



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

**LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS DE LA CUEN-
CA DEL VALLE DE MÉXICO EN LA ÉPOCA
PREHISPÁNICA**

Tesis teórica que para obtener el título de

ARQUITECTA

Presenta:

SELENE ALICIA RAMOS DEL VALLE

Sinodales:

Arq. Jesús Raúl González Jácome

Mtro. Luis Saravia Campos

Arq. Pedro Urzúa Ramírez

CIUDAD DE MÉXICO, MAYO 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi bella UNAM, mi segundo hogar.

A mis padres, cuyo apoyo y amor han sido incondicional y pieza clave en mi vida.

A mis hermanas, mis compañeras y cómplices de vida.

A Lucrecia quien llego a llenar mi vida de ternura y travesuras.

A mis amistades que han estado en tiempos difíciles y se que seguirán estando.

A mis 7 ángeles que son fuente de inspiración para dar lo mejor de mi.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
METODOLOGÍA	4
MARCO TEÓRICO	6
AGUA DE LLUVIA: CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN	8
EL AGUA EN MESOAMÉRICA	9
CAPÍTULO I	15
1.1 POZOS	18
1.1.1 POZOS MAYAS	20
1.2 CHULTUNES	21
1.2.1 PARTES DE UN CHULTUN	22
1.2.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE UN CHULTUN	27
1.3 JAGÜEYES	36
1.3.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LOS JAGÜEYES	38
1.4 TINAS	40

1.4.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS TINAS	44
1.5 DEPÓSITOS PLUVIALES DOMÉSTICOS	47
1.6 CENOTES	48
CAPÍTULO II	51
2.1 ACUEDUCTOS	52
2.1.1 ACUEDUCTOS DE TIERRA, BAJOS Y CORTOS	55
2.2 PRESAS (FORMACIÓN DE LAGUNAS ARTIFICIALES)	63
2.3 CALZADAS	66
2.4 CANALES	68
2.5 DRENAJE SUBTERRÁNEO	68
CAPÍTULO III	71
3.1 SISTEMAS DE RIEGO CON INSTALACIONES PERMANENTES O TEMPORALES	72
3.2 CHINAMPAS	74
CAPÍTULO IV	79
4.1 COMPOSICIÓN CONSTRUCTIVA DEL CANAL	81

CAPÍTULO V	83
5.1 INNOVACIONES TÉCNICAS	85
CONCLUSIONES	88
REFERENCIAS	89
REFERENCIAS DE FIGURAS	91

INTRODUCCIÓN

Para las culturas del área mesoamericana el agua era considerada como un elemento fundamental para su desarrollo. En el siguiente escrito se describirán los procesos constructivos de dicha área, enfocándose en el valle de México y se tomará como referencia, principalmente, a las culturas cuyo asentamiento fue esta zona, sin embargo, daremos a conocer cómo es que el intercambio intelectual otorga resultados prósperos para la modificación y creación de los sistemas aquí presentados.

En la cuenca lacustre del valle de México, los mexicas asumieron la idea mesoamericana de que el cosmos se integra por tres capas: los cielos, la tierra y el inframundo.

Para ellos, Ometéotl, principio universal de todo lo que existe, habita en la cúspide los cielos, él es quien engendra a cuatro divinidades principales que a su vez se desdoblan en otros númenes y crean, mediante sacrificios divinos, el cosmos, la naturaleza, el tiempo cíclico y al hombre.

Es en este proceso de génesis del cosmos, que se crean los dioses del agua y sus moradas. Para los mexicas, son dos los dioses principales del agua, Chalchiuhtlicue, diosa de las aguas que se esparcen por la superficie de la tierra y de los mares; Tláloc, deidad suprema del agua, regidor de la lluvia y quien tiene su residencia en el Tlalocan, paraíso indiano del agua situado en las entrañas de la tierra.

La tipología de obras hidráulicas que presento se basa en dos criterios, la finalidad de las obras hidráulicas y el tipo de fuente de agua utilizado tal como lo menciona Teresa Rojas Rabiela en el libro *“Cultura hidraulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico”*. Las instalaciones hidráulicas tuvieron más de una función y se alimentaron con más de un tipo de agua, pluvial o de manantial, por ejemplo:

- Abasto de agua para uso domestico y otros servicios cotidianos, aguas pluviales y subterranas.
- Conducción, control y drenaje de aguas pluviales para evitar inundaciones.
- Conducción y drenaje de aguas de deshecho “negras”.
- Provisión del agua para irrigación agrícola.
- Control, aprovechamiento y desagüe de zonas lacustres y pantanosas.
- Recreación y ritualidad



FIGURA 1. Como patrón de la treceña que empieza con el signo ce quiáhuitl, 1 lluvia, Tláloc aparece con algunos de sus atavíos característicos en el Códice Borbónico, lám. 7. En su tocado se encuentra un zacatapayolli, es decir, una bola de zacate donde se clavaban espigas y punzones de huesos ensangrentados. El zacatapayolli representaba una cueva o un cerro que se fecundaba por medio de estos instrumentos de autosacrificio que los mexicas identificaban con guerreros sacrificados. Reprografía: Marco Antonio Pacheco / Raíces.



FIGURA 2. Chalchiuhtlicue (“la de la falda de piedra verde”), diosa de las aguas terrestres y los mares.

OBJETIVOS

De primera instancia, se hace una recopilación de información acerca de los sistemas hidráulicos más utilizados en Mesoamérica, la cual contenga descripciones y gráficos.

Con ello se pretende investigar acerca de los sistemas constructivos, materiales utilizados, dimensiones y criterios de diseño en los sistemas hidráulicos utilizados por algunas culturas de Mesoamérica, y cómo influenciaron a las culturas de la cuenca del valle de México.

Mucho se habla acerca de la arquitectura de los grandes centros ceremoniales en las culturas mesoamericanas, pero se hace muy poco énfasis en los sistemas hidráulicos siendo de gran importancia, puesto que las grandes civilizaciones mesoamericanas tenían muy presente el vital líquido y buscaban su utilización de manera eficaz, que se adecuara a su forma de vida, a sus creencias religiosas, a su entorno y a las tecnologías desarrolladas.

En esta investigación se describen los sistemas hidráulicos desde una perspectiva arquitectónica tratando aspectos como el sistema constructivo, los materiales empleados, dimensiones y forma, esperando que en un futuro sea una guía para conocer la construcción y así poder implementar esas técnicas, ya sea para la restauración de los mismos sitios arqueológicos o para nuevas construcciones que permitan aprovechar los recursos naturales sin crear un impacto negativo en el medio ambiente.

METODOLOGÍA

Para la realización de este documento se consulta diversas fuentes bibliográficas (específicamente que documentos) de las cuales se obtuvo la información para clasificar y describir los sistemas hidráulicos, también se consultaron artículos de revistas e internet. Para las descripciones gráficas se planeó utilizar algunas imágenes ya existentes como base en las que intervine para complementarlas, así como imágenes de mi autoría las cuales ilustran o ejemplifican los textos.

En el siguiente escrito se muestran los procesos constructivos con los que se realizaron los diferentes sistemas lacustres para el desarrollo de la Gran urbe que fue Tenochtitlan (clasificación por su uso y material empleado para su construcción).

Para cumplir dicho objetivo fue necesario recabar información sobre sistemas hidráulicos en México y en específico del valle de México.

Organizar dicha información por zonas y por fechas. Concentrar la información en un documento respecto al agua y su influencia en la arquitectura. Y ordenar dicha información, producto de la investigación bibliográfica. Cabe destacar que, en la investigación realizada, se encuentran plasmadas diversas ideas de forma textual o parafraseada dentro del trabajo, ya que es de suma relevancia para comprender estos sistemas hidráulicos.

Este documento está basado en la información ordenada, el cual se centra en el valle de México haciendo referencia al contexto de otras culturas en otras zonas en Mesoamérica que puedan tener influencia con el valle de México. Con base en el conocimiento adquirido, se realizan suposiciones para la información faltante, misma que está basada en la investigación sobre la cuenca y sobre las zonas que podrían haber influenciado a esta.

Este documento se enfoca principalmente en lo arquitectónico y secundariamente de lo urbano, considerando como sistemas hidráulicos todo tipo almacenamiento, abastecimiento y desagüe que fueron utilizados para evitar inundaciones. De igual modo, se clasificarán por uso.

Se generará un soporte gráfico para describir figurativamente los objetos y esquemáticamente los sistemas.

MARCO TEÓRICO

Ya que este trabajo se centrará en textos de carácter histórico, pero enfocándonos en las particularidades arquitectónicas, mismas que definiremos aquí mismo, se establecerá un seguimiento de la información a lo largo de la investigación.

Para empezar, los sistemas hidráulicos son generados dentro de un matiz cultural que se encuentra determinado por su zona geográfica, así podemos establecer que no todos los sistemas son iguales, incluso si son considerados en su construcción y nombrados igual, los materiales y su significación pueden variar. En México se desarrollaron una serie de sistemas hidráulicos, principalmente, para el impulso de la agricultura. Ejercer el dominio de dicho elemento implicaba el control, uso y manejo físico del agua, es decir, cómo se suministraba, su tratamiento y el manejo del agua residual.

Etimológicamente la palabra hidráulica se refiere al agua: Hidros - agua. Aulos - flauta.

La hidráulica es la ciencia que forma parte la física y comprende la transmisión y regulación de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos. Cuando se escuche la palabra “hidráulica” hay que remarcar el concepto de que es la transformación de la energía, ya sea de mecánica o eléctrica en hidráulica para obtener un beneficio en términos de energía mecánica al finalizar el proceso. (Atlantic International University).

Según el autor Diego Onesimo Becerril en su libro *“Datos prácticos de instalaciones hidráulicas y sanitarias”* define a los sistemas hidráulicos como el conjunto de tinacos, tanques elevados, cisternas, tuberías de succión, descarga y distribución, válvulas de control, válvulas de servicio, bombas, equipos de bombeo, de suavización, generadores de aguacaliente, de vapor, etc., necesarios para proporcionar agua fría, agua caliente, vapor en casos específicos, a los muebles sanitarios, hidrantes y demás servicios especiales en una edificación. Por otra parte de fine como instalación sanitaria al conjunto de tuberías de conducción, conexiones, obturadores hidráulicos en general como son las trapas tipo P, tipo S, sifones, céspoles, coladeras, etc., necesarios para la evacuación, obturación y ventilación de las aguas negras y pluviales de una edificación .

La forma de aproximación que corresponde a esta investigación es el de una serie de objetos arquitectónicos contextualizados socioculturalmente

en su época y en los sitios característicos de cada cultura, mismos que tuvieron una relación directa con los hechos arquitectónicos en cuestión.

Es bien sabido que el crecimiento de Tenochtitlán estuvo condicionado por las circunstancias geográficas del lugar en donde fue establecido, el Lago de Texcoco, cuyo principal elemento, el agua, hizo una pauta para la creación de grandes obras hidráulicas y con el aprovechamiento de dicho elemento, se logró una armonía entre el entorno y el crecimiento de la ciudad.

AGUA DE LLUVIA: CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

La recolección y el almacenamiento de agua de lluvia se practicaron en Mesoamérica desde tiempos muy antiguos y se han documentado arqueológicamente en muchos sitios, sea en forma de depósitos subterráneos o a cielo abierto, así como en recipientes; otra forma de registro ha sido mediante los escritos de los mismos arqueólogos e historiadores, manifestando no sólo la importancia de estos sistemas en la vida cotidiana, sino proporcionando información vital para la realización de este proyecto.

EL AGUA EN MESOAMÉRICA

Entre 2500 a.C. y 1521 d.C. gran parte del territorio que ahora ocupan algunos países centroamericanos y la República Mexicana albergó uno de los desarrollos más originales del mundo antiguo. Esa área cultural es conocida como Mesoamérica.



Figura 3. Ubicación geográfica de Mesoamérica y sus áreas culturales

Mesoamérica posee una riqueza natural en el que se encuentran diversos medios ambientales que abarcan desde extensos litorales marinos hasta altas montañas, cada uno con un gran potencial productivo y una gran disponibilidad de materias primas específicas.

Esa diversidad ecológica ha sido reflejada mediante las culturas que la habitaron desde tiempos prehispánicos y ello propició el establecimiento de redes de intercambio. Independientemente de la configuración territorial adoptada en distintas épocas, el área mesoamericana ha sido dividida en varias regiones y cada una corresponde a un espacio donde se desarrollaron culturas con rasgos particulares, si bien éste no es el único criterio utilizado en la regionalización, es el principal, ya que la asociación con distintas condiciones geográficas siempre determinará el desarrollo de una sociedad.

Agua, líquido primordial que hace posible la vida en el planeta. Es por lo que conocer el manejo técnico por los habitantes de Mesoamérica resulta indispensable en nuestra época.

Si bien es cierto que el agua de lluvia fue durante milenios la fuente primordial que alimentó los cultivos, ello no impidió que la agricultura temporal se combinara con alguna forma de irrigación. Con el tiempo, el riego en el área fue adquiriendo más importancia y por eso los restos de sus obras hidráulicas se convierten en evidencia del desarrollo tecnológico alcanzado por las civilizaciones de Mesoamérica.

En esta área el riego cumplió dos fines básicos:

1. Incrementar los rendimientos tanto de las plantas cultivadas (productividad agrícola) como del trabajo humano (horas invertidas por superficie cultivada).
2. Servir como instrumento para ampliar la frontera agrícola, es decir, zonas más áridas y/o con lluvia errática, insuficiente o sujetas a heladas; dando así lugar al cultivo continuo y al policultivo.

Asimismo, fue posible aprovechar enormes depósitos de agua, construir plataformas artificiales para vivienda, contar con vías de navegación, etc. La capital de los aztecas se asentó sobre el valle de México, hacia el año 1500, la cuenca de México estaba integrada por un sistema compuesto por cinco subcuencas que llegaron a ocupar entre 8000 y 1000 kilómetros cuadrados. Estas subcuencas, estaban a una altura aproximada de 2.240 metros sobre el nivel del mar y funcionaron como un sistema de vasos comunicantes.

Frente a inconvenientes geográficos o climáticos como la abrupta topografía, la irregularidad de las lluvias o el mismo sistema lacustre, se idearon unas soluciones para posibilitar la aparición y el desarrollo de la agricultura de riego y el hábitat de la cuenca de México. Los mexicas solucionaron la abrupta topografía del lugar moldeando y dominando un sistema de “aterrazamiento” de cerros y laderas.

Las lluvias, en ocasiones de carácter irregular e impredecible, se aprovecharon y canalizaron mediante sistemas naturales (manantiales, arroyos, ríos) o mediante sistemas artificiales que captaban y retenían el agua de lluvia para desviarla a los campos de cultivo.

En la compleja historia cultural mesoamericana las lagunas interiores tuvieron un papel muy importante para sus habitantes desde tiempos muy antiguos, tanto por contener agua dulce como por su gran riqueza biológica. Es el caso de la serie de cuencas endorreicas localizadas a lo largo del Eje Volcánico Transversal.

Los antiguos mesoamericanos además de usar directamente sus recursos naturales desarrollaron diversas técnicas hidráulicas que les permitieron establecerse en ellas. Además, estas les permitieron fundar poblados, practicar la agricultura, transportarse por agua con mayor eficiencia y proveerse de agua para usos domésticos, entre otros beneficios. Las obras se orientaban por igual a abrir y luego mantener en buen estado los canales y zanjas, y a conducir o acarrear agua dulce para beber desde lugares lejanos.



CAPÍTULO I

ABASTO DE AGUA PARA USO DOMÉS- TICO DE AGUAS PLUVIALES, SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

*Figura 4. Tláloc, escultura en el Museo del Templo Mayor, México.
Fotografía y edición: Selene Ramos*



Figura 5. Una sacerdotisa que representa a Chalchiuhtlicue, cuyo nombre calendárico es 1 atl (1 agua), vierte agua sobre el fuego para producir humo durante un rito propiciatorio de lluvia. Código Laud, lám. 46. Reprografía: M. A. Pacheco / Raíces

Los antiguos habitantes se establecían y pasaron de ser nómadas a sedentarios gracias a su don de observación e interpretación, al encontrar sitios donde la recolección de agua les facilitaba las actividades comunes, elegir el sitio de vivienda resultaba ser el siguiente paso.

