteína. Otros reptiles y mamíferos pudieron ser igualmente atraídos por estas incubadoras de biodiversidad creadas por cada ojo de agua, convirtiéndose en presa fácil de los recolectores que pronto debieron desarrollar instrumentos y técnicas adecuadas para cazarlos.

La constante observación y comparación de los múltiples puntos de agua en distintos tramos de las barrancas, tarde o temprano debió llevarlos a la comprensión de dos ideas básicas:

- 1) cuando una roca impermeable forma un basamento en el fondo de la barranca, el agua aflora y está accesible durante un tiempo mayor;
- 2) cuando el fondo de la barranca está cubierto por azolve, es probable que contenga agua fluyendo en su interior.

³ La temporada seca se presenta generalmente entre noviembre y junio.

⁴ Entre el 6,800 y el 5,000 a.C. inventaron la agricultura, domesticando el aguacate y la calabaza en la fase llamada "El Riego". En la Fase

Coxcatlán, entre el 5,000 y el 3,400 a.C. domesticaron el maíz, frijol, amaranto, chile, quelite, guaje, haba y zapote.

El inicio de la experimentación

hidroagroecológica

Una vez comprendidas estas dos ideas básicas, no debió pasar mucho tiempo sin que surgiera la curiosidad creativa para experimentar en sus tiempos de ocio en torno a dos ideas simples de manipulación técnica para aumentar su capacidad de almacenamiento:

a) *excavar una oquedad en la roca para ahondar el cuenco natural que almacena el ojo de agua, y*

b) *construir un bordo semicircular en la parte baja del ojo de agua para incrementar su capacidad, haciendo un montículo de arcilla y compactándola para darle firmeza.*

La combinatoria de esta gama de experimentos espontáneos debió aportar aprendizajes muy variados, hasta que surgió de pronto la iluminadora comprensión consciente de la capacidad humana de manipular los materiales de la naturaleza para incrementar la base de subsistencia del grupo, sentando firmes bases para una verdadera

revolución cultural. Este proceso de observación de la naturaleza, experimentación con materiales y métodos, así como la reflexión sobre los resultados obtenidos para lograr una intelección que les permitiera extraer las debidas conclusiones y plantear a partir de ellas nuevos experimentos, debió convertirse en un proceso sociocultural permanente, constituyendo la base de la práctica científica vernácula de los grupos sociales que habitaban la región.



Vista general del corte sur. Al fondo se aprecia el "Cerro del Paraíso", en donde empotraba la presa que cubría una longitud de 400 metros, cruzando la barranca del arroyo Lencho Diego.



Vista del corte transversal de la Cara Sur de la cortina. En la esquina inferior izquierda a la izquierda del arbusto - se aprecia una socavación de aproximadamente un metro de altura, en lo que fue el primer nivel de construcción original de la presa, que permitió nivelar el fondo de la barranca para lograr un estancamiento del agua de escurrimiento.



Al igual que en el extremo norte, en su cara sur la Presa de Purrón también fue cortada transversalmente por el arroyo Lencho Diego, permitiendo apreciar en detalle las técnicas desarrolladas en sus cuatro fases constructivas que iniciaron alrededor del 750 a.C. y concluyeron antes del 300 d.C.

Los pequeños bordos experimentales alrededor de los ojos de agua de las barrancas, evolucionaron hasta llegar el momento de aceptar el desafío de emprender la construcción de un *bordo a todo lo largo de una barranca*. El grupo social que habitaba la parte baja del Valle decidió intentarlo en la barranca de Purrón en el año 750 a.C.⁵ construyendo un bordo de aproximadamente un metro de altura que abarcó de lado a lado la barranca, dando inicio a lo que llegaría a ser el impresionante complejo hidroagroecológico de Purrón.⁶

⁵ WOODBURY, Richard y NEELY, James; *Water Control Systems of the Tehuacán Valley*, publicado como capítulo 3 del volumen cuatro *Chronology and Irrigation*, de la obra de MACNEISH, Richard *The Prehistory of the Tehuacán Valley*. Prensa de la Universidad de Texas, R. S. Peabody Foundation. Austin, Texas 1972

⁶ La microcuenca de Purrón tiene una superficie total de 24.67 Km² y se ubica dentro de la cuenca tributaria Río Grande - Teotitlán, al sur del valle de Tehuacán cerca de la frontera que une a los estados de Puebla y de Oaxaca.

