

---

# ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS HITITAS

Ana Arroyo  
(Universidad Autónoma de Madrid - Freie Universität, Berlin)

## **ABSTRACT**

*Structures connected with water management, that is, structures that allow gathering, distribution and discharge of water, have been documented in almost every Hittite site (Anatolia, 2nd mill. BC.) Some Hittite texts give us insights into the significance of maintaining such structures, essential constituents of every settlement. On the following pages would be provided a general vision of the different types of these structures documented for both those period and landscape, whose particularities condition these very types and, occasionally, make them differ from another Ancient Near Eastern examples.*

## **RESUMEN**

*En prácticamente todas las memorias de excavación de asentamientos hititas (Anatolia, II mil. a.C.) se documenta la presencia de estructuras relacionadas con el acopio, distribución y evacuación de agua. Parte de la información textual llegada hasta nosotros indica la importancia otorgada al mantenimiento de estas estructuras como elementos fundamentales de los recintos de población. En estas páginas se pretende ofrecer una visión general de los tipos de estructuras hidráulicas documentadas para este periodo y en este ámbito geográfico, cuyas particularidades condicionan estos mismos tipos y los diferencian, en ocasiones, de los ejemplos documentados en otros ámbitos próximo-orientales.*

## **KEYWORDS**

*Anatolia, Hittites, water-management, water pipe, water tank, fountain, dam, potability.*

## **PALABRAS CLAVE**

*Anatolia, hititas, gestión del agua, conducciones, depósitos, fuentes, presas, potabilidad.*

## 1. GENERALIDADES

La necesidad de toda sociedad de disponer de agua en cantidad suficiente y en cualquier época del año tanto para consumo humano como para usos productivos ha llevado a la creación y desarrollo de una serie de estructuras que tienden a hacer fácil, eficaz y eficiente el acceso, acopio y distribución de este recurso<sup>1</sup>. Del mismo modo, se hace necesario proveer a los asentamientos de sistemas que garanticen la durabilidad de sus construcciones frente a los estragos que puede causar el agua, como drenajes que eviten la capilaridad a través de los muros y su consecuente deterioro<sup>2</sup> y estructuras que permitan evacuar el agua ya utilizada o sobrante, como albañales, impidiendo que se mezcle con el agua potable y la contamine.

El tipo de clima, de terreno, la altitud y el relieve en los que se localiza un asentamiento determinan sus posibilidades de acceso al agua y condicionan las estrategias de acopio, distribución y evacuación de la misma. En las áreas de Anatolia antiguamente

---

<sup>1</sup> UNESCO/FAO (1973), 307, 315; A. Ünal (1993), 124; M. Edgeworth (2011), 19: “At least until the advent of steam power, the use and control of water flow in many parts of the world was embedded in everyday industrial processes and domestic activities - interwoven into the very fabric of economic and cultural life.”, *Íbid.* 71-76, para una visión diacrónica y relativa a múltiples zonas del globo centrada en los diques como estructuras que reflejan la interdependencia entre comunidades humanas y cursos de agua.

<sup>2</sup> En los Edificios C y E de la Büyükkale de Boğazköy parecen documentarse revestimientos en los exteriores de algunos muros, *cf.* P. Neve (1971), 9, más bibliografía señalada. En las “Instrucciones a los Gobernadores de Provincia” (CTH 261) se prescriben obras de mantenimiento relacionadas con los daños causados por el agua, *cf.* Pecchioli Daddi (2003), 106-111, 116-117, 120k-123, 132-135, 138-139, 162-163.

ocupadas por los hititas (II mil. a.C)<sup>3</sup>, la meseta central y la cadena montañosa del Taurus occidental y central, se distinguen principalmente dos tipos climáticos: continental y mediterráneo<sup>4</sup>. El primero se caracteriza por veranos secos y calurosos, inviernos fríos con precipitaciones principalmente de nieve y primaveras húmedas; mientras el segundo presenta temperaturas más suaves y lluvias sobre todo en primavera y otoño. En estos climas los ríos pierden buena parte de su caudal durante el verano y el invierno, cuando las precipitaciones son en forma de nieve, pero lo aumentan considerablemente en primavera cuando ésta se derrite. El patrón de precipitaciones unido a la karsticidad del terreno da lugar a numerosos manantiales cuyos aportes son más regulares que los fluviales y no están sometidos a la fuerte evaporación de ambos climas durante el verano aunque sí influidos por la escasez de lluvias. Por ello, gran parte del agua para consumo humano y animal durante el período hitita provendrá de estos acuíferos naturales.

Atendiendo al uso final al que se destina el agua, ésta puede clasificarse someramente en agua para consumo humano, productiva -comercial, industrial, agrícola, ganadera...-, de riego y contra incendios. Su almacenaje y distribución, en grandes o pequeños circuitos, esto es, su gestión, puede ser pública y/o privada. La documentación escrita que ha llegado hasta nosotros para época hitita apunta a que esta gestión era responsabilidad de la autoridad<sup>5</sup>, central o provincial, sin perjuicio de que las unidades domésticas pudieran contar también con sistemas de acopio y distribución propios, como *impluvia* o canales de riego<sup>6</sup>.