Las principales fuentes de abastecimiento de agua eran a través del agua de lluvia, de los ríos, lagos y lagunas, también se encontraban casos como al sur del país donde se lograba recolectar gracias a los depósitos subterráneos de agua. El agua era captada de la lluvia por medio de patios, los cuales conducían el líquido a depósitos.

En el caso de Teotihuacán también eran utilizados los techos planos para la captación del agua. Posteriormente, el agua era conducida a través de canales y/o zanjas o con pendientes dirigidas hacia la boca de los depósitos.

El almacenamiento dependía mucho de la cultura, zona geográfica y de las fuentes de abastecimiento. Podían ir desde vasijas hasta sistemas más complejos tales como pozos olmecas y mayas, también utilizados para la irrigación en las zonas Zapoteca y Mixteca, tinas (olmecas), chultunes (mayas), piletas (Teotihuacán), lagunas artificiales o jagüeyes (Altiplano Central), acueductos (Tenochtitlán) también utilizados para irrigación.

De acuerdo con la composición de la vivienda, cada una contaba con un sistema de almacenamiento. En el caso de los jagüeyes y los acueductos, que son sistemas colectivos y a mayor escala, el agua era captada y acarreada por medio de vasijas. Existían dos tipos de sistemas: los depósitos subterráneos y los depósitos superficiales y/o a cielo abierto.

Los depósitos subterráneos eran aquellos que como el nombre indica, se encuentran establecidos debajo de la tierra, entre ellos encontramos a los pozos y los chultunes; mientras que los superficiales y/o a cielo abierto son aquellos que se encuentran sobre el nivel de la tierra y que pueden estar abiertos o cerrados para su protección, en esta categoría se encuentran las tinas, piletas, los jagüeyes y los acueductos.

1.1 POZOS

Son perforaciones hechas en el suelo, probablemente, en estas oquedades se introducían cantaros o cestillas para extraer el agua, tenía la finalidad de llegar a las aguas subterráneas para así poder aprovecharlas. En el caso de LOS OLMECAS estaban hechas de piedra basáltica. Por otra parte, en la zona maya se utilizaba piedra calcárea.

En la ZONA ZAPOTECA Y MIXTECA se tiene evidencia material del desarrollo de técnicas de manejo y control de agua que pueden tener rastros de pervivencia en el presente. Algunas de estas técnicas son: contención de sales minerales, uso de humedad y retención de suelo, terraceo agrícola, presas, represas, canales de irrigación, riego mediante inundación, sistemas de desagüe con alcantarillado, drenaje doméstico, riego a brazo, perforación de pozos verticales, cercas vivas de maguey o nopal y el uso de tierras humedecidas en la sierra aprovechando el rocío o la neblina, entre otras prácticas (Peña, 1998 citado en Rojas, T., 2009).

Uno de los recursos de irrigación más antiguos que se ha practicado en los Valles Centrales de Oaxaca es la perforación de pozos poco profundos para acceder al agua subterránea que puede aflorar entre los dos y tres metros.

El método de irrigación era laborioso pero efectivo y se infiere que consistía en extraer el agua del pozo mediante vasijas de barro y regar a brazo el cultivo.

Efrén Peña cita que en las áreas de Aluvi3n Alto y en Abasolo de esta regi3n se han reportado dos pozos prehispánicos datados en el a3o 850 a.C.

El pozo de Abasolo, de acuerdo con Peña (1998): Media dos metros de profundidad y estaba forrado de piedras en la orilla. El diámetro era de dos metros en la boca y un metro en la parte baja.

1.1.1 POZOS MAYAS



Figura 6. Luis Covarrubias, "Corte ideal del área maya", 1964, Museo Nacional de Antropología. Fotografía. Selene Ramos

Los antiguos mayas peninsulares se abastecieron de agua no sólo de los chultunes-cisternas (de los que se habla más adelante), sino de agua de pozos y otras perforaciones hechas en la roca calcárea que cubre gran parte de su territorio, hasta alcanzar los ríos y los estanques que se forman en algunas oquedades subterráneas, para a través de ellas, probablemente, introducir cántaros o cestillas.

1.2 CHULTUNES

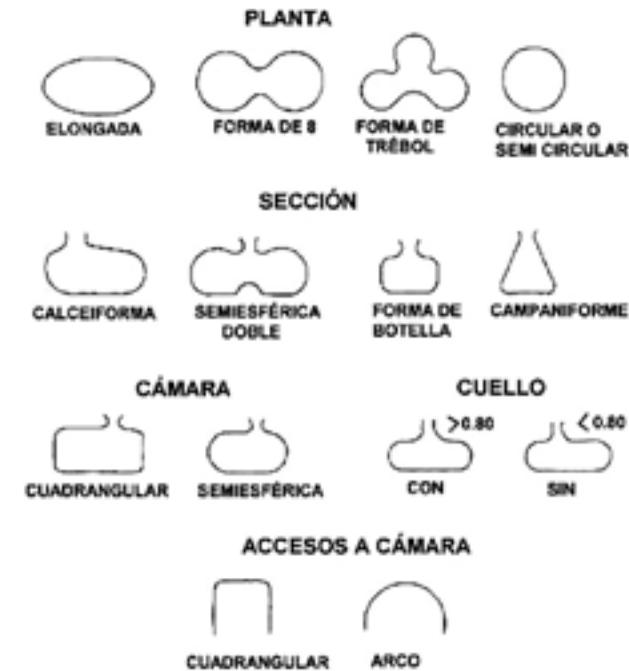


Figura 7. Chultunes, características generales.

Es un depósito subterráneo el cual se excavaba en la roca madre, era de uso doméstico, más en el uso de grupos familiares o casas-habitación, es decir se localizaba en los patios de las viviendas. En los chultunes se captaba y almacenaba el agua de lluvia que consiste en la excavación de una cisterna con varias formas que evocan la de un botellón invertido.

Los chultunes propiamente como depósitos de agua solo se utilizaron en la zona maya, aunque otras culturas adoptaron la forma troncocónica, pero esta era utilizada para otras actividades, tales como el almacenamiento de granos, para alojar desechos o para entierros humanos.

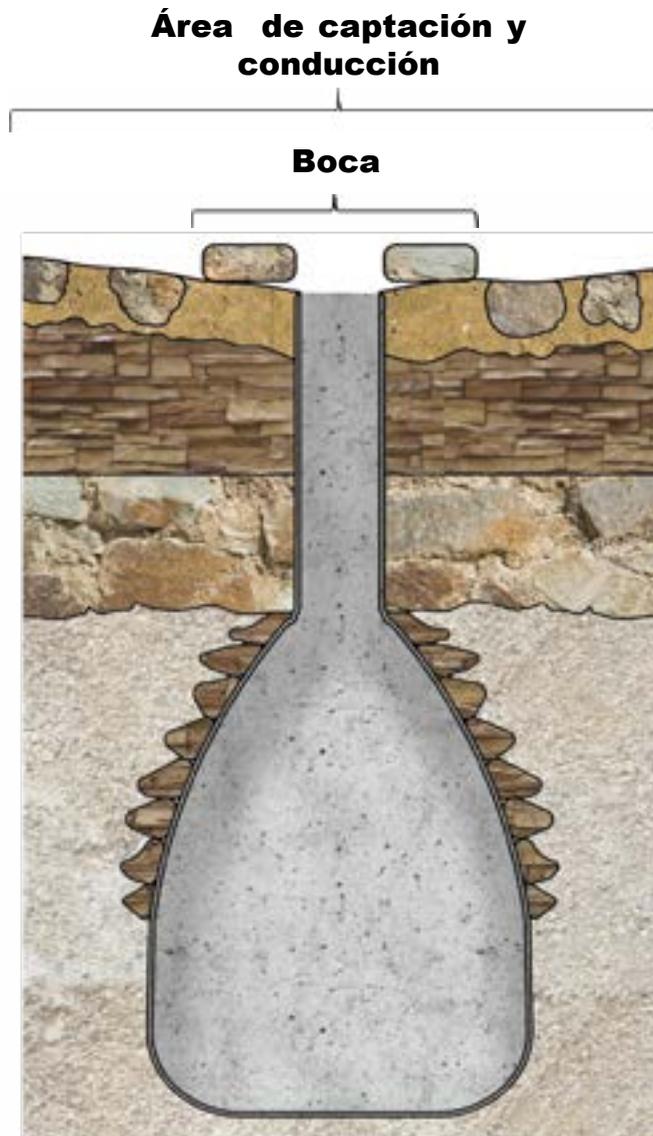
1.2.1 PARTES DE UN CHULTUN

Área de captación y conducción pluvial de los techos mediante canaletas y canales superficiales dirigidos al área de colección o los escurrimientos de un área cívica-ceremonial, área pavimentada con cierta inclinación, de 5 metros de diámetro aproximadamente.

Boca, es la entrada circular o aro por donde escurre el agua al depósito.

Cuello, se le denomina cuello a continuación de la boca armado con piedras y recubierto con estuco.

Cámara o depósito, el cual puede ser en forma de campana, botellón, bóveda o amorfa. (Marcus, 2016).



Área en la cual existe una pendiente para dirigir el agua hacia la boca del chultun.

Entrada circular de acceso al agua que escurre hacia la cámara o depósito.

Se denomina cuello a la continuación de la boca, este canaliza el agua hacia la cámara o depósito y generalmente se encuentra recubierto de estuco.

También conocido como depósito, es el área en la cual se almacena el agua.

Figura 8. Partes que conforman un chultun.

Dependiendo de la zona¹, cambiaba el material con el que se construían, pero se utilizaba principalmente el saskab² y la caliza arenosa, con ésta se realizaba el estuco, mismo que servía como recubrimiento e impermeabilización además de que, por su composición química, evita plagas y posiblemente la propagación hongos, cabe mencionar que no solo se utilizaba para los chultunes sino también como recubrimiento en los pisos de las viviendas. Existe la teoría de posibles construcciones de madera para captar y canalizar desde los techos, de los cuales, supongo que eran una especie de canaletas y que esta tecnología se desarrolló en forma estratosférica en Teotihuacán.

Está formado por dos secciones: la primera consta de alineaciones de piedras labradas cubiertas de estuco para formar el depósito y la segunda, se encuentra establecida por roca madre hasta el fondo.

¹ El lugar donde se encuentran los chultunes corresponde, además, a espacios definidos no solo por la utilidad práctica, sino que, al igual que toda la infraestructura hidráulica de las ciudades mayas, tenía que ver con el entorno natural y el trazado simbólico en el diseño arquitectónico urbano. (Zapata, 1989 citado en Rojas, T., 2009).

² Sahkab o sascab, es el término de origen maya para designar a la "tierra blanca".

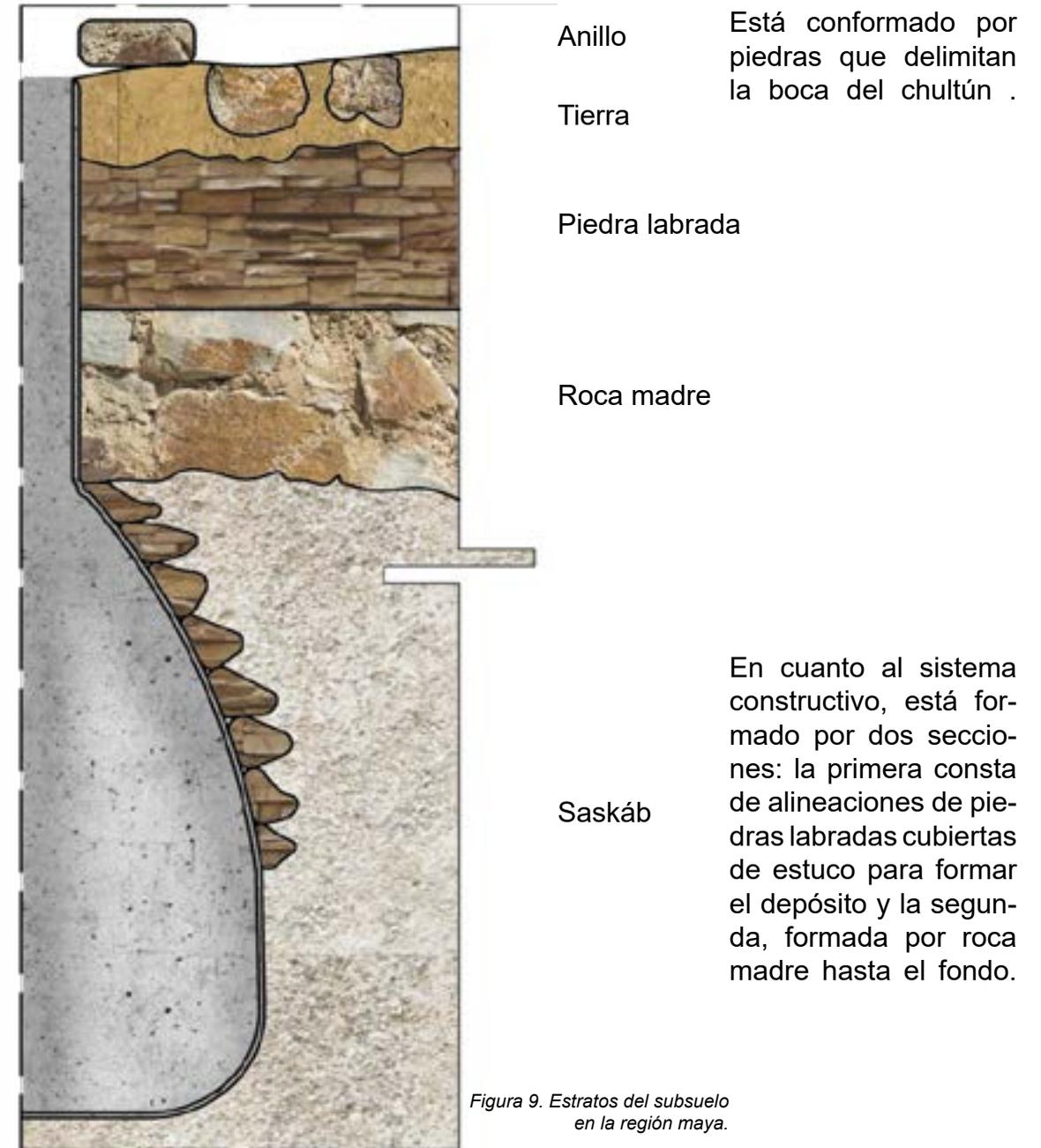
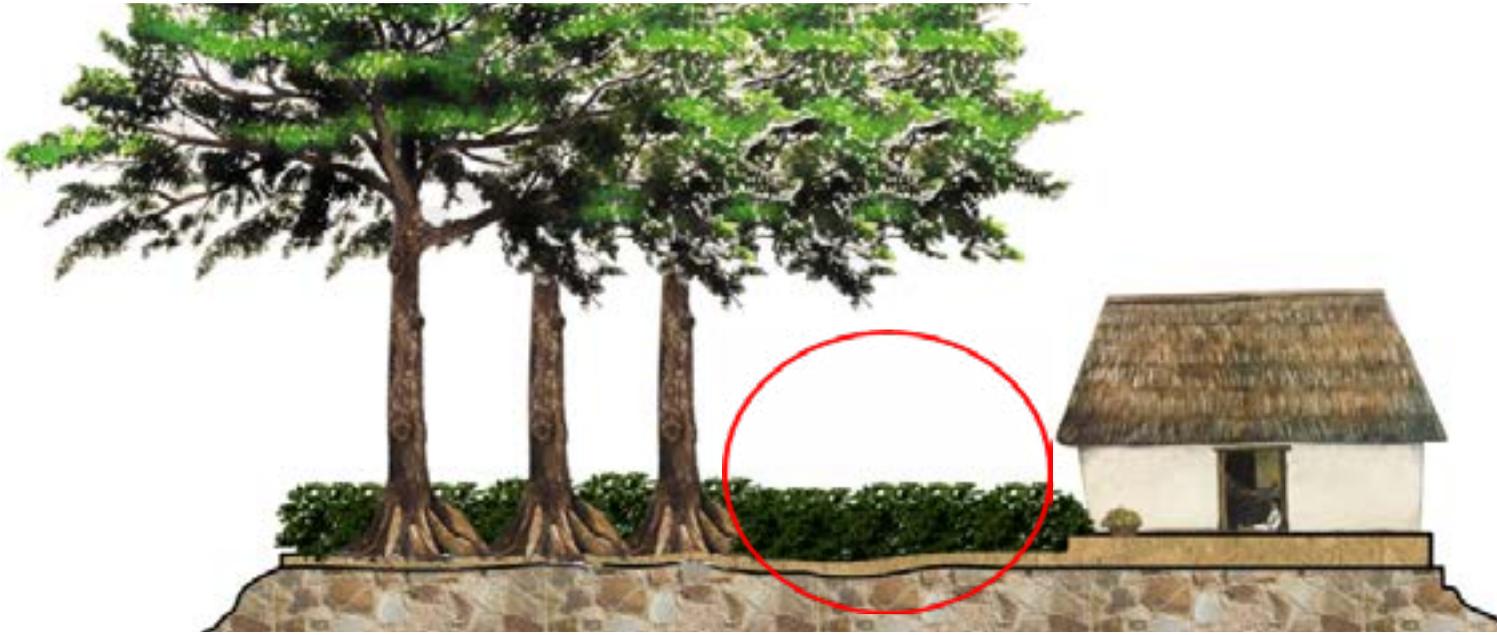
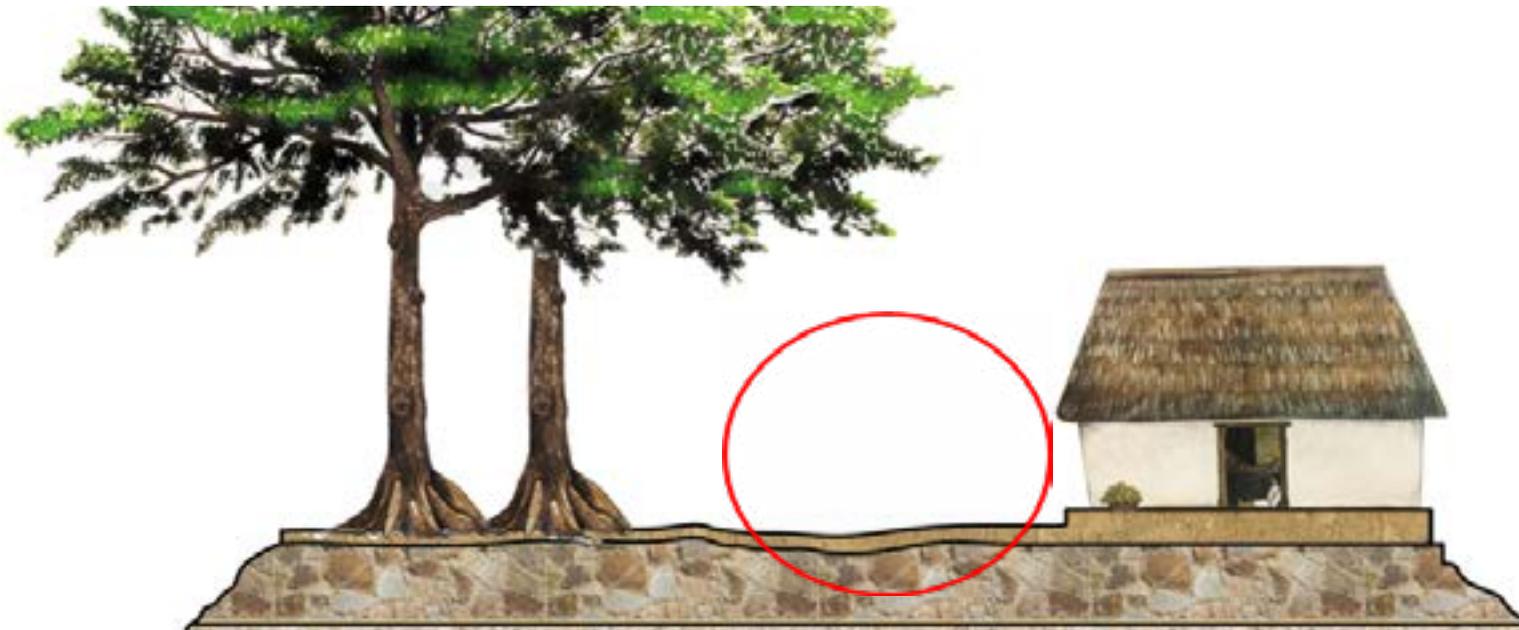