En esta cuenca se registra una precipitación media de 444 mm., lo cual significa un volumen total precipitado de 12.05 millones de m³. Si a este total le aplicamos un índice de escurrimiento estimado en 19%, se obtiene un flujo superficial anual del rango de 2.3 millones de m³ susceptibles de ser manejados mediante el sistema de Purrón. Cálculos del Ing. Pablo Hernández Garcíadiago, Director del Centro de Información Geográfica de Alternativas y Procesos de Participación Social A.C.

No es difícil imaginar la eufórica excitación social que debió causar la visión del agua retenida a todo lo ancho del cauce de la barranca hasta alcanzar la altura de aquel bordo primigenio. De esta exitosa experiencia surgió la firme convicción social de que el trabajo humano organizado permite manipular los materiales del entorno para retener el agua de lluvia.

Esta estimulante visión debió generar la determinación suficiente para enfrentar y resolver los desafíos que surgirían inmediatamente después.

Con la llegada de más lluvias, al acumularse el agua hasta la capacidad máxima del bordo, ésta se desparrama por su punto más bajo y su flujo lo erosiona rápidamente, destruyendo esta sección. La solución la alcanzarían al colocar piedras acomodadas en este punto más bajo por donde debía correr el agua excedente, lo cual llevó a la invención del *vertedor de demasías*. Armados con estos dos conceptos técnicos - el bordo de tierra compactada complementado con el vertedor de demasías - los pioneros ingenieros hídricos pudieron emprender obras cada vez más complejas.

La lucidez tecnológica para el manejo del azolve

Una vez alcanzado el éxito en la retención de agua durante muchos meses, los ingenieros prehistóricos debieron enfrentar un nuevo problema: el rápido enzolvamiento del vaso destinado a contener el agua. El fenómeno del enzolvamiento se origina porque las aguas torrenciales arrastran gran cantidad de materiales sólidos sueltos que encuentran a su paso. Al llegar al vaso de almacenamiento y dispersarse la fuerza del torrente, estos materiales se precipitan hacia el fondo, formando capas sucesivas de material graduado de acuerdo a su peso: las rocas más pesadas se depositan más rápidamente, y un poco hacia adelante se van acomodando materiales más ligeros como rocas más pequeñas, luego gravas, arenas y lama, pudiendo observarse nítidamente la secuencia de franjas de material graduado.

Los ingenieros prehispánicos resolvieron exitosamente el desafío del enzolvamiento mediante la combinación de dos técnicas complementarias:

1) el *desazolve anual* del vaso antes de la temporada de lluvias y

2) la construcción de *trampas y filtros de azolve* para disminuir su entrada al vaso de almacenamiento.

El gran secreto del éxito del complejo de Purrón se encuentra en la lucidez tecnológica que alcanzaron sus constructores al comprender que la constante aportación de azolve, en lugar de constituir un problema, constituía un recurso inagotable. Cada año la cuenca aportaba a los constructores un banco renovado con nuevos materiales para ampliar su complejo



Foto: León Barbiomé Hernández Herreñas.

Vista general del vertedor de piedra que permitía controlar la entrada de agua domesticada y clarificada hacia el vaso principal. Los investigadores están señalando cada uno de los extremos del vertedor descubierto.

Ver detalle en la siguiente página.

hidroagroecológico, mediante una práctica continua de mantenimiento y ampliación de la construcción.

Al disponer del azolve retenido en el vaso por el primer nivel de construcción, inmediatamente emprendieron la construcción del segundo nivel y así continuaron ciclo tras ciclo en un tercer y cuarto nivel, hasta alcanzar las sorprendentes dimensiones de más de 400 metros de largo, 18 metros de alto y 100 metros de base.

Inteligentemente, este muro de la presa fue complementado aguas arriba con un muro semicircular - semejante a un jagüey - que funcionó como retén de azolve, atrapando fuera del vaso la mayoría de los materiales arrastrados. En este bordo se incorporó un vertedor de piedra labrada y cuidadosamente acomodada que permitió controlar la entrada suave del agua para ser almacenada en el interior del vaso.

Foto: León Bartolomé Hernández Herrerías.



Detalle del cuidadoso acomodo de las piedras en el vertedor para permitir el paso del agua sin dañar el bordo semicircular de tierra compactada.

Esta sociedad hidroagroecológica asimiló completamente esta práctica anual, de manera que al concluir las dos cortinas del vaso, comenzó a utilizar el azolve para construir terrazas aguas arriba de la presa, utilizando formas circulares, las cuales podían ser irrigadas mediante diversas tomas rústicas de agua desde la barranca, reforzadas por hileras de árboles.

Foto: Raúl Hernández.