El agua que utiliza una comunidad puede proceder de precipitaciones, como la de un *impluvium*; de superficie, tanto corriente como estancada, natural o artificial, como la de ríos, lagos, canales o embalses; o de acuíferos subterráneos, como pozos y manantiales. El volumen final de agua utilizada depende tanto de factores climáticos –nivel de pluviosidad y de evaporación–, como de la extensión de la red y el nivel de filtración que soporta, así como de la localización de los recursos hídricos.

<sup>3</sup> Para una visión general sobre los hititas, cf. H. Klengel (1999); T. Bryce (2002); H. Genz y D. P. Mielke (2011). Para una cartografía general del territorio que habitaban, cf. M. Forlanini y M. Marazzi (1986); B. Kull (1991); M. Forlanini (1992).

<sup>4</sup> Para una panorámica sobre este extenso tema cf. W.-D. Hutteroth y V. Höhfeld (2002); N. Erol (1983); N. Güldali (1979).

<sup>5</sup> La autoridad central hitita, el rey, era muy consciente de la importancia que para la economía del país tenían los recursos hídricos para uso productivo, ello puede extraerse de los tratados con Ulmi-Teššup/Kurunta de Tarḫuntašša (KBo 4.10+KBo 40.69+1548/u y ‘Bronzetafel’ (=Bo 86/299), respectivamente) en los que al establecerse las fronteras entre ambos territorios, el agua por encima del monte Arlanta queda en manos de Ḫatti y del país del río Ḫulaya, cf. G. Beckman (1996), 105 *sub* n° 18B; *Ibidem*, 109 *sub* n° 18C. Igual que para los éxitos militares, como se muestra en la denominada “carta Tawagalawa” (CTH 181), KUB 13.4 Vs. 42: GIM-an wa-a-tar NU.GÁL ṛ e<sup>2</sup>[-eš-ta ...], cuando no ṛ hu[bo] agua, cf. G. M. Beckman *et al.* (2011), 104-105. Y como parece también poner de manifiesto KUB 23.72 Rs. 52-53 (CTH 146): <sup>52</sup>(...) ]- ṛ e<sup>-</sup>-da-az na-ak-ki-iš<sup>53</sup> [ ]x PÚ<sup>HIA</sup> KASKAL<sup>HIA</sup> ma-aḫ-ḫa-an, <sup>52</sup>(...)]por eso (es) importante <sup>53</sup>[ ]x como (lo son) las fuentes (y) los caminos, cf. S. Reichmuth (2011), 118, 125; cf. también M. C. Trémouille (1998), 184-185. Es posible que la gestión del agua siguiera un esquema similar a la de la tierra, sobre ello, cf. M. Paroussis (1985), 167.

<sup>6</sup> Y así se refleja en, por ejemplo, las “Instrucciones a los Gobernadores de Provincia.” (CTH 261) Cf. F. Pecchioli Daddi (2003), 52, 120-123, 132-135, 164-165; más referencias; y en una de las Leyes hititas (§162a) de donde se desprende que un particular podía construir por iniciativa propia una desviación de un canal principal siempre que no perjudicara al resto de usuarios del mismo, es decir, siempre que lo hiciera por debajo del punto en el que se situaba la última toma de agua, cf. H. A. Hoffner (1997), 128-129, 212. Otras comunidades parecen seguir esta misma norma para evitar conflictos, cf. por ejemplo M. Mouton (2009), esp. 84: “(...) des communautés installées sur un territoire ne permettraient pas l’installation de nouveaux habitants ayant un avantage immédiat sur elles, même se ceux-ci leurs sont apparentés directement. Un peuplement dans ce sens s’accompagnerait toujours d’un conflit”.

En el diseño de cualquier estructura intervienen factores funcionales, económicos e incluso estéticos<sup>7</sup>. En el caso de las grandes obras hidráulicas como las presas, es necesario también un estudio estructural basado en un análisis hidráulico que permita a la obra cumplir con su función resistiendo eficazmente las cargas a las que está sometida. Sin embargo, un estudio exhaustivo de todos los fenómenos que intervienen en la mecánica de fluidos es imposible tanto hoy en día como lo era en la Antigüedad, por lo que la construcción de una de estas estructuras deviene prácticamente un proyecto único en el que el resultado final depende del nivel tecnológico alcanzado en este campo en correspondencia con las particularidades del caso<sup>8</sup>. No se tiene información textual específica sobre los conocimientos de los hititas en materia de hidráulica, pero de la existencia de sus construcciones en este ámbito puede deducirse que si bien una mecánica de fluidos como hoy se entiende no se dio, sí existían una serie de conocimientos técnicos en este campo que permitieron no sólo que estas obras se proyectaran, levantaran y funcionaran, sino que perduraran hasta la actualidad dando cuenta de su buena realización<sup>9</sup>.