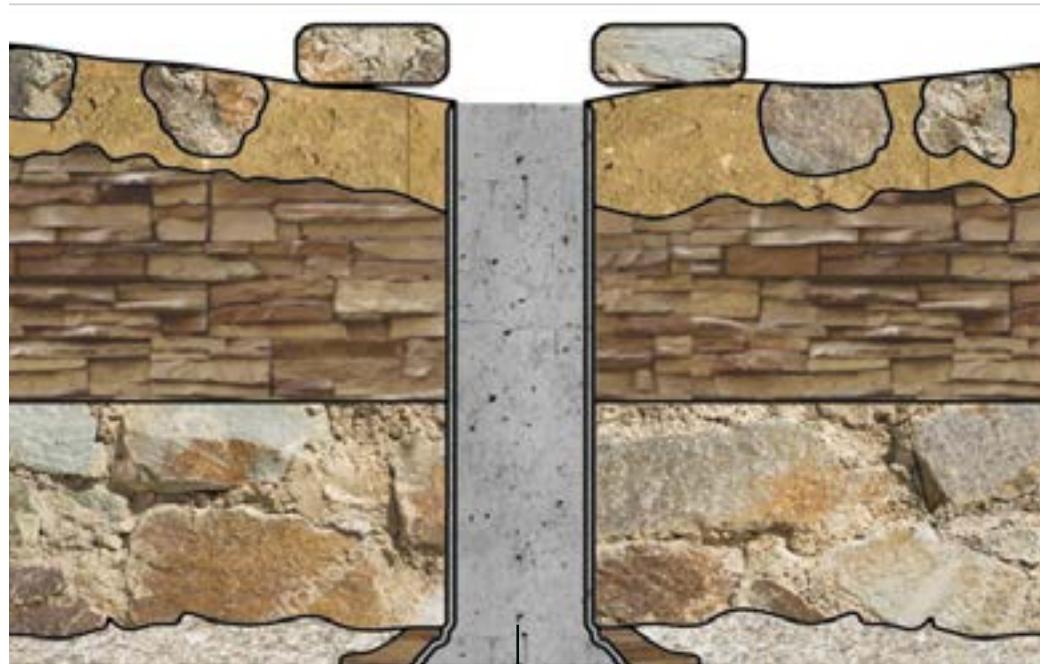
Figura 9. Estratos del subsuelo en la región maya.

1.2.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE UN CHULTUN

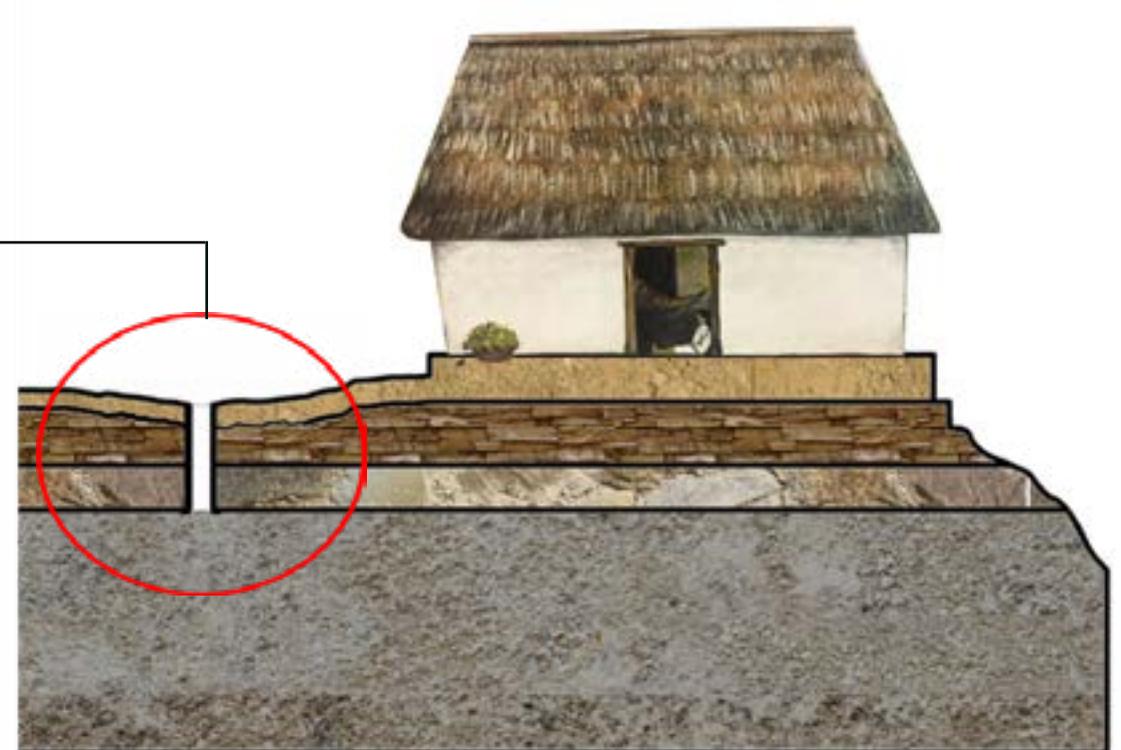


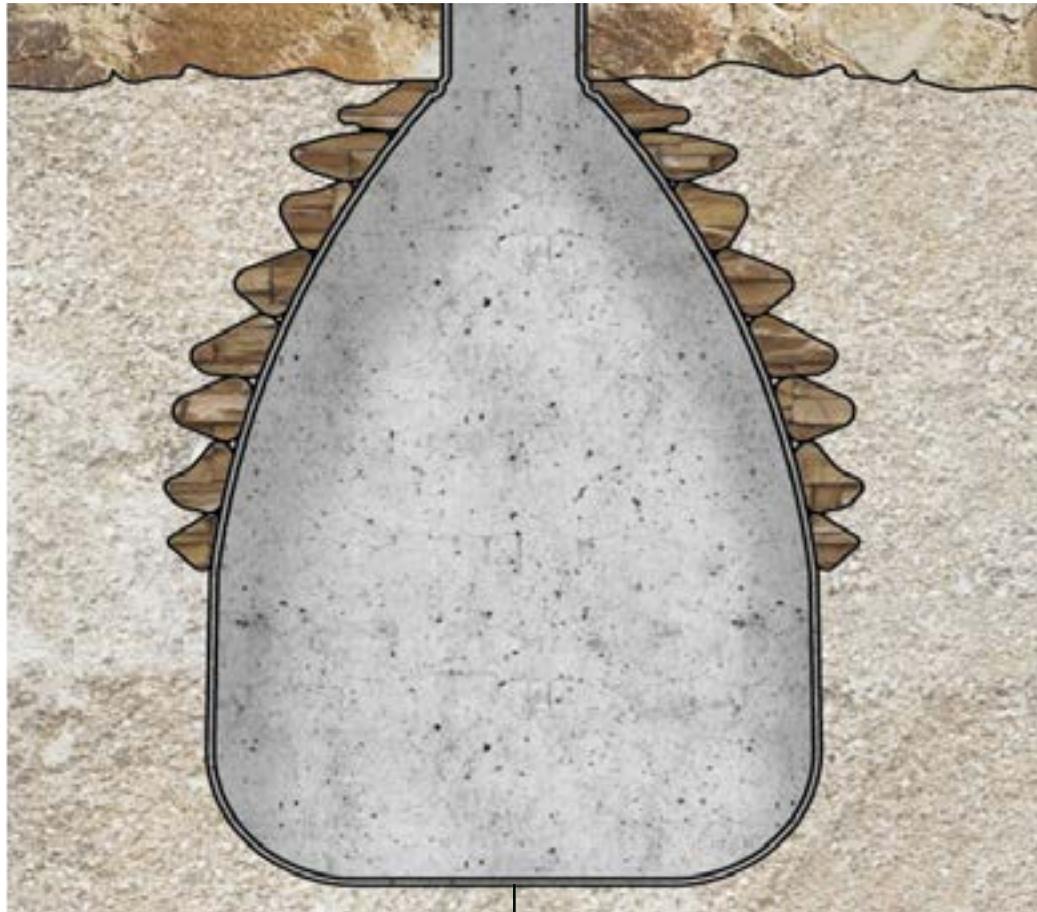
1. Se realiza una limpieza del terreno retirando la capa vegetal de la superficie hasta llegar al material pétreo.



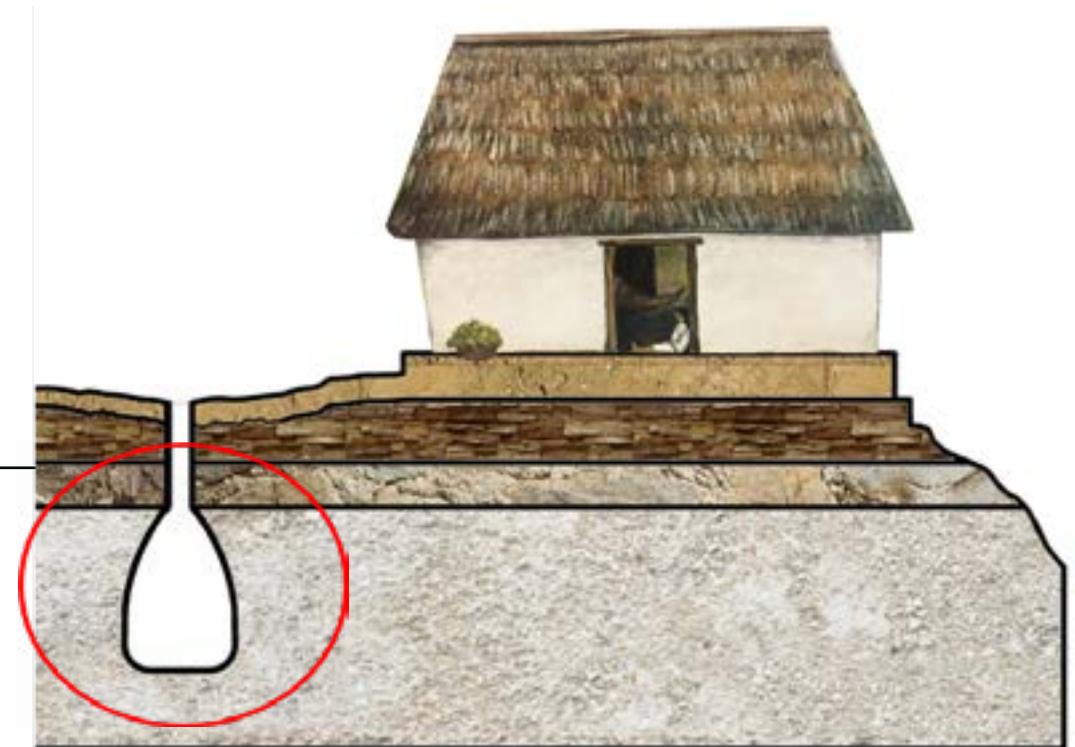


2. Para la elaboración del cuello se hace la perforación hasta llegar al estrato de sas-kab, en el cual se empieza la excavación para formar el cuerpo del depósito o cámara.





3. Se le da la forma a la cámara de acuerdo con lo que el terreno permita (campana, botellón, bóveda o amorfa) y las paredes son recubiertas con estuco a base de cal, el cual cumplía la función de aplanado y de impermeabilizante





4. Se construía el brocal de mampostería para contener la capa vegetal.

5. Se formaba la boca circular la cual podía tener perforaciones laterales para recibir el agua de la superficie de captación.