El Ing. Gerardo Reyes Bonilla, Director de Ingeniería de Alternativas aparece dentro de una pequeña jardinera de piedras acomodadas en forma circular. Estas jardineras se construyeron en una vasta extensión de la cuenca aguas arriba, colocándolas una junto a otra de manera que el agua que entrara a cada una se estancara temporalmente para depositar su azolve y el excedente saliera hacia la siguiente jardinera a través de un espacio calculado entre las piedras, el cual está señalando con su mano izquierda. Con la otra mano señala una piedra colocada al centro del círculo, la cual pudo servir para sostener ramas que dieran sombra a las semillas durante el tiempo de germinación, protegiéndolas de las aves y permitiendo preservar la humedad por más tiempo bajo su sombra.

El sistema de "jardineras" circulares de piedra acomodada para retener azolve se utilizó en toda la parte media de la cuenca, desde la zona de Control Maestro hasta la cortina de la presa. Se descubrieron incontables pequeñas jardineras de medio metro de diámetro hasta grandes jardineras como éstas de más de tres metros de diámetro, resaltadas por los marcadores azules y las líneas rojas al fondo.



Foto: León Bartolomé Hernández Herrerías.

A medida que el azolve se fue acumulando y fue rellenando el fondo de la barranca en cada ciclo de lluvias alcanzó un paraje aguas arriba que hemos denominado de "control maestro", para resaltar que desde ese punto los ingenieros prehistóricos lograron al fin un control total del agua de la cuenca de Purrón.

Zona de Control Maestro en la parte media de la cuenca de Purrón. En la foto se observan los alineamientos de grandes piedras que dividían las corrientes turbulentas en flujos controlados que alimentaban el sistema de canales. En la foto se distinguen cuatro canales cuya anchura está marcada por los estadales horizontales. Al fondo y aguas abajo, se ve el Cerro de las Escaleras, en donde se empotra la Presa de Purrón.



Foto: León Bartolomé Hernández Herrerías.

En este punto se construyó un sistema de unas cinco “calzadas” formadas por enormes piedras alineadas que funcionaban como “partidores de agua”, que permitían nivelar y dividir el torrente

turbulento de la barranca en múltiples flujos de aguas mansas que podían ser conducidas suavemente por el conjunto de canales principales con que operaban el sistema.



Foto: León Bartolomé Hernández Herrerías.



Foto: León Bartolomé Hernández Herrerías.



Foto: León Bartolomé Hernández Herrerías.

Tres vistas de detalle de los alineamientos de grandes piedras en la “zona de las calzadas”. Se puede apreciar el cuidado con que se buscaba que cada piedra quedara firmemente recargada en la posterior, insertando cuñas cuando quedaban ranuras entre ellas. Esto permitía evitar que el torrente descendente de la Sierra Madre las pudiera mover y afectar su efecto como “partidores” que convertían el torrente caudaloso en un conjunto de arroyos de agua mansa.

Al haber alcanzado este punto tuvieron la capacidad tecnológica de diseñar el trazo de un sorprendente canal de casi tres mil quinientos metros de longitud, que recibió el nombre de “Canal de Santa María”, que permite derivar una parte del agua de la barranca hacia las terrazas ubicadas aguas abajo del vaso, haciéndola saltar por un punto más elevado junto a la presa de Purrón, lo cual constituye una joya de ingeniería que no ha sido reportada en ningún otro sitio.



Composición fotográfica panorámica de la Presa de Purrón y del Canal de Santa María, con el Cerro Lencho Diego como horizonte.

En el segmento 1/5 de la foto medido desde el margen izquierdo (lado sur), la línea horizontal de vegetación identifica la corona de la Presa de Purrón. En el 2/5, hacia la derecha, destaca el Cerro del Paraíso, en donde empotra la presa y detrás del cual pasa el cauce del canal de Santa María. Siguiendo la pendiente de este cerro hacia la derecha, se intersecta visualmente una línea de vegetación casi horizontal, con una ligera pendiente ascendente hacia el norte. Esta línea marca con nitidez la trayectoria del talud sobre el cual se ubica el canal, siguiendo el contorno del Cerro Lencho Diego a lo largo del segmento 3/5 y 4/5, siendo todavía perceptible en el 5/5 en el extremo derecho de la fotografía, donde se intersecta con la línea de la vegetación que cubre el fondo nivelado, el cual tiene también una ligera pendiente hacia el sur. En la sección 4/5 se observa una cumbre del cerro cuya pendiente desciende hacia el norte, y de pronto surge un enorme risco de corte casi vertical, que forma un portezuelo entre ambos. El Canal de Santa María en Purrón tuvo una de sus tomas de agua en la barranca que se encuentra un poco más al norte de este portezuelo, en el extremo derecho de la foto. Esta imagen fue editada por Fabiola Carrera a partir de un mosaico de fotografías tomadas por León Bartolomé Hernández Herrerías desde “La Isla”, el 9 de abril de 2003, día del descubrimiento del canal.