Los sistemas de captación, distribución y almacenaje de agua verían dependiendo de los tipos de procedencia antes mencionados. Así, la proveniente de ríos se obtiene a través de conductos cuya toma se localiza en el lecho o en la orilla, o bien se construye un canal que derive parte del caudal a otra estructura o al punto final de destino. La obtención de agua de lagos y embalses sigue un sistema similar con los tubos de captación situados en el fondo<sup>10</sup>. El agua de lluvia se recoge en depósitos, generalmente excavados y situados bajo la vertiente de los tejados<sup>11</sup>, y para la obtención de agua subterránea se recurre a pozos

<sup>7</sup> H. M. Morris y J. M. Wiggert (1972), 226. Como señala también D. C. Jackson (1997), XXXVI: "(...) the importance that "monumentality" can play in implementing dam projects (...) reveals how "influences" affecting the dam-building process are more socially complex than might appear on the surface. Whether rightfully or not, large dams represent major public structures that can become signpost of a society and its achievements. In particular, they can be promoted as symbols of strength and beneficence displaying the skills and resourcefulness of those people responsible for their construction. Or alternatively, they can be portrayed as symbols of cultural domination."; J. Seeher (2009), 119-120: "Die Anlage von Straßen oder Wasserspeichern sind als Formen von Machtdarstellung zu verstehen." El estudioso debe ser precavido y no igualar "obra monumental" con "poder centralizado" sin que haya datos fehacientes que apoyen esta asociación, de otro modo corre el peligro de retrotraerse al ya superado modelo de las "Civilizaciones Hidráulicas" de K. Wittfogel en su *Oriental Despotism. A Comparative Study of Total Power*, 1957; a este respecto, cf. M. Mouton (2009), 8-9; B. Lafont (2009), 11-12; V. Strang (2008), 213, más bibliografía señalada. A pesar de la distancia cronológica, cf. también la discusión sobre la correspondencia entre poder y arquitectura en: A. Hoffmann (2004).

<sup>8</sup> H. M. Morris y J. M. Wiggert (1972), 227: "A completely rational analysis of all the stresses, velocities, momenta, and other factors in a field of fluid moving within or around given boundaries will probably always be imposible (...). Thus the hydraulic and structural design of a hydraulic structure are (...) complementary. The hydraulic analysis is prerequisite to the structural analysis."; UNESCO/FAO (1973), 307, centrado en usos productivos.

<sup>9</sup> Cf. n. 53.

<sup>10</sup> Para el período hitita se documenta sólo con seguridad en una de las fases del 'Conjunto de la Südburg' en Hattuša, cf. P. Neve (1994), 291-293, Abb. 3; *Ídem*. (1995), 12; J. Seeher (1997), 334; *Ídem* (2006), 9, Abb. 7, 9-11; e *Ibidem*, 14-15, para un visión diacrónica de este área; y posiblemente también en el 'Wasserbecken' de la Büyükkale, también en Hattuša, cf. P. Neve (1982), 128-130; aunque ambos podrían ser canales de descarga. Posteriormente se documenta con seguridad en Urartu, cf. A. Çifçi y A. M Greaves (2013), 194, y n. 16.

<sup>11</sup> W. Such y H. Bernhardt (1993), 774: "(...) wird das (das Wasser) (...) in unterirdischen Speichebecken (Zisternen) zugeführt, in denen es vor Licht und Temperatureinflüssen sowie Verunreinigungen geschützt, gesammelt, zwischengespeichert und nach Reinigung über Sandfilter zur Versorgung genutzt wird. Regenwasser sollte nur im Notfall für Trinkzwecke genutzt werden." En la Antigüedad se usaban los mismos procedimientos, exceptuando el uso de filtros de arena que no están documentados.

y fuentes cuya tipología dependerá de la profundidad a la que se localice el acuífero, de la fuerza y el volumen de su caudal, y de la composición del terreno.

Las principales estructuras hidráulicas documentadas en época hitita catalogables atendiendo a su función son<sup>12</sup>:

- De almacenaje: Embalses y depósitos; cubiertos, como cisternas; o abiertos, como estanques y presas.

- De conducción: Canalizaciones cerradas –como tuberías y sifones<sup>13</sup>–, abiertas –como canales, acequias y acueductos–, abiertas de gran velocidad –como aliviaderos– y canalizaciones cortas. Cabe también incluir en esta categoría otras estructuras comprendidas en las redes de conducción que mejoran su eficiencia, como las arquetas<sup>14</sup>, así como las intervenciones en los cauces de los ríos afianzando las orillas con pantallas pétreas, aunque de estas intervenciones se documenta sólo un ejemplo que aún no está confirmado<sup>15</sup>.

- De sedimentación: Depósitos de decantación, presas de sedimentación y azudes.

- De recogida o distribución: Fuentes<sup>16</sup>.

- De evacuación: Drenajes, desagües o sumideros<sup>17</sup>, canalones<sup>18</sup>, albañales<sup>19</sup> y fosas<sup>20</sup>.

<sup>12</sup> En base al elenco general de H. M. Morris y J. M. Wiggert (1972), 224-225. Cf. también R. Naumann (1971), 190-203; UNESCO/FAO (1973), 4, 291.

<sup>13</sup> Cf. más abajo, 2. CONDUCCIONES, n. 30.

<sup>14</sup> Para el período hitita podrían ser ejemplos las tres “pilas” de Boğazköy, cf. P. Neve (1991), 311ss.; *Ídem* (1990), 298ss; y con más seguridad, la pequeña estructura en Šarišša, entre los Edificios A y B, de la que queda una gran laja y un bloque sin desbastar y en la cual confluyen por un lado un canal en piedra y por el opuesto una tubería de terracota, cf. A. Hüser (2007), Abb. 70, 71; y otra estructura más pequeña en el patio del edificio E, también en Šarišša, aunque podría ser un sumidero, cf. A. Müller-Karpe (1995), 13, Abb. 4, 6, 8; A. Hüser (2007), Abb. 74.