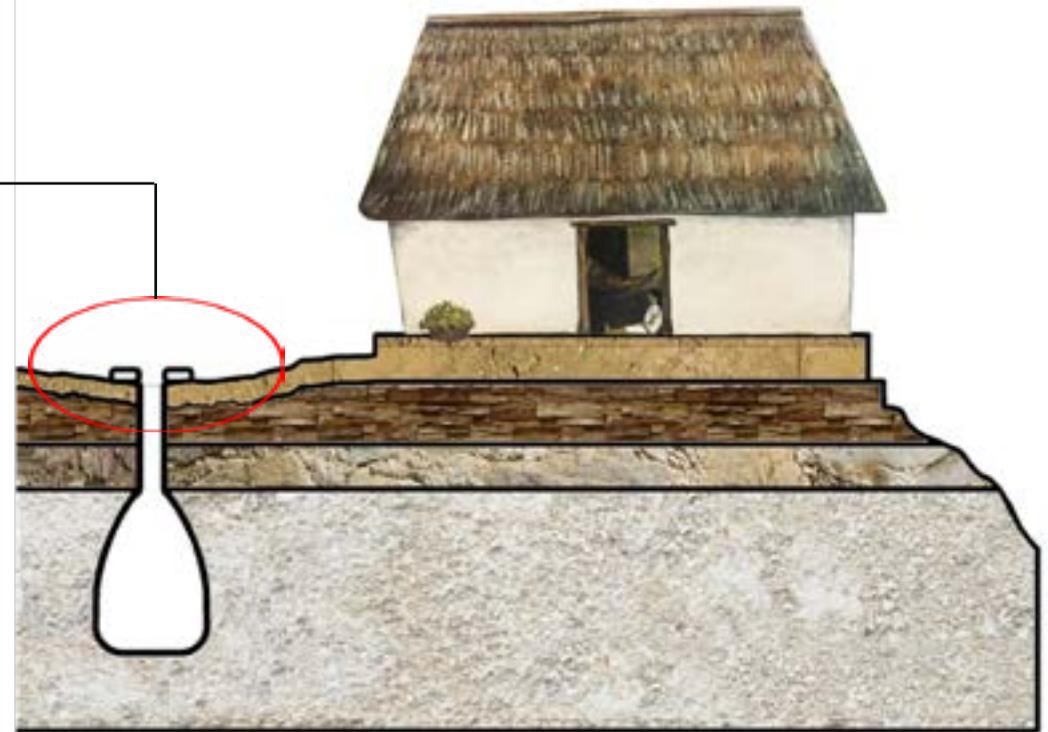


Figura 10. Procedimiento constructivo de un chultun.

Existe evidencia arqueológica de canaletas en forma de falos que unían usos prácticos de canalización de agua y elementos simbólicos identificados con la fertilidad (Zapata, 1989 citado en Rojas, T., 2009).

Derivado de la forma troncocónica de los chultunes, creo que hacen referencia a la matriz o útero femenino, es decir, en donde se origina la vida y el agua es un elemento que se asocia con la vida; además, al ser subterráneo hace referencia al axis mundi, es decir, representa la conexión entre el mundo terrestre y el inframundo.

Además de ser utilizados para la captación y almacenamiento del agua, también fueron utilizados para el almacenamiento de granos en la zona maya y en otras zonas de Mesoamérica. Los depósitos subterráneos con forma troncocónica tuvieron otras funciones, por ejemplo: el Altiplano Central tenía la función de almacenar desechos y en la zona de Cuicuilco hay vestigios de que se utilizaban estas perforaciones para entierros humanos.

Algunos chultunes arqueológicos se encuentran en Chichen Itzá, Uxmal, Labná, Yakaxiú, Ichpich, Umán, Chacmultún, Kom, Xcanalheleb, Xkichmook, Chuncanab y Sayil. Siendo Chichen Itzá y la región del Pucc en donde se localizan la mayoría de chultunes.

En el caso de Chichen Itzá se caracterizan principalmente por presentar una inclinación en el terreno, provocando así un escurrimiento del agua hacia la boca del chultún.

El perímetro era rodeado de piedras, formando círculos concéntricos, de un radio aproximado de 1.30 metros. La mayoría comienza el depósito inmediatamente después de la bóveda creando una formación troncocónica de fondo semicircular.

En cambio, en la zona del Pucc, el depósito está conformado de saskab “tierra blanca y caliza de que se compone gran parte del subsuelo de Yucatán, empleada en las obras de albañilería, mezclada con la cal, para hacer la argamasa” (consultado en Suárez Molina, 1996) o caliza arenosa con aplanados de estuco a manera de impermeabilizante.

1.3 JAGÜEYES

Los jagüeyes se clasificaban de acuerdo con su tamaño y, además de abastecer de agua a las viviendas, también eran utilizados para la irrigación agrícola. Se podría pensar que conforme a su tamaño tenían un uso, es decir, los más grandes para la irrigación y para uso colectivo de una comunidad, y solamente los de menor tamaño para uso doméstico, ya que el agua ahí almacenada era acarreada hasta las viviendas y guardada en depósitos como pilas, olla y tinajas.

Eran abastecidos mediante el agua de lluvia, eran aprovechados los encharcamientos producidos por los escurrimientos de las laderas de los cerros.



Figura 11. Jagüeyes

Se localizan cerca de cerros para aprovechar los escurrimientos de las laderas y se cree que fueron utilizados en la zona del Altiplano Central y al sur del país; principalmente, en zonas áridas y geográficamente óptimas de acuerdo con las características antes mencionadas.

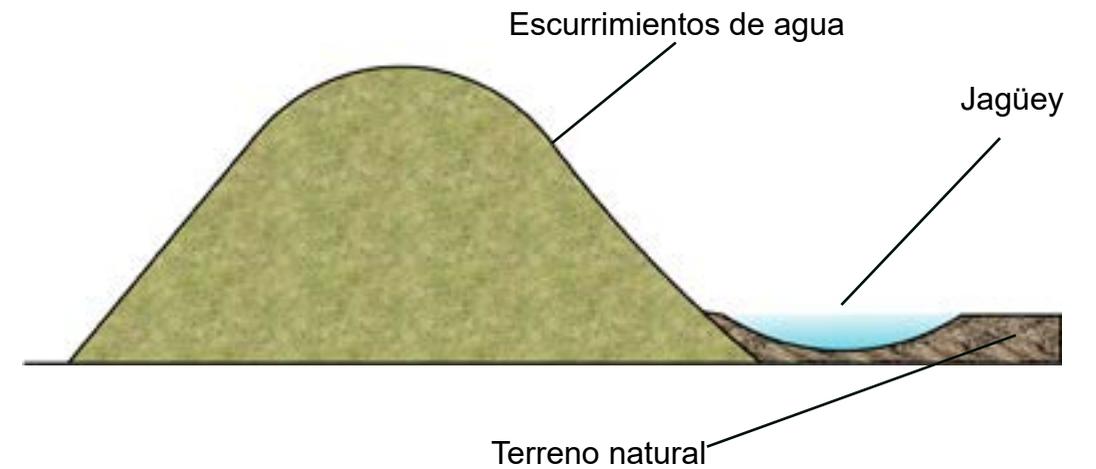


Figura 12. Detalle esquemático de un jagüey

1.3.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LOS JAGÜEYES

- Al parecer los jagüeyes prehispánicos estaban hechos de piedras y argamasa (cal, arena y agua).
- Se realizaba una limpieza de terreno, generalmente se usaban terrenos cercanos a cerros o laderas para aprovechar el escurrimiento natural del agua de lluvia.
- Se hacía una excavación el terreno con forma circular u ovalada, esta podía tener entre 7 y 96 metros de diámetro y entre 5 y 10 metros de profundidad.
- Se colocaba piedra y un recubrimiento de argamasa que es una mezcla de cal, arena y agua, en conjunto funcionaban como una especie de muro de contención.

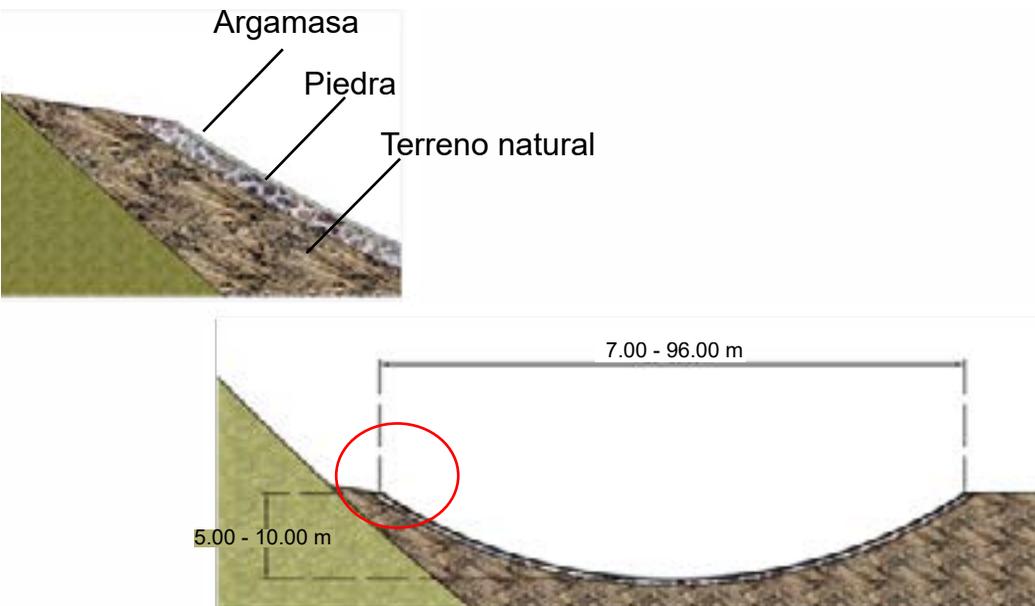


Figura 13. Detalle de un jagüey

Los jagüeyes localizados en Hidalgo y Morelos son un conjunto de veinte jagüeyes con forma circular u ovalada, de entre 5 y 10 metros de profundidad y diámetros de entre 7 y 96 metros. En ambos casos se permite apreciar sus características técnicas, así como los canales utilizados para conducir el agua de lluvia, también se nota la división de usos, por ejemplo: algunos eran destinados al lavado de ropa o para uso de los animales, mientras que otros se utilizaban para consumo humano.

Un jagüey es un claro ejemplo de la observación del ser humano, empleada para sacar el máximo aprovechamiento a los recursos naturales y conservar la armonía entre el medio ambiente y las creaciones del hombre.

1.4 TINAS

Son recipientes hechos de piedra basalto utilizadas para suministrar agua, se caracterizan por tener forma de “U”. Formaban parte de una red conformada por ductos que al ensamblarse formaban una red de canales.

Principalmente, empleaban la piedra basalto y el chapopote para su elaboración. Como en todas las culturas, influyó mucho la ubicación geográfica ya que esta civilización se instaló cerca de ríos, además de ser una zona de clima muy húmedo con lluvias abundantes, explotaron sus recursos naturales, pero uno que vale la pena destacar es el petróleo y su utilización, ya que es un avance y aporte tecnológico importante de la época prehispánica.

La cultura olmeca es considerada la primera en recoger y procesar el petróleo de los yacimientos naturales. Era utilizado en forma de chapopote para sellar o impermeabilizar y pegar acueductos de basalto entre otras funciones, tales como: sellar embarcaciones; decoración y ornamentación de algunos objetos; como material de construcción para recubrimiento de pisos y, posiblemente, de muros y techos.

El chapopote es el remanente de ciertos aceites crudos luego de la eliminación de sus componentes volátiles, en términos químicos, es una mezcla de hidrocarburos naturales complejos y elementos oxidantes (Wendt 2007).

La importancia del significado ideológico y simbólico del chapopote es insoslayable: es negro, brota de la tierra, tiene un olor penetrante, es inflamable, tiene claras asociaciones con el agua (acueductos, embarcaciones) y, en periodos más tardíos, se le asociará con el chamanismo. La distribución del chapopote arqueológico en zonas muy apartadas de sus yacimientos demuestra que los olmecas comerciaban con el chapopote fuera de la región del Golfo. Se han encontrado esferas pequeñas de chapopote y trozos modelados en excavaciones del Preclásico Temprano: en Tlatilco, Estado de México (entierro 154), había una esfera grande de chapopote, lo cual confirma el comercio a grande distancia. El chapopote siguió siendo un material importante incluso luego de la desaparición de los olmecas; hay evidencias de que, durante los periodos Clásico y Posclásico, algunos grupos en Veracruz, los toltecas y los aztecas lo utilizaron para la decoración de objetos, en la construcción, como impermeabilizante, pegamento, goma de mascar, incienso, para adorno corporal, como pintura y como combustible (Wendt 2007).

Acorde con evidencias arqueológicas, Gareth W. Lowe (2002) considera que en San Lorenzo los olmecas contaron con fuentes y albercas. Las uniones de estos canales en forma de “U” también fueron pegadas con chapopote para evitar al máximo la filtración, y encima de las piezas fueron colocadas tapas planas de piedra. En su investigación, Ann Cyphers (2004), remitiéndose a un ducto en particular, describe:

Este acueducto corre en sentido este-oeste al sur de la laguna 8. Tiene una pendiente que baja hacia el oeste y seis desagües hacia el sur que sirven para ajustar un alto flujo de agua.

La longitud del canal principal era de 171 metros y algunos de sus ramales se dirigían hacia las tierras bajas de la meseta.

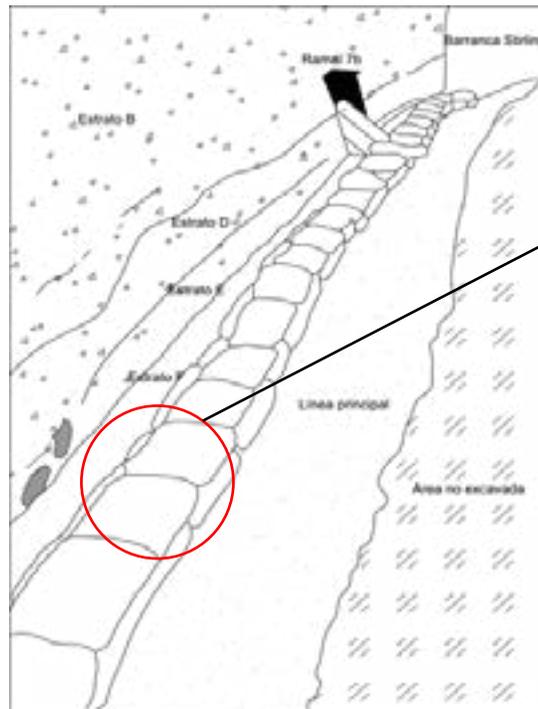


Figura 14. Esquema de un acueducto en San Lorenzo.



Figura 15. Detalle esquemático de un ducto olmeca.

En La Venta se han encontrado tinajas esculpidas en piedra basalto como parte de un sistema aparentemente de suministro de agua, y se tienen evidencias de ductos en forma de “U” vinculados con la Acrópolis Stirling del complejo A de La Venta. De acuerdo con Rebeca González Lauck (1995).

Estas piezas son idénticas a las encontradas en San Lorenzo. Conforme a los estudios arqueológicos realizados por Ann Cyphers (2016) indican que la ciudad cívica-ceremonial de La Venta contaba con acueductos presumiblemente para diversos fines prácticos, como puede ser desagüe, abasto de agua y riego. Debido a la importancia simbólica de esta ciudad y al estar circundada por sistemas fluviales, dichas obras hidráulicas seguramente tuvieron un papel ritual significativo en este espacio arquitectónico que, al mismo tiempo servía como sede de los gobernantes, construía el recinto donde se desarrollaban los dramas místicos y cosmogónicos, en los que el agua y sus fenómenos naturales asociados eran centrales para la ritualidad agropluvial.

Con los olmecas se desarrolló una estética de simbolismo complejo en torno al agua, la tierra y el poder; la cual se plasmó en su arquitectura, en la red subterránea de ductos de piedra basáltica y fuentes de agua, estelas monumentales, ofrendas, objetos preciosos y diversas piezas esculpidas en piedra y jade.

1.4.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS TINAS

- La piedra basalto era labrada hasta obtener la forma de “U”.
- Los tramos eran pegados entre si e impermeabilizados con chapopote.
- En ocasiones se colocaba una placa de piedra basalto que cumplía la función de una tapa.