El sistema de control maestro permite destinar el agua a tres finalidades principales:

1) conducirla por una red de canales en la margen izquierda para ser almacenada en el vaso de la presa para consumo de la población;

2) utilizarla para riego de terrazas ubicadas aguas arriba del vaso, con sus originales sistemas de acomodados circulares de piedras formando jardineras con forma de *cazuelas*;

3) conducirla por la margen derecha a través del impresionante canal de Santa María para irrigación de las terrazas aguas abajo de la presa, alimentando en su trayecto pequeños jagüeyes cerca de los sitios de asentamiento, incluyendo la llamada “Cueva del Palacio”, donde tuvieron el privilegio de vivir algunas familias de aquella sociedad.



En la entrada de la Cueva del Palacio, a un lado de la presa de Purrón, el equipo investigador que en abril de 2003 confirmó el descubrimiento del Canal de Santa María, el cual pasa al pie de esta cueva.



La cueva del palacio está cuidadosamente labrada sobre piedra caliza y consiste en una cámara principal, una ampliación en forma de largo pasillo y una ampliación en proceso, como una pequeña oquedad. En sus muros se descubrieron diversos símbolos tallados.

Con el hallazgo del Canal de Santa María⁷ y del conjunto de Obras de Control Maestro,⁸ se modificó radicalmente la interpretación que se había tenido hasta ahora respecto del proceso de evolución tecnológica de la irrigación prehistórica en el complejo de Purrón. Hoy podemos comprenderlo como un sofisticado sistema de manejo de agua y azolve que involucró la utilización integrada de diversas tecnologías que conformaron un sistema mixto de canalización y almacenamiento, tanto para uso doméstico como de irrigación agrícola, que permitió a los habitantes prehistóricos el aprovechamiento sostenible de sus recursos naturales, mediante un extenso manejo de su cuenca.⁹

En conclusión, esta sorprendente cadena de descubrimientos nos muestra que el secreto tecnológico de los ingenieros prehistóricos consistió

en la cabal comprensión y el dominio de dos importantes elementos de su cuenca - el suelo y el agua - mediante las tecnologías hidroagroecológicas complementarias de *control de torrentes de agua* y *control de azolves*. Lograron la construcción de vasos de almacenamiento superficial, la recarga de mantos subsuperficiales y la creación de nuevas fuentes de abastecimiento de agua, que incrementaron la seguridad hídrica y alimentaria de los pueblos de la región, lo cual favoreció su desarrollo cultural y el alcance de un muy elevado nivel tecnológico.

Las investigaciones aún en proceso que realiza Alternativas en el marco del programa "Agua para Siempre", permitirán enriquecer la comprensión del origen y evolución de la agricultura y de la irrigación en nuestro país y de Mesoamérica a partir del Valle de Tehuacán y la Mixteca.

⁷ Este descubrimiento fue realizado por León Bartolomé Hernández Herrerías y Pánfilo Eugenio Morales en abril de 2003

⁸ Los recientes descubrimientos realizados en el Complejo de Purrón fueron realizados por un equipo interdisciplinario bajo la dirección de Raúl Hernández Garcíadiego en una investigación iniciada en 2003 y que continúa hasta esta fecha.

⁹ El área susceptible de haber sido utilizada para la agricultura de irrigación dentro de la microcuenca de Purrón cubre aproximadamente 100 ha.

Este artículo se publicó originalmente
en la Revista Vertientes, Sección Afluentes
Revista interna de la **Comisión Nacional del Agua**
Año 11 Núm 14, Páginas 6 - 9, Octubre 2005, México
Con el título: "Secretos de los Ingenieros Mesoamericanos"
Colaboración de Raúl Hernández Garciadiego,
Alternativas y Procesos de Participación Social A.C.
En esta edición se incluyen algunas fotografías y detalles de texto que
por razones de espacio no aparecieron en la publicación original.

El Programa Agua para Siempre
ha sido financiado principalmente por

la Fundación Gonzalo Río Arronte,
la Fundación Conrad N. Hilton
la Fundación Ford
y otras valiosas fuentes.

Tehuacán, Pue. octubre 2005