<sup>15</sup> R. Dittman y U. Röttger (2010), 188, Abb. 27, 42-45. De su información gráfica y textual puede también deducirse que este pretendido sistema de control de caudal, cuya adscripción al período hitita no es clara, se asemeja más a una intervención en las paredes del lecho recubriéndolas con una pantalla de piedras cuya función principal es minimizar los posibles daños de las crecidas, del mismo modo que en el Sena a su paso por París; a pesar de que se hable de “terrasenartig gestuften Bachsperren”. Hasta una excavación del área no podrán, sin embargo, resolverse estas cuestiones.

<sup>16</sup> En esta categoría cabría incluir pozos, sin embargo “im hethitischen Gebiet sind bisher keinerlei Brunnenanlagen erkannt worden”, en: R. Naumann (1971), 195 *contra* H. Wittenberg y A. Schachner (2012), esp. 315, quienes proponen el uso de pozos artesianos en época hitita. Un pozo artesiano es un manantial artificial que permite la captación del agua contenida en un acuífero subterráneo gracias a la presión hidrostática que ésta ejerce hacia la superficie; mientras un manantial es una salida natural del agua contenida en un acuífero subterráneo a una cota más baja que la de la filtración (N.A.), cf. también R. J. Forbes (1995), I, 150: “Unfortunately, most authors do not properly distinguish between the natural “spring” and the man-made “well”. The word “well” should be confined man’s attempts “to obtain water from the earth, vertically”.

<sup>17</sup> Los patios, al menos en los templos, suelen presentar este tipo de sistemas de descarga, para *Ḫattuša*, cf. P. Neve (1999), Abb. 10, 27, 29, 40a, 44; *Ídem*. (2001), 55, Abb. 17, 32, Taf. 66d, 74c-d, 92b; J. Seeher (2009), 141, n. 49-50; para *Šarišša*, cf. A. Müller-Karpe (1997), 108, Abb. 3, 7; A. Hüser (2007), Abb. 75, 76. Se documentan también en el fondo del silo n.º 8 de la Büyükkaya, *Ḫattuša*, cf. J. Seeher (1998), 227, Abb. 11, 14. Este autor interpreta esta abertura como desagüe, considerando que debió ser de utilidad cuando el silo estuviera abierto y vacío, y pudiera llenarse debido a las precipitaciones.

<sup>18</sup> Hit. <sup>GIŠ</sup>*heyawalla-* (cf. HW<sup>2</sup>, H, 555, s.v.), sum. <sup>GIŠ</sup>*ŠEN* (cf. HHW, 255, s.v.), se mencionan en algunos rituales mágicos hititas como KUB 33.54 Ro. II 10’ (CTH 334.1.1.A). También el <sup>(GIŠ)</sup>*artahhi-*, cf. HEG, 69, s.v: “Kloake, Abwasserkanal”; HED, A, 176, s.v: “sewer”, *contra* HW<sup>2</sup>, A, 348, s.v: “Wasserrohr”. El sum. <sup>GIŠ</sup>*SUG* tiene la acepción de “canalón”, como en KUB 7.41 Vs. II 30, debido al contexto y al determinativo, aunque sin él refiera más bien a “surco”, cf. HHW, 258, s.v. Los canalones aparecen representados en algunos modelos arquitectónicos en terracota, cf. K. Bittel *et. al.* (1958), 31, Abb. 34, aunque no pueda saberse si estaban realizados en madera o cerámica. El sum. GI, hit. *nata/i-*, funciona también como determinativo para “caña” y es por tanto algo laxo, significando ampliamente un elemento tubular cuya desambiguación depende del contexto; cf. CHD, L-N, 408, s.v: *nata-*, <sup>GI</sup>*nati-* 3: “drinking tube”; HHW, 226, s.v. GI.

<sup>19</sup> Seguramente, <sup>(GIŠ)</sup>*artahhi-*, cf. n. 18, y más abajo *sub* 2. CONDUCCIONES, esp. n. 32.

<sup>20</sup> Cf. más abajo *sub* 2. CONDUCCIONES, n. 26.

Un elemento fundamental en la construcción de estructuras de almacenaje y conducción de agua son los impermeabilizantes. Son materiales hidrófugos o con muy poca permeabilidad que previenen las filtraciones desde el exterior al interior de la estructura, o viceversa, evitan las pérdidas del agua que contienen. En el período que nos ocupa sólo la arcilla, el limo, la piedra y el betún podían cumplir estas funciones<sup>21</sup>. Solo en el caso de la ‘Quellgrotte’ se documenta el uso de tablonces de madera como recubrimiento interior de una pila.

## 2. CONDUCCIONES

Las conducciones<sup>22</sup> (canales, canalones, tubos, etc) transportan el agua de un punto a otro. En época hitita se atestiguan en cerámica, madera y piedra.

En cerámica se documentan dos tipos, bien ensamblando varios tubos (*Fig. 1*) que circulan en zanjias excavadas al efecto las cuales en el caso de transportar agua de boca parecen estar rellenas con arcilla<sup>23</sup>, bien formando un cilindro con fragmentos cerámicos a través del que circula el agua (*Fig. 2*). En madera estaban probablemente realizadas excavando en un tronco la oquedad por donde corría el agua y usando fragmentos cerámicos o de tejas en su cubierta<sup>24</sup> (*Fig. 3*). Aquellas en piedra pueden constar de bloques ensamblados en los que se excavan los surcos por donde circula el agua (*Fig. 4*) o de una estructura con bloques que puede ser en sección cuadrangular o triangular formando una falsa bóveda (*Fig. 5*).