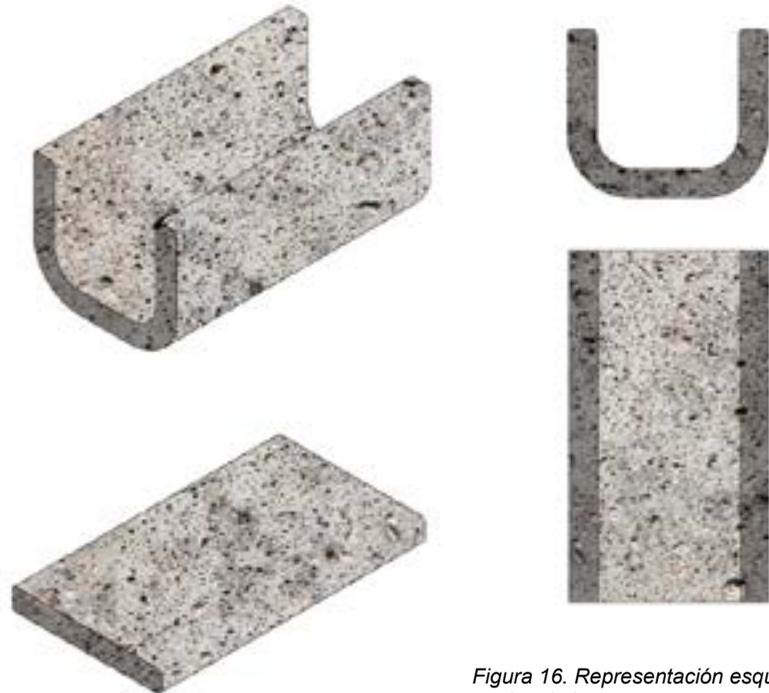


Figura 16. Representación esquemática de las partes que representan un ducto.

En la meseta de San Lorenzo existe un sistema hidráulico complejo. De acuerdo con Beatriz de la Fuente (1975) se han identificado una veintena de cuerpos de agua con formas geométricas irregulares modificadas artificialmente.

Algunos de estos sistemas son muy antiguos como el caso de La Venta y San Lorenzo, dos sitios olmecas donde sus habitantes emplearon tubería de barro y acueductos subterráneos de piedra basáltica labrada, cuyos tramos se ensamblaron con chapopote o bien mezcla, algunos con tapa, así como también alcantarillas de piedra.



Figura 17. Ductos de piedra con tapa procedentes de San Lorenzo, Veracruz.

En San Lorenzo se tiene evidencia de construcción de terraplenes que, al mismo tiempo que servían como diques contra inundaciones, eran usados como vías de comunicación y enlace fluvial (Cyphers, 1997 citado en Rojas, T., 2009). La plataforma natural de San Lorenzo fue transformada por la mano del hombre, lo que implicó la manipulación de miles de metros cúbicos de tierra. La meseta también fue modificada mediante terraceos y nivelaciones que implicaron el acarreo y manejo de toneladas de tierra y la realización de rellenos en arroyos y barrancos (Lowe, 2002 citado en Rojas, T., 2009).

Probablemente, estas canalizaciones fueran usadas para desaguar los depósitos de lluvia, evitar las inundaciones y, tal vez, las aguas de desecho. En San Lorenzo estas instalaciones hidráulicas se combinaron con pozos y diversos tipos de depósitos de agua, superficiales y subterráneos (Coe, 1968; Heizer, 1968 citados en Rojas, 2009).

1.5 DEPÓSITOS PLUVIALES DOMÉSTICOS

En cuanto a vivienda, podemos mencionar diversas formas de almacenamiento algunas de ellas son: las cisternas subterráneas; recipientes de barro de diversas capacidades que van desde los cántaros y tinajas hasta ollas y que podrían ser subterráneos o superficiales; e instalaciones como pilas, piletas y pilancones. Los materiales organizados fueron barro, cal y canto, piedra, argamasa y estuco.



Figura 18. Vasijas y recipientes de barro.

1.6 CENOTES

El suelo de la península de Yucatán es calcáreo, pedregoso y con presencia de lajas. En su orografía dominan las planicies con elevaciones y cerros bajos que no rebasan los 500 metros sobre el nivel del mar; por su propia geoestructura carece de corrientes pluviales significativas. La precipitación pluvial oscila entre los 400 a los 1300 milímetros anuales. La mayor parte de sus cuerpos de agua son subterráneos y, por efectos de disolución y rupturas en sus rocas kársticas altamente permeables, quedan al descubierto los acuíferos, nombrados a partir de la lengua maya “cenotes”. Desde el preclásico, los asentamientos mayas supieron sacar ventajas a los yacimientos de agua acumulados en el subsuelo.

El impresionante número de cenotes registrados hasta la fecha en la zona es de alrededor de ocho mil. Estas cavernas con depósito de agua fueron estratégicas para el establecimiento de aldeas y ciudades. Los cenotes eran parte del paisaje ritual de las ciudades mayas y se consagraban a rituales específicos. Ejemplo de ello es el cenote de Chichen Itzá, el cual formó parte de un escenario sagrado delimitado por un sacbé (“palabra maya: sac significa ‘blanco’ y be ‘camino’. El sacbé era blanco debido al recubrimiento de cal que cubría su base de piedras” Portillo, 2015) que lo une con una plaza principal. Este cenote servía para ofrendas rituales, y tuvo modificaciones y adaptaciones realizadas por ingenieros y arquitectos mayas:

El borde rocoso de pozo, especialmente el lado sur, fue debidamente acondicionado, al grado de mostrar una especie de gradería a dos niveles, tal vez para el mejor acomodamiento del público que participaba en las ceremonias; ahí había un edificio compuesto de dos cuartos, cada uno con una entrada hacia al oriente y

Los mayas realizaron mejoras y adaptaciones en los cenotes, encaminados a su conservación, a tener un mejor acceso e incorporar el uso ritual. Al secarse podía utilizarse el agua ahí almacenada, pero resulta relevante mencionar que aplicaron la ingeniería para ampliar y asegurar la captación y conservación del agua. Es el caso que reporta Gallareta, de construcción de pozos prehispánicos en el fondo de las rejolladas (Gallareta, 2007 citado en Rojas, T., 2009).



Figura 19. Cenote sagrado de Chichen Itzá.



CAPÍTULO II

CONDUCCIÓN, CONTROL Y DRENAJE DE AGUA PLUVIALES PARA EVITAR INUNDACIONES O PARA DESHECHO DE AGUAS “NEGRAS”

Figura 20. Piedra del Sol, escultura en el Museo Nacional de Antropología, México. Fotografía y edición: Selene Ramos

En lo que respecta a la conducción, las evidencias más detalladas indican que las tomas se hacían encauzando las corrientes con bordos-cortinas hechos de tierra, piedras, estacas, ramas y céspedes con presas derivadoras flexibles y luego con canales de tierra o recubiertos.

2.1 ACUEDUCTOS

Las formas de los canales desarrollados en Mesoamérica fueron, en orden cronológico, las siguientes: en corte y en forma rectangular, trapezoidal, en “U” y escalonado. Más tarde apareció la forma de “V”. (Doolittle 1900:8 citado en Rojas, T., 2009).

Se cree que existió un sistema de compuertas el cual consistía en obstrucciones con tierra y piedras o bien deslizantes.



Figura 21. Compuertas con glifos. Códice Cozcatzin.



Figura 22. Acueducto monumental de Teopantecuanitlán

Teopantecuanitlán es un sitio con marcados rasgos olmecas. En esta región hay antecedentes de asentamientos humanos desde el año 1400 a.C. Los olmecas ocuparon esa área entre el 1200 al 600 a.C. Dicho poblado prehispánico tuvo tres fases de construcción reflejadas en el recinto templario principal de la zona, donde se ubica el parque hundido.

Primera fase:

- Dimensión de 32x26 metros, construido de barro amarillo arcilloso y limitado por un muro del mismo material; contaba con escaleras dobles.

Segunda fase:

- El patio hundido fue cercado por muros contruidos con bloques pétreos ensamblados.
- Se construyeron dos tuberías para desagüe en sus lados sur y norte, consistentes en ductos hechos de roca basáltica en forma de “U”, cubiertos con tapas de piedra y que al conectarse formaban un canal de desagüe.

De acuerdo con los datos que reporta el geógrafo Doolittle (2004), la presa tenía una longitud de 30 metros y elevación,

2.1.1 ACUEDUCTOS DE TIERRA, BAJOS Y CORTOS

a partir de su centro de tres metros. La capacidad del embalse era posiblemente de 20x30 metros. El canal tenía una longitud de más de 300 metros y estuvo compuesto por pesados bloques de piedra empotrados tanto en sus lados como en la base del suelo. Martínez (2009) refiere que el ancho del canal tenía de 60 a 90 centímetros y su altura variaba entre 90 y 150 centímetros, por lo que podía soportar como carga un poco menos de un metro cúbico de agua.

Tercera fase:

- El patio hundido desapareció para ser sustituido por una simple plataforma con una explanada al frente, y el canal quedó prácticamente oculto bajo nuevas construcciones, los elementos introducidos reflejan una relación arquitectónica tanto en la costa del Pacífico como con la del Golfo (Rojas Rabiela, Martínez Ruiz, & Murillo Licea, Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico, 2009).

En aquellos casos en que la abrupta topografía del terreno con desniveles o pendientes lo exigía, se construyeron monumentales acueductos de taludes de piedra y tierra.

A diferencia de otras poblaciones los mexicas no solo se abastecían del agua de lluvia, sino que contaban con cuerpos de agua permanentes (lagos y manantiales). Por lo tanto, era necesario la construcción de infraestructura adecuada para su aprovechamiento, así comenzó la construcción de acueductos; estos pasaron por tres etapas.

Acueductos hechos de troncos y varas entrelazadas, con piedras, tierra y céspedes, cuya finalidad era rellenar y atravesar barrancos. Acueductos sobre taludes hechos de cal y canto, y estucado.

De los acueductos más conocidos y estudiados pertenecen al periodo posclásico y son un ejemplo del tercer tipo el acueducto de Chapultepec, el de Acuecuexco y Tetzcotzingo. Siendo los dos primeros para abastecer agua a la gran urbe y el tercero de usos combinados tales como la irrigación, recreación y abastecimiento.

Acueducto de Chapultepec

Corría desde el cerro de Chapultepec hasta la ciudad de Tenochtitlán. Contaba con dos caños, uno era utilizado para la conducción de agua y el otro para el mantenimiento del acueducto.

Según algunos cronistas como Torquemada, los primeros tlatoanis mexicas aún no practicaron cultivos agrícolas en el lago, ya que su dieta se fundamentaba en la caza y la pesca, pero sí ofrecían parte de los recursos obtenidos del lago como tributo al pueblo tepaneca. Pero no es hasta Izcóatl (1427-1440) que las "sementeras" o chinampas son ofrecidas como tributo a los tepanecas.

Es por ello por lo que se suele poner en relación la aparición de las chinampas con el surgimiento de obras de infraestructura hidráulica, concretamente con la construcción del acueducto de Chapultepec, que proveía de agua dulce a la ciudad. Después de la derrota de los tepanecas, Izcóatl mandó construir la primera obra de considerables dimensiones, la gran calzada, que al parecer tuvo dos funciones: como medio de comunicación y como dique para detener las invasiones del agua salada. A lo largo del tiempo se fueron incrementando y perfeccionando las obras hidráulicas, casi siempre motivados por algún desastre climático.

En 1449, el tlatoani Nezahualcóyotl dirigió la construcción de un dique-calzada, también llamado albarradón, que no sólo fue el remedio para la fuerte inundación, sino que, a su vez, subdividió el Lago de Texcoco. Nezahualcóyotl, mandó a construir un nuevo acueducto para proveer de agua dulce a Tenochtitlan, empresa seguida por su sucesor; Ahuízotl (1486-1502), que después de una fuerte inundación en 1499 al Este de la isla de México, mandó construir el segundo dique o albarradón. Este mismo gobernante, prolífico en cuanto a la construcción de elementos hidráulicos, mandó edificar otro acueducto.

Bernal Díaz del Castillo, en La Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España relata con detalle lo que presencié: acequias por las que navegaban canoas, no sólo como sistema de transporte por agua sino también con fines militares.



Figura 23. Representación colonial de la construcción del acueducto de Chapultepec, dirigida por Nezahualcóyotl hacia 1466.

Se refiere con asombro a la calzada de Iztapalapa-México, también hace referencia a puentes por donde entraba y salía el agua del acueducto que traía este recurso de Chapultepec, que va a ser identificado como un elemento vulnerable del sistema hidráulico tenochca y, por ende, bloqueado por Cortés antes de la guerra y evitar así que llegara agua dulce para abastecer a la ciudad.

También de puentes o compuertas levadizas de madera que contenían el agua y de calzadas-dique que, al parecer, no solo tenían como evitar que se mezclaran las aguas salobres

con las dulces de la laguna, sino que también las mantenían en niveles diferentes. Paralelamente, dichas compuertas parecen estar atestiguadas en algún que otro manuscrito de la época de la colonia temprana, pues hay algunas evidencias gráficas de lo que pudieron ser compuertas que permitían o cerraban el paso de algunas presas.

Proceso constructivo del acueducto de Chapultepec

Su cimentación era a base de estacas de madera, supongo que de trocos de ahuejotes, semejante a lo que hoy conocemos como pilotes. También de utilizaban arboles (también ahuejotes) que servían para contener el terreno, se colocaba una capa de tezontle, cal y piedra para mejorarlo, y se construía un talud de mampostería de cal y canto a modo de base sobre la cual se colocaban los caños que conducían el agua, colocando tablonés a los costados para el paso peatonal.

Este acueducto fue descrito con gran detalle por los primeros conquistadores y por cronistas posteriores, además que diversos

arqueólogos han excavado secciones de este. Se creó durante el gobierno de Moctezuma Ilhuicamina cuando el canal de tierra que conducía el agua de los manantiales de Chapultepec se transformó en el acueducto con doble canal que los europeos conocieron, y cuya concepción se atribuye a Nezahualcóyotl. El Codex Mexicanus registra a Nezahualcóyotl con un uictli o coa de hoja en la mano dirigiendo las obras (Lám. 68). La versión de los Anales de Cuautitlán es de interés especial porque relaciona el comienzo del trabajo forzoso en obra pública en Tenochtitlan.

Según el arqueólogo Felipe Solís (2002:37) el agua de manantial de Chapultepec se almacenaba en albercas o depósitos y de allí se conducía al acueducto, así como a otros en el interior del sitio.

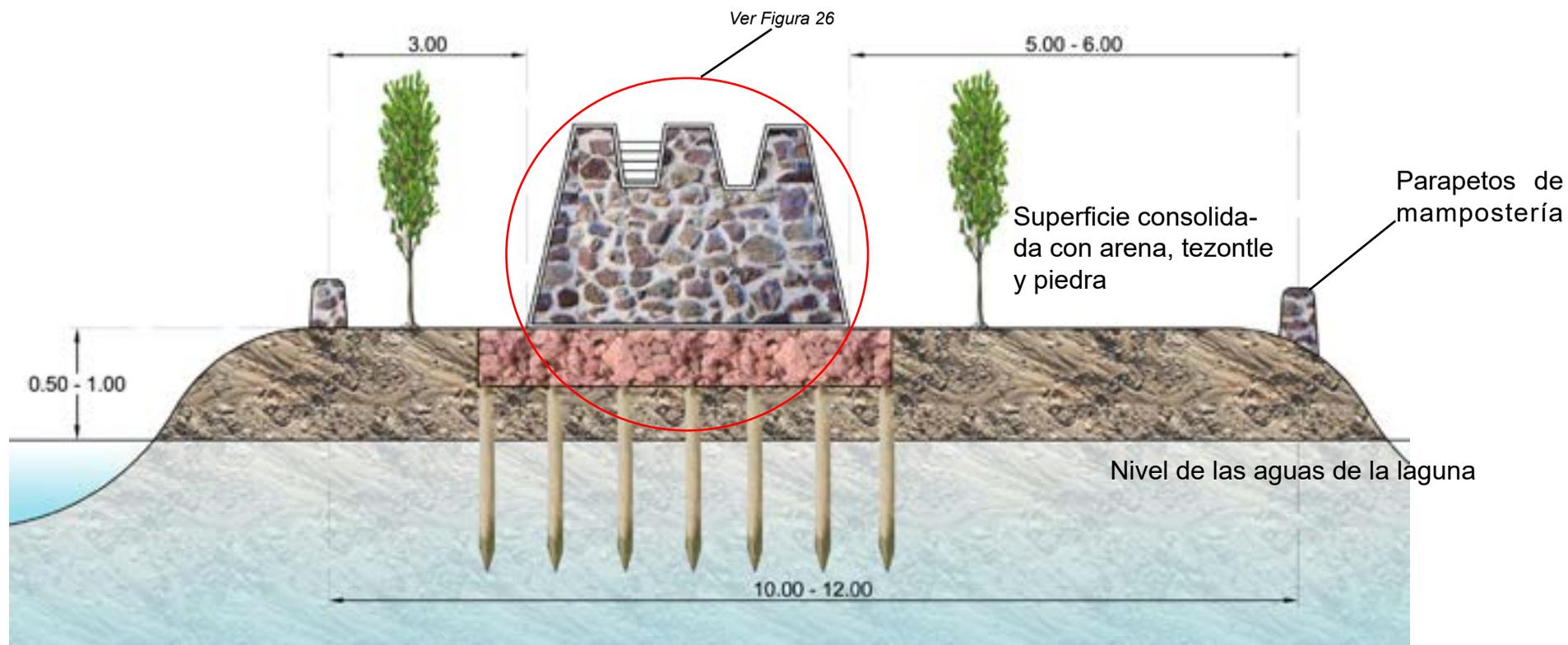


Figura 24. Esquema de calzada y acueducto de Chapultepec

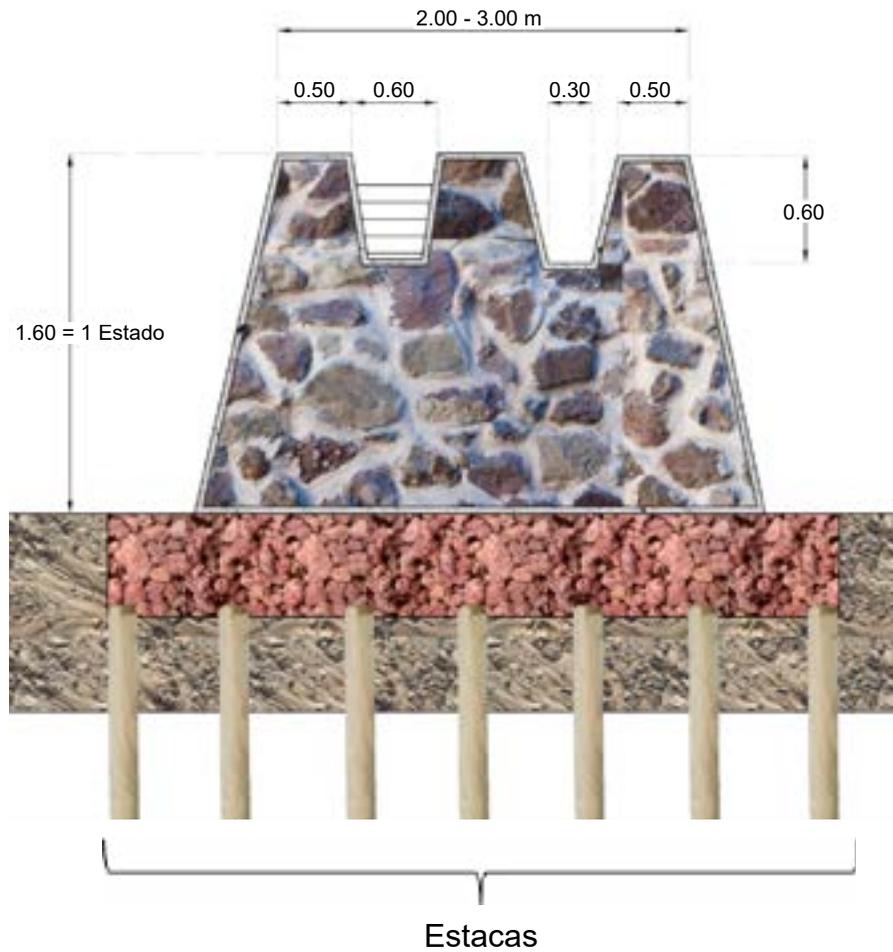


Figura 25. Detalle del acueducto de Chapultepec

El conquistador Hernán Cortés, lo describió con cierto detalle en su segunda carta de relación que escribió al emperador (20 de octubre de 1520), poniendo énfasis en la existencia de dos caños: uno para conducir agua y otro para darle mantenimiento

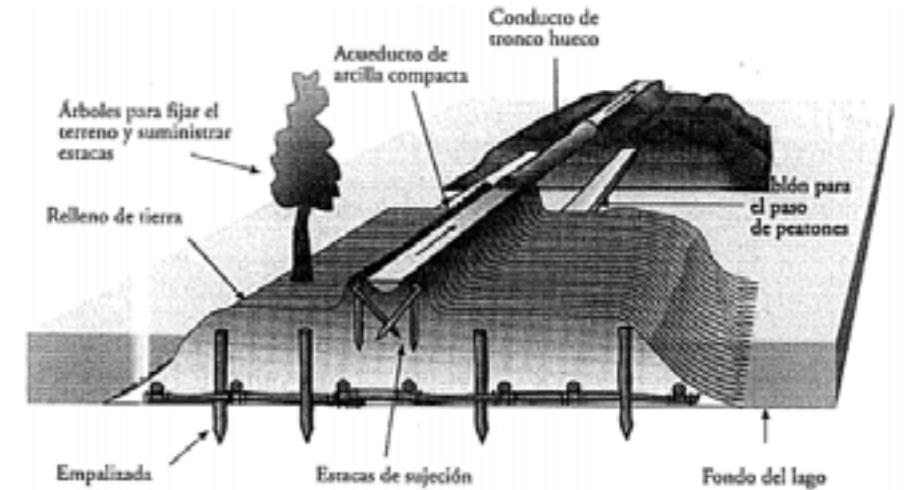


Figura 26. Representación esquemática del primer acueducto de Tenochtitlan de un solo canal o ducto.

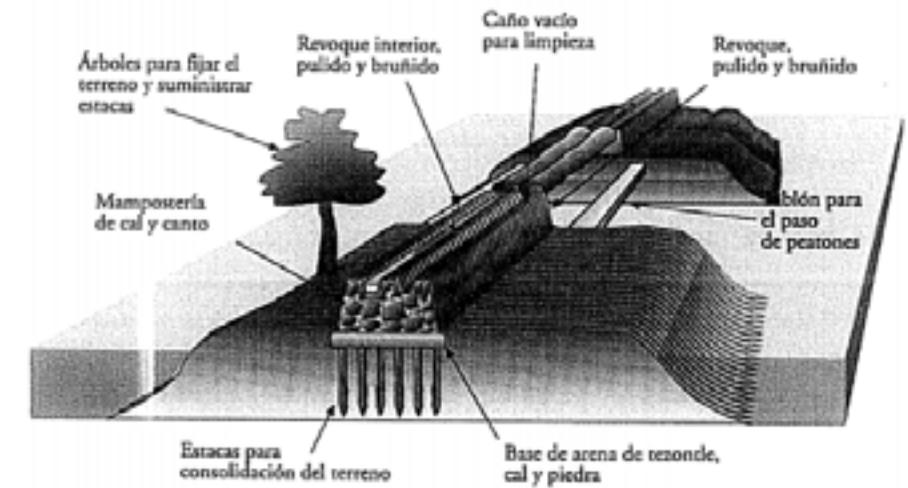


Figura 27. El nuevo acueducto de Tenochtitlan, con dos canales. Dos etapas constructivas del acueducto de Chapultepec.

Acueducto de Acuecuéxcatl

La historia de este acueducto se vincula con el tlatoani Ahuizotl, quien gobernó Tenochtitlan de 1486 a 1502, el principal motivo para la construcción de dicha obra fue que “era mucha” el agua de los manantiales de Acuecuexco. Según Tzutzumatzin señor de Coyoacán, se cree que había una organización laboral para realizar dicha obra, el intento fue fallido pues la conducción provocó una gran inundación en la ciudad. El episodio tuvo cuatro fases básicas: la conducción, la clausura de los ojos de agua, medidas para salvaguardar a los habitantes de la ciudad por la inundación y la reconstrucción urbana a que dio lugar el desastre.

Según Fray Diego Durán:

Hicieron a estas fuentes una presa fortísima de argamasa, que, violentando el agua le hicieron subir con mucha fuerza, porque mandaron venir los mejores maestros que en todas las provincias se hallaron, y así acudieron [...] grandes maestros y buzos que bajaban a los manantiales del agua para limpiarlos y alegrarlos y a cerrar todos los desagaderos y venas por donde desaguaban (1967, t. II: 373)

Cada región acudió con materiales específicos: los de Texcoco con piedra pesada y liviana, los tepanecas con piedra pesada, los de Chalco con morrillos y estacas de madera para el cimientto y con arena de tezontle, los xochimilcas con instrumentos para sacar céspedes y con muchas canoas de tierra para cegar el agua,

los de “tierra caliente” con “innumerables” cargas de cal, los otomíes probablemente con piedra. El trabajo, al igual que la aportación de materiales, se dividió por provincias y cada provincia por pueblo.

El Códice Durán registra visualmente esta conducción y los rituales de acompañamiento: “De cómo el agua entró en México y del gran recibimiento que se hizo y de cómo se anegó México y huyó la gente de la ciudad” (Lám. 49 citada en Rojas, T. 2009).

2.2 PRESAS (FORMACIÓN DE LAGUNAS ARTIFICIALES)

La capacidad de los prehispánicos para realizar obras hidráulicas con fines múltiples queda de manifiesto en algunas fuentes históricas, directamente relacionadas con la formación de lagunas artificiales mediante presas o bordos.



Figura 28. La "laguna" presa de Cohuatepec-Tula.

El sistema de irrigación de Monte Albán Xoxocotlán tuvo una vigencia que va del 550 a.C., se calcula el inicio de su construcción al 150 a.C., época cuando cae en desuso. Es en esa región que la innovación, el avance tecnológico hidráulico y las técnicas de irrigación alcanzaron uno de sus momentos de esplendor.

Este sistema irrigaba cincuenta hectáreas localizadas al pie de Monte Albán: el sistema estaba compuesto de una presa con embalse conectada a un canal de dos kilómetros que derivaba el agua a las tierras de cultivo (Doolittle, 2004 citado en Rojas, T., 2009). Siguiendo a Peña, el canal principal tenía dos secciones: una con un ancho de 80 centímetros por 25 de profundidad, y otro menor, de 30 por 12 centímetros. (Doolittle, 2004; R. Mason et al. 1977; Peña, 1998 citado en Rojas, T., 2009). En cuanto a la función de estos canales, el ingeniero Efrén Peña asume que "la pequeña correspondía a la operación de los años secos, con poco gasto para aumentar la eficiencia de la conducción los campos de cultivo eran terrazas, formadas por muros de piedra y mezclas, de una a tres hileras de altura" (Peña, 1998; R. Mason et al. 1977 citado en Rojas, T., 2009).

La cortina de la presa se eleva 10 metros y su pared se extiende en 80 metros de longitud. Como innovación tecnológica. Algunos ingenieros hidráulicos actuales han señalado que la planta de dicha presa tiene forma de "V" con vértice orientado hacia aguas arriba, lo que se conoce en tecnología hidráulica como "presas bóveda".

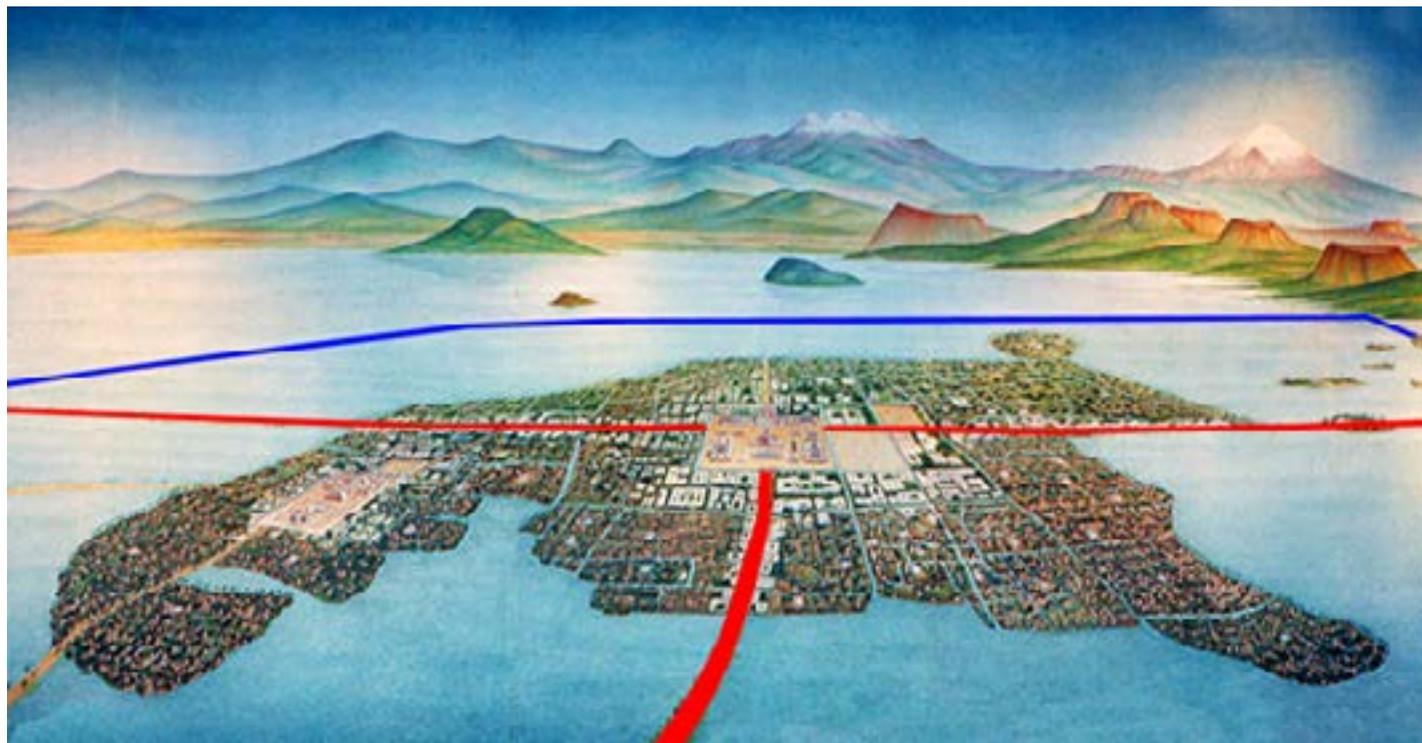
Aunque algunos ingenieros hidráulicos actuales han denominado que esta construcción se logró gracias a "un acercamiento intuitivo al funcionamiento de las presas bóveda" (Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2000), esta lógica de construcción no corresponde a la intuición de los constructores prehispánicos, sino que es la respuesta a un problema que refleja el grado de experiencia y avance del conocimiento tecnológico mesoamericano. Este avance tecnológico sitúa a la presa como un verdadero hito en la historia de la ingeniería hidráulica prehispánica ya que al ser la pieza más antigua que hasta la fecha se ha encontrado en todo el continente americano, colegimos que la compuerta se inventó en Xoxocotlán; sobre ello, afirma Doolittle (2004): "Hasta que no se demuestre lo contrario, las compuertas deben considerarse como originarias de este lugar". Además, el nivel superior de la presa fue revestido con bloques de piedras calizas apuntaladas con firmeza para contener los escurrimientos provenientes de ojos de agua y de la lluvia. Para cimentar la cortina se usó limo y piedra con una capa de caliza (Doolittle, 2004 citado en Rojas, T., 2009).

Por último, el hallazgo de un canal labrado en la roca, documentado por Roger Mason, y como bien anota Doolittle, es sobresaliente, ya que indica que los encargados de diseñar esta unidad de riego también eran capaces de tener una visión para planificar la irrigación.

2.3 CALZADAS

Las calzadas asociadas a la isla de México fueron las de Tepeyac, Tenayuca, Azcapotzalco, Tacuba, Chapultepec e Iztapalapa. Tanto del conquistador Hernán Cortés como del informante Bernal Díaz del Castillo, nos llegan algunas referencias históricas acerca de la función de las calzadas: ambos coinciden que servían de camino y que algunas de ellas también cumplieron otras funciones como diques o presas.