Las canalizaciones deben disponerse preferentemente bajo tierra para protegerlas de posibles daños<sup>25</sup> y debe tenerse en cuenta que la calidad del agua puede variar en el recorrido debido al material que arrastra, y en el caso de aquellas realizadas en madera, al envejecimiento de la misma.

En cuanto a su función, las canalizaciones pueden dividirse entre aquellas de descarga –albañales, desagües o canalones– y de distribución –de agua potable, de riego o de uso productivo–. Las primeras, de descarga, transportan el agua excedente hasta un punto del asentamiento en que no cause daños, como canales de descarga mayores, fosas<sup>26</sup>

<sup>21</sup> M. Schmidt (1993), 637: “(...) Lehm, Ton, verwitterter Fels (...) Lockergesteine (...), die genügend Feinkorn aufweisen und die nach dem Einbau ausreichend dicht, erosionsfest und genügend formbar sind.” En los yacimientos hititas excavados no se documenta el uso de betún o asfalto, pero sí en Mesopotamia y Siria, *cf.*, entre otros, W. Boson (1932), 436; P. Neve (1971), 33-34, más bibliografía señalada.

<sup>22</sup> Para una visión general en Mesopotamia, Siria y Anatolia, *cf.* Ch. Hemker (1993), 1-127; y solo para Anatolia, *cf.* A. Ünal (1993), 137-138.

<sup>23</sup> A. Hüser (2007), 187, Abb. 79. Este tipo de conducciones de ensamblaje en cerámica se documenta profusamente en prácticamente todos los asentamientos hititas desde época paleohitita.

<sup>24</sup> *Cf.* n. 19.

<sup>25</sup> J. Seeher (2011), 97: “Die Hethitern waren in Anatolia die ersten, die unterirdische Wasserleitungen verlegten.” Algunos ejemplos claros de conducciones bajo tierra se hallan en Alaca Höyük, *cf.* H. Z. Koşay (1966), Lev. 94; y Hattuša, *cf.* W. Schirmer (1969b), 24 y n. 62, 26, Taf. 10b, 11a, b, Bei. 8-10 –de al menos dos períodos diferentes pero con la misma técnica constructiva–.

<sup>26</sup> Se documentan claramente en un único caso en Hattuša, *cf.* K. Bittel (1936), 18, Abb. 14, 15, Taf. 1; P. Neve (1982), 102, Abb. 45a, 46, Bei. 45. Otros posibles ejemplos se localizan también en la capital, en el Templo 17, *cf.* P. Neve (1999), 85, Abb. 44a, Taf. 71a,b, Bei. 23; y en la Büyükkaya, *cf.* J. Seeher (1995), 607-609, Abb. 8-9; en Yazılıkaya, *cf.* Yaz., 39, Taf. 9.4; Yaz<sup>2</sup>, Abb. 109; en Alaca Höyük, *cf.* H. Z. Koşay (1951), 113, Plan VI; y en Šarišša, en donde a pesar de que el excavador lo identifica con una fosa, el modo en que el conducto se inserta en esta estructura –compárese con el ejemplo citado de Boğazköy– lo acerca más a una arqueta, *cf.* n. 14. Para una visión general de este tipo de estructuras en Próximo Oriente *cf.* Ch. Hemker (1993), 128-166.

(Fig. 6), corrientes naturales de agua<sup>27</sup> o simplemente extramuros<sup>28</sup>. Las segundas, de distribución, se dividen principalmente entre canalizaciones de transporte –que comunican el lugar de acopio con la red general–, la canalización principal –la arteria principal de la red en la zona de distribución–, de distribución y finales, que comunican las anteriores con el punto final de uso del agua. Para conducir el agua se usaba la pendiente natural (gravitación)<sup>29</sup> ya que el uso de sifones, invertidos o no, para aumentar o mantener la presión, así como para conducir el agua salvando un desnivel no está inequívocamente atestiguado<sup>30</sup>.

Las canalizaciones de los asentamientos, tanto de transporte como de evacuación, se distribuyen por el mismo formando redes, las cuales se dividen principalmente en dos tipos, ramificadas y circulares. Las ramificadas son las más fáciles de construir<sup>31</sup> y presentan una gran adaptabilidad a un crecimiento urbanístico no proyectado pero tienen la desventaja de que al producirse una rotura, los conductos siguientes al dañado se inutilizan, además de que el agua estancada en los conductos finales se descompone y corre el peligro de dañar los tubos si se produce una helada. Las redes circulares se caracterizan por la forma anular en la disposición de las canalizaciones principales y presentan la ventaja de que el agua no se estanca si uno de los ramales se daña. De acuerdo a la información arqueológica disponible para el período hitita, la red de los asentamientos es ramificada, pero sólo se han documentado claramente los últimos tramos en Alaca Höyük y Yazılıkaya<sup>32</sup> (Fig. 6). En el resto de asentamientos se documenta solo una de las diversificaciones, o bien la primera, es decir del pequeño albañal a una fosa o a un canal mayor, cuya desembocadura se desconoce; o bien la última, desde una construcción al exterior.

Debe tenerse en cuenta que la red de distribución de agua puede cruzar o coincidir con las redes de comunicación, y en ese caso, o bien se aprovecha esta misma vía, como en el caso de un puente o similar<sup>33</sup> (Fig. 19); o bien se entierra el conducto prestando atención a que el terreno en el que descansa no ceda.