Las calzadas estaban hechas a partir de estacas, piedra y tierra de la laguna, siguiendo una técnica constructiva similar a la de las chinampas. Los estudios arqueológicos corroboran y profundizan en algunos de estos datos: estas calzadas estuvieron conformadas por un núcleo de arcilla o piedra que, en algunos casos, superaban los 15 metros de ancho. Además, se detectaron diferencias constructivas en función de su dirección dentro del lago de México o de Texcoco: por un lado, las calzadas que cruzaban el lago en dirección Este-Oeste fueron construidas con arcillas compactadas que terminaban en forma de talud, mientras un conjunto de puentes seccionaba de manera que el agua podía circular; por el otro, las que seguían la dirección Norte-Sur estaban hechas de piedra y apenas tenían cortes con puentes.



- Dique
- Calzada

Figura 29. Localización de las principales calzadas en la cuenca de México.

2.4 CANALES

El agua de los manantiales era reconducida a una red de distribución de canales y acequias que contaban con depósitos secundarios de almacenamiento del agua. Tanto los canales como los depósitos fueron debidamente impermeabilizados mediante estuco y calicanto, cumplieron las funciones de drenado y, en algunos casos, de navegación.

2.5 DRENAJE SUBTERRÁNEO

Teotihuacán es considerado como el principal centro hegemónico de poder en Mesoamérica durante el Periodo Clásico y es uno de los espacios en que se consolida con magnificencia el culto al agua. La importancia y significación del agua se representa en las pinturas del mural de Tepantitla, que simboliza el Tlalocan, según Alfonso Caso, lugar considerado como el paraíso del agua en la cosmovisión indígena.

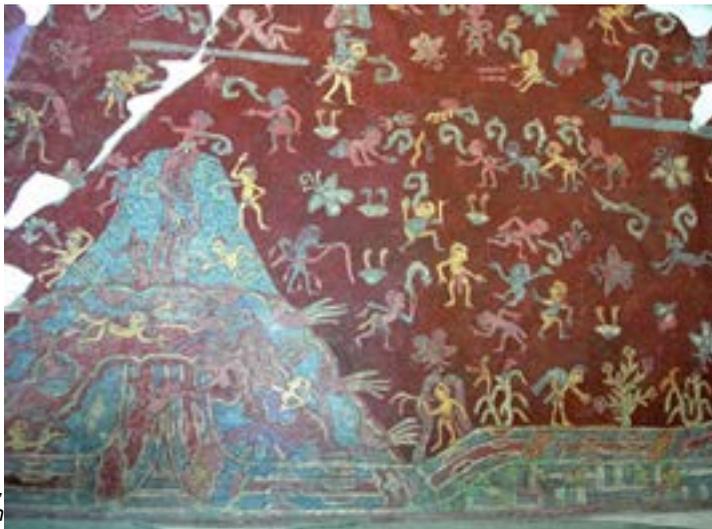
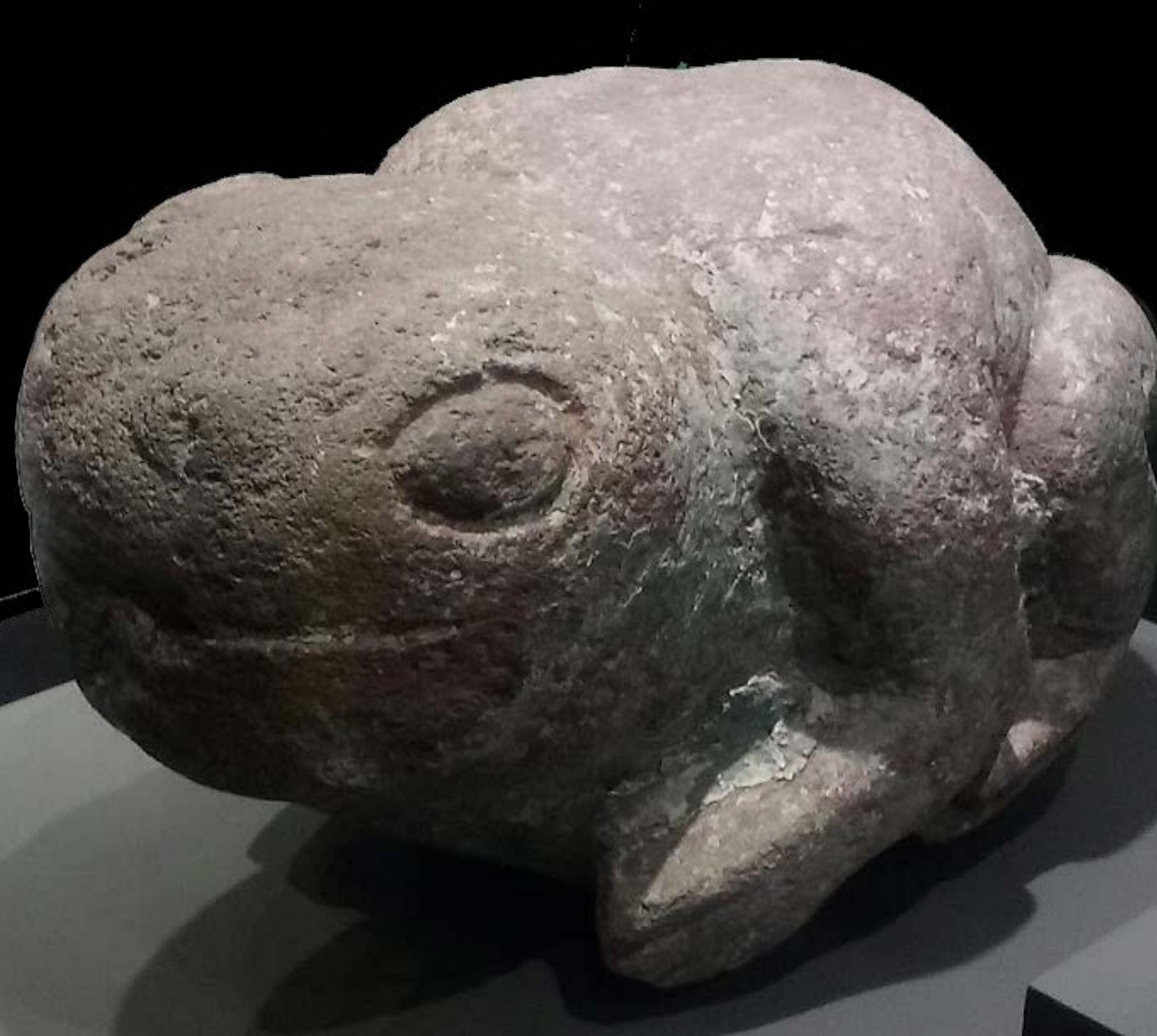


Figura 30. Mural de Tepantitla, Tlalocan

Resalta entre la obra hidráulica de Teotihuacán, la red de drenaje subterráneo que captaba el agua pluvial de los techos y las calles, conduciéndola a pozos absorción o desalojándola a las corrientes fluviales y estanques para el suministro de agua a la población urbana (Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2000).



Figura 31. Tetitla y su red de drenaje.



CAPÍTULO III

PROVISIÓN DEL AGUA PARA IRRIGACIÓN AGRÍ- COLA (CULTIVO)

Figura 32. Escultura en el Museo del Templo Mayor, México. Fotografía y edición: Selene Ramos

La mayoría de las antiguas ciudades mesoamericanas contaron con desagües subterráneos que corrían a través de los edificios y patios que, en ocasiones, se conectaban con canales externos superficiales de desagüe empleados para riego.

3.1 SISTEMAS DE RIEGO CON INSTALACIONES PERMANENTES O TEMPORALES

La irrigación permanente tuvo como base el agua de manantiales, ríos y arroyos de caudal constante. Las instalaciones básicas para el riego consistieron en presas, pero encuentro dos fundamentales con resultados eficaces en su época: almacenadoras permanentes y derivadoras efímeras o temporales; aun así como canales (de tierra, piedra, madera, barro, piedra con estuco, argamasa-calicanto), acueductos sobre taludes y tierra para conectar vanos entre barrancas, lomas, montañas y otros accidentes topográficos, depósitos o embalses secundarios cuya finalidad era de regular el flujo enviado por los canales y elevar el nivel para irrigar mayor cantidad de tierra, eran parte del gran sistema utilizado para el sostén de toda una civilización.

Se calcula que, en su momento de apogeo, la población de Teotihuacán era de 85 mil personas, por lo que uno de los factores de crecimiento tiene sus razones en la agricultura de humedad e intensiva por parte de los productores agrícolas sujetos al gobierno de Teotihuacán.

Entre las obras de irrigación confirmadas se halla el sistema localizado en la planicie de Tlajinga (Nichols, 1982 citado en Rojas, T., 2009), consiste en un sistema de irrigación compuesto de varios canales; uno de ellos media unos 900 metros de longitud y Doolittle resalta como un logro hidráulico la pendiente de 0.66 y el cambio de esta a 0.88% más adelante, con el propósito de aminorar la intensidad de flujo y propiciar un riego controlado (Doolittle, 2004 citado en Rojas, T., 2009).

Otras formas de cultivo correspondientes al bagaje cultural fueron las terrazas agrícolas y que, es altamente probable, se cultivaran chinampas en las cercanías de los cuerpos lacustres. En esta misma área se identificaron (por parte de exploraciones de campo realizadas por William Sander y confirmadas por Palerm y Wolf) obras prehispánicas —posteriores al periodo tolteca— que consistían en canales, diques semicirculares y, próximo a un canal, el hallazgo de un muro de contención, la parte baja de un cerro perteneciente al sistema denominado por Palerm como “Malinalco II”.

La razón constructiva de esta obra de captación radica en la irregular distribución del régimen pluvial, incluso en la temporada de lluvias, y en una misma unidad topográfica. La particularidad de esta práctica revela el conocimiento climatológico y el ingenio hidráulico para aprovisionarse del preciado líquido.

3.2 CHINAMPAS

Ubicada en la zona occidental del lago de Texcoco, proclive a las inundaciones de agua salada, los mexicas idearon y construyeron un sistema para contener las invasiones de agua salada en Tenochtitlán. Una vez controladas estas invasiones, aprovecharon para construir en el lago un original sistema de cultivo: las chinampas, también llamados “jardines flotantes”. Canales y acequias rodeaban estas chinampas, evitando que quedaran secas o que se inundaran, lo que proporcionaron, a la vez, la solución perfecta al transporte con canoas, ya que estas circulaban en medio de las chinampas y se desplazaban hasta tierra firme.

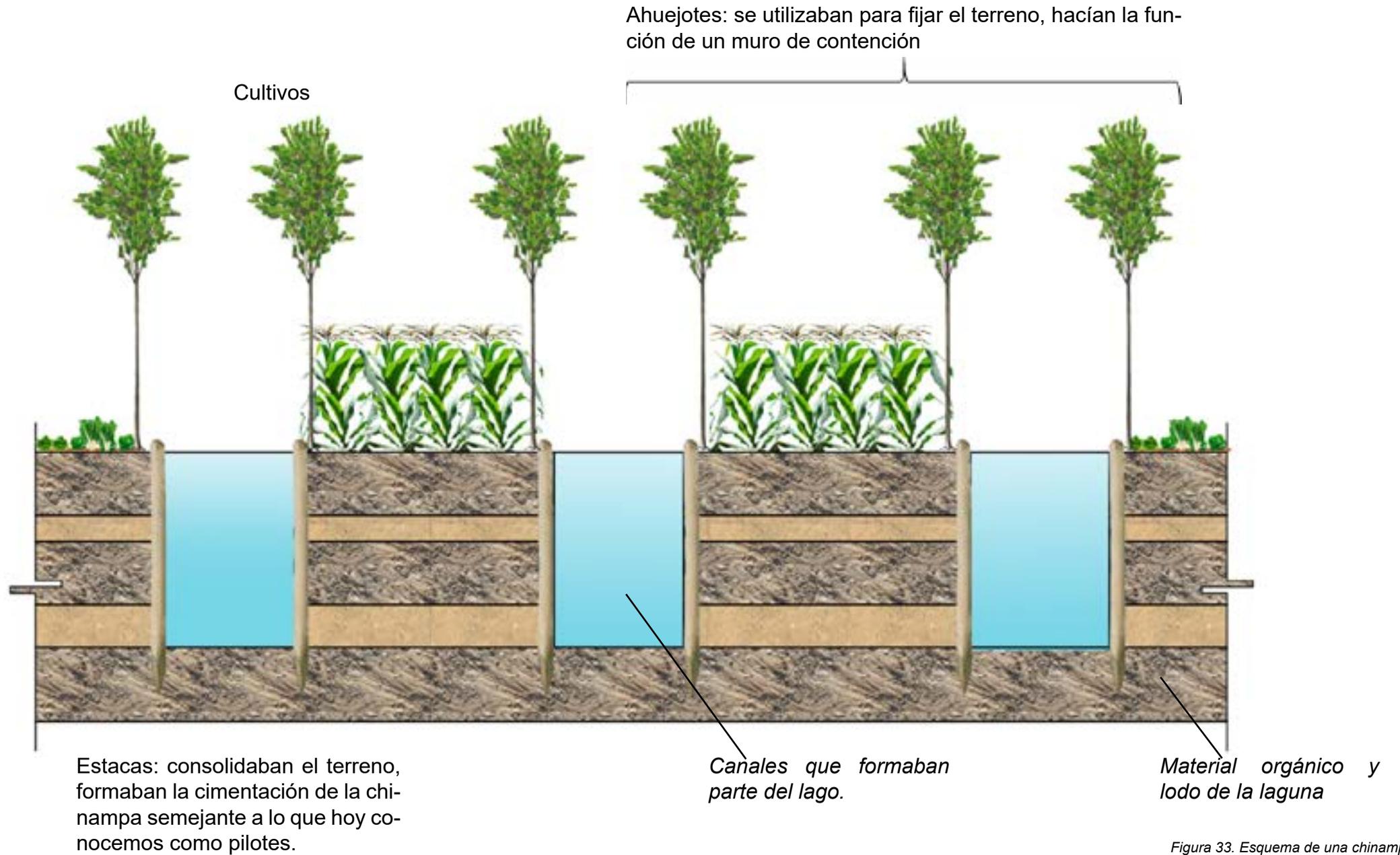
En la capital azteca el crecimiento poblacional obligó pronto a buscar tierra firme donde cultivar y asentar las casas y templos. Lo lograron mediante un ingenioso sistema artificial propio de la zona lacustre, nuevo para los mexicas, pero de uso muy antiguo en el valle, conocido como chinampas y que obedecía, en ese momento, al objetivo de ganar terreno sobre el lago. Esto se adquirió diseñando a modo de islotes unas plataformas resultado de la apertura de zanjas de drenaje.

Las chinampas estaban formadas por un entretejido natural de flora acuática conocido como césped o atapalácatl, lodo y suelo procedente de la excavación de los canales y/o tierra firme.

Este suelo, normalmente de planta rectangular y alargada que de por sí es muy fértil, contaba además con la ayuda de algunos fertilizantes naturales para su mantenimiento, como lodo, vegetación acuática o fiemo de murciélago, entre otros.

Se estima que para el posclásico su intensidad agrícola se situaría entre las mayores del mundo. Además de estar rodeados por canales, estos sistemas permitían preservar la humedad, tomar el agua de riego y utilizarse como vía de transporte. Además, el transporte acuático a través de la vasta red de canales hizo posible la consolidación de rutas directas para embarcaciones desde los lugares de producción hasta los muelles de la capital mexicana de Tenochtitlán y de su gemela, Tlatelolco, gran cede del mercado central.

Dada la extensión de las chinampas en la laguna de México, Ángel Palerm (1973: 174) sostiene que debemos referirnos a un “imperialismo hidráulico de los mexicas”, que para poder mantener el sistema se requieren distintos sistemas de captación de agua y una extensa red de canales y acueductos vinculados a las calzadas de la ciudad que no podía sino ser producto de una avanzada tecnología social que aglutinaba recursos humanos, materiales y organización de trabajo.