<sup>27</sup> Como, por ejemplo, en Yazılıkaya, cf. Yaz<sup>2</sup>, 118-119, Bei. 2.

<sup>28</sup> Ejemplos de descarga desde una estructura –en apariencia– directamente al exterior se hallan en Hattuša, en la hab. 39 del Templo V en la ‘Oberstadt’ (cf. K. Krause (1936), 37-38, Abb. 28, 30; P. Neve (2001), 25, Taf. 48b), en el Edificio D de la Büyükkale, (cf. P. Neve (1982), Taf. 26b) y en la hab. 4 del ‘Südwesthalle’ también en la Büyükkale (cf. P. Neve (1982), Abb. 65a, Taf. 67c), en Alaca Höyük, a través de la Puerta de las Esfinges, cf. H. M. Koşay (1951), Lev. XXIV.3-XXV, Plan II-III, VI; y en Arslantepe, cf. A. Palmieri (1970), 203, Fig. 3; *Ídem* (1974), Fig. 2. En las “Instrucciones a los Gobernadores de Provincia” (CTH 261) se mencionan los albañales que circulan por la “puerta de acceso”, cf. F. Pechioli Daddi (2003), 132-133 sub 147.

<sup>29</sup> W. Such y H. Bernhardt (1993), 818: “Liegen Gewinnung und Aufbereitung in genügender Höhe über dem Versorgungsgebiet, wie es häufig bei der Versorgung aus Quelfassungen oder Talsperren der Fall ist, erfolgt die Zuleitung in einer Gefälle- oder Gravitationsleitung.”; M. Edgeworth (2011), 83: “The principle is simple this: water flows downhill. (...) Gravity gives water an energy that people had to either work with or fight against.” Para época hitita cf., entre otros, P. Neve (1992), 334; A. Ünal (1993), 125.

<sup>30</sup> Es posible que en Hattuša y Šarišša hubiera sifones invertidos, aunque no ha podido ser demostrado, cf. P. Neve (1993), Abb. 5, 23a; y A. Hüser (2007), Taf. 6, respectivamente. La canalización de presión más antigua documentada de la que tengo noticia pertenece a una fuente urbana ornamental, procede de Zincirli y está datada en el primer tercio del I mil. a.C, cf. R. Naumann (1971), 192-193, Fig. 216. Sobre sifones invertidos, cf. L. J. Booher (1974), 51-52, Fig. 51.

<sup>31</sup> W. Such y H. Bernhardt (1993), 823: “sollte nur dort angewendet werden (...) bei kleinen Versorgungsgebieten.”

<sup>32</sup> Para Alaca Höyük, cf. H. Z. Koşay (1951), 113: “Tous ces canaux débouchent à un canal principal se trouvant à l’extérieur de la cour, et allant aussi vers la Port de Sphinx où il rejoint un grand canal”, Plan VI; *Ídem*. (1966), Lev. 94, 95; para Yazılıkaya, desde la Cámara C hasta el edificio adosado al frente sur del complejo atravesando el corredor que une la Cámara A con las B y C, cf. Yaz<sup>2</sup>, Bei. 2.

<sup>33</sup> Para esta posibilidad, aunque discutible, cf. A. Hüser (2007), 44, 57, Taf. 5, 6.

### 3. FUENTES

Las fuentes aprovechan un acuífero natural, manantiales o pozos artesianos naturales, de los que se hace manar el agua a través de conducciones artificiales.

Se componen básicamente de una o varias canalizaciones perpendiculares a la dirección del caudal del acuífero. En la actualidad se dispone un drenaje de French<sup>34</sup> en la parte posterior de la estructura, alrededor del punto del que parten las canalizaciones de salida. Constan también de una pila en la que se recoge el agua saliente y de la que parte un pequeño canal que sirve de desagüe.

En su construcción debe prestarse especial cuidado a no dañar el sustrato natural, a la protección del punto de toma de agua contra las filtraciones de superficie rellenando la zanja de construcción con materiales impermeables e impidiendo la capilaridad hacia la superficie, o construyendo un drenaje que permita la evacuación de las filtraciones impidiendo que este agua se mezcle con la del acuífero (*Fig. 7*).

Para época hitita se documentan la ‘Quellgrotte’ en Boğazköy (*Figs. 7-8*), las famosas Eflatun Pınar (*Fig. 9*) y Yalburt (*Fig. 10*), y posiblemente otras dos fuentes estructuralmente similares a la ‘Quellgrotte’ en Oymağaç y Arslantepe<sup>35</sup>.

### 4. DEPÓSITOS: CISTERNAS Y ESTANQUES

Los depósitos están proyectados para contrarrestar la diferencia entre la demanda de agua y la captación de la misma, sirviendo de reserva especialmente en épocas de sequía, y en el caso de aquellos situados en altura, para aportar presión al caudal. Almacenan agua ya usada, potable o para fines productivos procedente de fuentes o de superficies inundadas. Los tipos son de *superficie*, *subterráneos* y *aéreos* o torres de agua<sup>36</sup>. En época hitita se documenta solo el primer tipo.

Los depósitos de *superficie*, estanques y cisternas al aire libre, se localizan generalmente en puntos naturales por encima del nivel de la red de distribución para aportar presión al caudal<sup>37</sup>. Pueden localizarse en medio de uno de los conductos de la red o al inicio de la misma, pero estos últimos necesitan canalizaciones de grandes diámetros para conectar con la red principal y si se dañan paralizan los tramos de distribución siguientes.

Puesto que son una reserva, deben poder contener el volumen de agua equivalente al utilizado por el asentamiento en el tiempo que se estime deben cubrir esta necesidad. No

<sup>34</sup> Este drenaje, que recibe el nombre del hombre que lo popularizó, H. French (1813-1885), es básicamente una zanja rellena con grava, generalmente de grano más fino hacia la superficie y más grueso hacia el fondo, que puede contar también en su interior con uno o más conductos permeables en pendiente a través de los cuales se canaliza el agua filtrada desde la superficie. Su función es la de impedir el encharcamiento o inundación de una superficie, siendo de especial interés en la protección de los cimientos. *Cf.* W. Such y H. Bernhardt (1993), 776.

<sup>35</sup> Para *Oymağaç*, aunque hasta la finalización de las excavaciones no podrá asegurarse si se trata de una fuente, *cf.* J. Eerbeek (2011), Abb. 38-39, así como <http://www.nerik.de/ausgrabung/loci/areal.php?areal=7786>; <http://www.nerik.de/artikel/artikel.php?artikelid=148&abschnitt=961>; para *Arslantepe*, la denominada ‘Galleria’, cuya excavación no ha sido completada por el riesgo de derrumbe y que posee la particularidad de contar con pozos de ventilación, *cf.* P. E. Pecorella (1975), 6-8, Tav. V-VIII:1, Fig. B-C, M-N, Sezione O. Esta estructura de Arslantepe comparte con la poterna de Alaca Höyük su desarrollo en codo, *cf.* H. Z. Koşay (1966), 124-125, Lev. 1, 89, 147. Estructuras similares de acceso a acuíferos se documentan en muchas otras regiones del planeta en periodos históricos diversos, para una panorámica de las mismas, *cf.* <http://www.mappeonline.com/unesco/atlas/data/photographical%20inventory/A13photograph.htm>.

<sup>36</sup> Para una visión más detallada sobre estas estructuras, *cf.* W. Such y H. Bernhardt (1993), 818-821.

<sup>37</sup> W. Such y H. Bernhardt (1993), 809: “Hochbehälter sind möglichst zentral und im Schwerpunkt des Versorgungsgebietes anzuordnen. (...) Eine zentrale Lage ist jedoch nur bei geeigneten natürlichen Hochpunkten oder bei Einrichtung von Wassertürmen möglich.”

deben ser de grandes dimensiones y deben construirse por parejas para compensar las pérdidas en caso de rotura<sup>38</sup> y para asegurar el suministro mientras uno de ellos no esté operativo (por saneamiento, rotura, etc.).

Su componente principal es el contenedor de agua cuya forma base es rectangular, aunque para grandes depósitos se usa también la circular, y dependiendo del tamaño y la función específica también se proyectan otras formas geométricas.

Pueden ser estructuras sobre el terreno o excavadas en él, aunque para el período hitita se documentan sólo las segundas, generalmente en zonas donde la composición del terreno es más o menos impermeable (roca, margas o arcillas) (*Figs. 11-12*). Si el depósito se asienta en cualquier otro sustrato que no sea roca, las paredes suelen estar recubiertas con una pantalla de piedras que afianza los flancos impidiendo su deslizamiento y evita las filtraciones, como en el caso de los diques (*Figs. 13*). Deben ser impermeables para evitar la contaminación del agua por filtraciones del exterior e impedir las pérdidas hacia el exterior, para lo cual se usa en la mayoría de los casos un revoco, generalmente arcilla, que sella las juntas entre las piedras de la pantalla e impide el crecimiento de algas<sup>39</sup>. Si el depósito está excavado en la roca se prescinde de la pantalla pero no del revoco. Parece que algunos depósitos hititas excavados en terrenos no rocosos no presentan ni pantalla ni revoco en su fondo, como los “Estanques 1 y 2” del Conjunto de la Südburg (*Fig. 14*) o las ‘Südteiche’ de la ‘Oberstadt’ (*Fig. 12*), aunque es posible que si lo hubo, se haya perdido.

La profundidad del depósito es proporcional a su superficie, pero lo normal es que se halle entre 2 y 8 m. Para proteger la estructura de los efectos de la desviación térmica la regla general es cubrir la obra, lo cual impide la aparición de algas porque obstruye el paso de los rayos solares; sin embargo, dependiendo de las dimensiones del depósito esto no es siempre posible<sup>40</sup>.

Se documentan cisternas y estanques hasta la fecha sólo en Hattuša y Šarišša. En Hattuša se cuentan hasta 15 ejemplares: una cisterna en Sarikkale<sup>41</sup>, dos en la Büyükkale<sup>42</sup> (*Fig. 11*), cinco más en “El Barrio de los Templos” (‘Südteiche’, *Fig. 12*)<sup>43</sup> y una última en Yenicekale<sup>44</sup>; dos estanques se ubican en “El Barrio de los Templos”, dos más en el denominado ‘Complejo de la Südburg’ (‘Estanques 1 y 2’, *Fig. 14*)<sup>45</sup>, otro en la Büyükkale (‘Wasserbecken’)<sup>46</sup> y uno más en la ‘Unterstadt’<sup>47</sup>. La geo-prospección realizada en 2007

<sup>38</sup> W. Such y H. Bernhardt (1993), 812: “Wasserbehälter dürfen (...) nicht zu groß ausgelegt werden, damit die Wasserbeschaffenheit, besonders in den ersten Jahren des Betriebes und an verbrauchsschwachen Tagen, nicht infolge unzureichenden Austausches des Wassers beeinträchtigt wird.”