CAPÍTULO IV

CONTROL, APROVECHA- MIENTO Y DESAGÜE DE ZONAS LACUSTRES Y PANTANOSAS

Figura 34. Escultura en el Museo del Templo Mayor, México. Fotografía y edición: Selene Ramos

El complejo cultural del Cuicuilco prehispánico fue destruido por la erupción del volcán Xitle. Gran parte de las evidencias arqueológicas no se pudo rescatar. No obstante, con respecto a las obras de irrigación, Palerm y Wolf dejaron testimonio de sus hallazgos hechos en un recorrido de campo en 1956.

Dieron cuenta que en la parte baja del cerro de Zacatepec había zanjas que podrían haber sido parte de dos canales y, en una de sus laderas del lado occidental, un conjunto de terrazas para uso agrícola. También, cercano al centro cívico-ceremonial de Cuicuilco, localizaron restos de un dique levantado con piedra y tierra de veinte metros de longitud, que debió represar alguna corriente de agua (Palerm y Wolf, 1972 citado en Rojas, T., 2009).

Al norte de la cuenca de México, en el pueblo de Santa Clara Coatitla se construyó en el 900 a.C. una red de canales para encauzar agua de los escurrimientos de la sierra de Guadalupe, los cuales alimentaban al lago de Texcoco (Nichols, 1982 citado en Rojas, T., 2009). En el año 1974, estos canales fueron descubiertos al perforarse pozos para extracción de agua. Posteriormente han sido estudiados por Deborah Nichols, constataando la prueba del uso de este sistema para fines de irrigación.

4.1 COMPOSICIÓN CONSTRUCTIVA DEL CANAL

Siguiendo al geógrafo William E. Doolittle, este sistema estaba compuesto de un canal principal con una longitud que rebasa los dos kilómetros y contaba con una pendiente de 1%. La dimensión del canal es de un metro de profundidad por uno de ancho. El canal, a su vez, en su sección final de corte trapecial, se conectaba con un conjunto de canales menores que conducían las aguas a las tierras de cultivo. Se calcula que dicha infraestructura fue usada, por lo menos, durante doscientos años (Doolittle, 2004; Nichols, 1982 citado en Rojas, T., 2009).



Figura 35. Actividades en canales de Cuicuilco, Museo de sitio en Cuicuilco, México. Fotografía y edición: Selene Ramos



CAPÍTULO V

OBRAS HIDRÁULICAS NOVOHISPANAS

Figura 36. Escultura en el Museo del Templo Mayor, México. Fotografía y edición: Selene Ramos

Tras la llegada de los españoles la sustitución de elementos de construcción, crearían un importante cambio técnico, ya que los artefactos y materiales de madera y piedra serían sustituidos o mejorados con la manipulación de los metales, con ello se introdujeron máquinas y especies por completo desconocidos, como norias, los molinos o animales de trabajo.

Esta revolución tecnológica atrajo cambios en el sistema sociopolítico y cultural que le dio sentido a nuevos proyectos de construcción y expansión territorial, lo cual daría paso a nuevos fenómenos progresivos para el ser humano.

Las herramientas permitieron excavar los pozos y los depósitos de agua (jagüeyes, cisternas, pozos, acueductos subterráneos) a mayor profundidad que la rueda hidráulica, la palanca, el torno y la polea; aligeraron el trabajo de extraer y elevar el agua, aprovechando sus recursos animales, ya fueran solos o en combinación con la rueda (carretas o carretillas), mismo factor que alteró e incrementó la eficiencia del transporte terrestre “liberando” de este trabajo a los tatemes/cargadores humanos. El arco en acueductos y puentes permitió conducir el agua a mayores distancias y conectar los caminos con mayor eficiencia.

En los inicios de la época novohispana, la mayoría de los sistemas hidráulicos prehispánicos fueron utilizados por los españoles sin mayores modificaciones, pero pronto transformaron estos sistemas con la incorporación de las nuevas máquinas,

tanto por la necesidad de irrigar porciones territoriales continuas y de mayores dimensiones, al irse consolidando la propiedad territorial en sus manos, en detrimento de la de los pueblos. El resultado de estas labores resultó ser tan significativo hasta el punto en que muchas de ellas perviven hasta el presente.

5.1 INNOVACIONES TÉCNICAS

- Palancas. Estas no fueron utilizadas en la época prehispánica con fines hidráulicos. Llegaron a la Nueva España en forma de un instrumento muy sencillo, originario de Egipto, el bimbalete, que permite a un solo hombre extraer y elevar el agua de pozos, lagunas y ríos con una pértiga colocada sobre una horqueta o caballete que tiene en un extremo un recipiente y en el otro una piedra que le sirve de contrapeso.
- Rueda. Fue conocida y empleada en Mesoamérica, en juguetes, rodillos y malacates para hilar, pero no en maquina alguna. En la colonia se hizo presente en diversas formas, entre las que destacamos las utilizadas para elevar al aguay para mover maquinaria con fuerza hidráulica: las ruedas hidráulicas (norias: verticales y horizontales), las poleas (para sacar agua), los tornos, los molinos y, más tarde, los tornillos y los sifones invertidos.



Figura 37. Noria horizontal movida por un caballo, empleada para irrigar.



Figura 38. Noria vertical movida por fuerza humana.



Figura 39. El acueducto novohispano más antiguo, Zempoala, Hidalgo.

- Los acueductos sobre arquerías, para librar los accidentes topográficos por donde corría la atarjea o tubería, pronto sustituyeron a los acueductos prehispánicos sobre terraplenes. El arco se hizo igualmente presente en los puentes que complementaron o sustituyeron paulatinamente a los prehispánicos.
- Las cajas para el control de los flujos o cajas repartidoras dotadas con “datas” fueron un nuevo e importante instrumento en lo que toca a los métodos de distribución tanto como los derechos sobre el agua
- El establecimiento de molinos, batanes y otros “ingenios” mecánicos movidos por agua, antes desconocidos, modificaron ampliamente el uso de los ríos y los sistemas hidráulicos indígenas al cambiar de función, básicamente porque, para poder contar con la fuerza necesaria, los nuevos edificios se colocaron en las cabeceras de los ríos.
- Otras innovaciones fueron las presas construidas con piedra cortada, ajustada y cimentada; presas con contrafuertes y presas de almacenamiento sobre corrientes perennes, además de otros elementos arquitectónicos como cornisas, remates de los muros o caballetes, sardineles y gárgolas.

CONCLUSIONES

Para la realización de esta tesis fue necesario recopilar información de diversas fuentes, que si bien existe fue un reto ya que esta dispersa y se menciona de manera superficial. Normalmente cuando hablamos de la arquitectura prehispánica no prestamos atención a las obras hidráulicas y el gran reto que represento su realización dadas las condiciones geográficas en las cuales se encuentran localizadas.

Fue sumamente interesante investigar este tema ya que en la actualidad tenemos un concepto de los sistemas hidráulicos que en esencia no es muy diferente a los sistemas empleados en la época prehispánica, sin embargo, lo que estos sistemas representaban a nivel social, económico, cultural e incluso espiritual y religioso dan una pauta para entender la relación habitante-entorno y la importancia de la armonía del ser humano con el medio en el que se habita.

Se menciona también el intercambio cultural y la influencia entre las distintas culturas de Mesoamerica lo cual fue de mucha importancia para el enriquecimiento y el manejo eficiente de los recursos, en este caso el agua .

REFERENCIAS

- Becerril López Diego Onésimo. (2005). Datos Prácticos de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias 12a Edición (corregida, aumentada y actualizada). México: Ing. Diego O. Becerril L. (Me).
- Atlantic International University. (s.f.). 1. Sistemas hidráulicos. Obtenido de Open Courses. : <http://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%201.pdf>
- Cyphers, A. (julio-agosto de 2016). Las unidades domésticas olmecas. *Arqueología Mexicana*, 24(140), 36-40.
- García Dueñas, A. (2009). *Arquitectura en Anáhuac*. México: Trillas.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia. (2000). *Arqueología Mexicana, Atlas del México prehispánico (Edición especial 5 ed.)*. D.F., México: Editorial Raíces / INAH-Conaculta.
- ISMA. (28 de septiembre de 2016). Cómo funciona un sistema hidráulico. Obtenido de <http://comofunciona.co.com/un-sistema-hidraulico/>
- López Luján, L. (2005). Teotihuacán, Estado de México: la ciudad de los dioses. *Arqueología Mexicana*, 13(74), 76-83.
- Marcus, J. (julio-agosto de 2016). Las unidades domésticas tempranas del valle de Oaxaca. *Arqueología Mexicana*, 24(140), 47-52.
- Portillo, L. (1 de febrero de 2015). Historia de los pueblos. Recuperado el 2019, de <https://www.historiacultural.com/2015/02/caminos-mayas-sacbe-sacbeob.html>
- Rojas Rabiela, T. (2009). Las obras hidráulicas en las épocas prehispánica y colonial. En C. N. Agua, *Semblanza histórica del agua en México* (pág. 82). D.F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

REFERENCIAS DE FIGURAS

- Rojas Rabiela, T., Martínez Ruiz, J. L., & Murillo Licea, D. (2009). Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico. D.F., México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua / Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Saldaña, J. J. (2012). Ciudad de México : Metrópoli científica. Una historia de la ciencia en situación. México: Ediciones Amatl : Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.
- Séjourné, L. (1966). Arquitectura y Pintura en Teotihuacán. México: Siglo XXI.
- Suárez Molina, V. (1996). El español que se habla en Yucatán: Apuntamientos filológicos. (U. A. Yucatán, Ed.) Recuperado el 2019, de Yucatán identidad y cultura maya: <http://www.mayas.uady.mx/articulos/voces.html>

Figura 1. Olivier, Guilhem, “Tiáloc, el antiguo dios de la lluvia y de la tierra en el Centro de México”, Arqueología Mexicana, núm. 96, pp. 40-43. 2

Figura 2. <https://www.freepng.es/png-e67mww/> 2

Figura 3. Arqueología Mexicana, Especial 5, (AÑO) Ubicación geográfica de Mesoamérica y sus áreas culturales, Atlas del México prehispánico 9

Figura 4. Tiáloc, escultura en el Museo del Templo Mayor, México. Fotografía y edición: Selene Ramos 17

Figura 5. Johansson, Patrick, “El agua y el fuego en el mundo náhuatl prehispánico”, Arqueología Mexicana núm. 88, pp. 78-83. 18

Figura 6. Luis Covarrubias, “Corte ideal del área maya”, 1964, Museo Nacional de Antropología . Fotografía. Selene Ramos 22

Figura 7. Calderón, Z.: Hermes, B. (2005) Chultunes, características generales, esquema en “Chultunes en los alrededores de la Laguna Yaxha, Petén”, <http://www.asociaciontikal.com/wp-content/uploads/2017/01/10-Calderon-y-Hermes.04.pdf>. 23

Figura 8. Ramos, S. (2019) Partes que conforman un chultun. La construcción prehispánica de los sistemas hidráulicos en el Valle de México	25
Figura 9. Ramos, S. (2019) Estratos del subsuelo en la región maya. La construcción prehispánica de los sistemas hidráulicos en el Valle de México	27
Figura 10. Ramos, S., (2019) Procedimiento constructivo de un chultun. La construcción prehispánica de los sistemas hidráulicos en el Valle de México	34
Figura 11. miambiente.com.mx, (2018) Jagüeyes, fotografía.	38
Figura 12. Ramos, S., (2019). Detalle esquemático de un jagüey. La construcción prehispánica de los sistemas hidráulicos en el Valle de México	39
Figura 13. Ramos, S., (2019). Detalle de un jagüey. La construcción prehispánica de los sistemas hidráulicos en el Valle de México	40
Figura 14. Cyphers, A., (1997) Esquema de un acueducto en San Lorenzo, Escultura Olmeca de San Lorenzo Tenochtitlan, p. 139	44
Figura 15. Ramos, S., (2019). Detalle esquemático de un ducto olmeca. La construcción prehispánica de los sistemas hidráulicos en el Valle de México	44
Figura 16. Ramos, S., (2019). Representación esquemática de las partes de un ducto. La construcción prehispánica de los sistemas hidráulicos en el Valle de México	46

Figura 17. Murillo, D., (2007) Ductos olmeca de piedra con tapa, fotografía, San Lorenzo, Veracruz, en Rojas, T. (2009) .	47
Figura 18. Darras, V., (S/A) Vasijas y recipientes de barro, fotografía, Revista Arqueología Mexicana núm, 92.	49
Figura 19. Blanco, C.,(S/A) El Cenote Sagrado, también conocido como Cenote Chenkú o Cenote de los Sacrificios, fotografía, Revista Arqueología Mexicana.	51
Figura 20. Piedra del Sol, escultura en el Museo Nacional de Antropología, México. Fotografía y edición: Selene Ramos	53
Figura 21. Valero, A., (1994) Compuertas en glifos, Códice Cozcatzin	54
Figura 22. Rojas, T., (2008), fotografía Acueducto monumental de Teopantecuanitlán, Guerrero, México	55
Figura 23. Pacheco, A., (2004) Representación colonial de la construcción del acueducto de Chapultepec, dirigida por Nezahualcóyotl hacia 1466, Codice Panes-Avellán, vol. IV, Lám. 148, Revista Arqueología Mexicana núm. 68.	59
Figura 24. Secretaria de Recursos Hidráulicos (S/A). Detalle de los dos caños, acueducto de Chapultepec a Tenochtitlán, imagen en “Historia de la hidráulica en México: Abastecimiento del agua desde la época prehispánica hasta el Porfiriato” serie divulgación 25. Esquema de calzada y acueducto de Chapultepec. Editada por Ramos, S. (2019)	61

Figura 25. Secretaria de Recursos Hidráulicos (S/A). Detalle de los dos caños, acueducto de Chapultepec a Tenochtitlán, imagen en “Historia de la hidráulica en México: Abastecimiento del agua desde la época prehispánica hasta el Porfiriato” serie divulgación 25. Detalle del acueducto de Chapultepec. Editada por Ramos, S. (2019). 62

Figura 26. AUTOR (AÑO) Representación esquemática del primer acueducto de Tenochtitlan de un solo canal o ducto, imagen citada en Rojas, T. (2008) 63

Figura 27. AUTOR (AÑO) El nuevo acueducto de Tenochtitlan, con dos canales. Dos etapas constructivas del acueducto de Chapultepec imagen citada en Rojas, T. (2008) 63

Figura 28. Códice Durán, siglo VI, (1990) La “laguna” presa de Cohuatepec-Tula Códice. 65

Figura 29. AUTOR (AÑO) Localización de las principales calzadas en la Cuenca del Valle de México, imagen en Rojas, T. (2009). Editada por Ramos, S. (2019) 69

Figura 30. Austin, L., (2000) Mural de Tepantitla, Tlalocan, mural en Rojas, T., (2009) 70

Figura 31. Tetitla y su red de drenaje. 71

Figura 32. Escultura en el Museo del Templo Mayor, México. Fotografía y edición: Selene Ramos 73

Figura 33. Ramos, S., (2019) Esquema de una chinampa La construcción prehispánica de los sistemas hidráulicos en el Valle de México 79

Figura 34. Escultura en el Museo del Templo Mayor, México. Fotografía y edición: Selene Ramos 81

Figura 35. Actividades en canales de Cuicuilco, Museo de sitio en Cuicuilco, México. Fotografía y edición: Selene Ramos 83

Figura 36. Escultura en el Museo del Templo Mayor, México. Fotografía y edición: Selene Ramos 85

Figura 37. AUTOR (1907) Noria horizontal movida por un caballo, empleada para irrigar, fotografía, Guanajuato, imagen citada en Rojas, T. (2008). 88

Figura 38. AUTOR (1908) Noria vertical movida con fuerza humana, fotografía, Mixteca Alta, Puebla, imagen citada en Rojas, T. (2008). 88

Figura 39. AUTOR (2005) El acueducto novohispano más antiguo, fotografía, Zempoala, Hidalgo, 1553-1570, imagen citada en Rojas, T. (2008) 89



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Graue Wiechers

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Dr. Arq. Juan Ignacio del Cueto Ruiz-Funes

TALLER DOMINGO GARCÍA RAMOS

Mtra. Sandra Patricia Cerezo Ramírez

SINODALES

Arq. Jesús Raúl González Jácome

Mtro. Luis Saravia Campos

Arq. Pedro Urzúa Ramírez