<sup>39</sup> W. Such y H. Bernhardt (1993), 817: “Aus wartungstechnischen und hygienischen Gründen müssen die (...) Innenflächen glatt und porenfrei sein.” *Cf.* 6. POTABILIDAD.

<sup>40</sup> Solo en la cisterna de Sarikkale se documentan los restos de una cubierta de cúpula de hiladas, *cf.* O. Puchstein (1912), Taf. 5, 18: “(...) vielleicht mit einer jetzt eingestürzten Kragkuppel überdeckt.”; R. Naumann (1971), 195; *Ídem* (1983), 387, Abb. 5. Cubrir los depósitos de agua es indispensable para garantizar la potabilidad de la misma; a este respecto *cf.* más abajo *sub* 6. POTABILIDAD.

<sup>41</sup> O. Puchstein (1912), 18, Taf. 5; R. Naumann (1983), 387-388, Abb. 1-2, 5, Taf. 80:3; M.-C. Trémouille (1998), 189, y n. 33.

<sup>42</sup> P. Neve (1982), 91, Abb. 37a-d, Taf. 51a, Bei. 36; contra J. Seeher (2006b), 126; *Ídem* (2010b), 75, n. 13.

<sup>43</sup> J. Seeher (2002), 59-70.

<sup>44</sup> P. Neve (2001), 95ss.

<sup>45</sup> Para los dos primeros, *cf.* P. Neve (1999), 59-61, Abb. 31, Taf. 39, Bei. 15a; e *Ibidem*. 20, 117-119, Abb. 63, 64, Taf. 117 a-d, 118 a-c, Bei. 3, respectivamente; para los segundos, *cf.* J. Seeher (2006), 3-23, más bibliografía señalada.

<sup>46</sup> P. Neve (1982), 128-129 y n. 93.

<sup>47</sup> J. Seeher (2010); A. Schachner (2012b), 104-107, Abb. 30-31.

alrededor de Yazılıkaya parece indicar dos depósitos más<sup>48</sup>, como parecen pertenecer a algún tipo de estructura hidráulica los restos hallados por W. Schirmer al norte de la desviación de la actual carretera que une Boğazköy con Yazılıkaya<sup>49</sup>. En Šarišša se documenta intramuros un estanque más o menos triangular al noreste del asentamiento, en las inmediaciones del caravasar<sup>50</sup>.

A pesar de que no puedan ser consideradas funcionalmente como depósitos ya que no son reservas de agua propiamente dichas, se incluyen aquí las pilas a modo de apéndice por tratarse de contenedores de agua. Estas instalaciones, de forma cuadrangular o rectangular, se encuentran en muchos de los asentamientos hititas excavados. Merecen una mención especial debido a su decoración las dos halladas fuera de contexto en los alrededores de Derbent y Dokuz, ambas decoradas con cabezas de toro<sup>51</sup>. Con respecto al ‘Löwenbecken’ frente al Templo 1 de Ḫattuša, con cabezas de león en sus ángulos, cabe también la posibilidad de que se trate de un enorme pedestal vista la ausencia de orificios de salida para el agua<sup>52</sup>.

## 5. PRESAS

Existen ciertas características comunes a todos los embalses, tanto en el presente como en la Antigüedad<sup>53</sup>, como son su ubicación en un terreno cóncavo, no excesivamente permeable, erosionable ni asentado sobre o cerca de una falla<sup>54</sup>; un dique o presa para retener el agua y ciertas propiedades que estos diques deben poseer para ser eficientes.

<sup>48</sup> A. Schachner (2008), 142-143, Abb. 46.

<sup>49</sup> Boğazköy IV, 66, Abb. 19, Taf. 32: b,c; Bei. 15; K. Bittel (1989), 38.

<sup>50</sup> A. Hüser (2007), 115-119, Abb. 49-50, Taf. 6-7, más bibliografía señalada.

<sup>51</sup> P. Neve (1988), para el ejemplar de Derbent; H. G. Güterbock (1969/70), 93-95, para aquel de Dokuz.

<sup>52</sup> K. Bittel (1974), esp. 66, Pl. XIV-XIX; J. Seeher (2006b), 18-19, Fig. 18a-b.

<sup>53</sup> *Contra* G. Garbrecht (1986), 52: “Bei der Wertung der (...) Talsperrrenbauten aus der Frühzeit der Menschheitsgeschichte muß immer wieder bedacht werden, daß es zu dieser Zeit wissenschaftlich-technische Grundlagen für die Bemessung von Bauten im und am Wasser nicht gab. Es waren Einfahrung, handwerkliche Fähigkeiten und vor allem das unverbildete Vermögen, physikalische Phänomene an großen Wasserspeichern und an Fließgerinnen intuitiv zu erfassen, die die Basis für die Planung, den Entwurf, die Errichtung und den Betrieb von hydrotechnischen Anlagen bildeten.” (Subrayado de la autora) Es poco postulable que las estructuras hidráulicas hititas hayan sido proyectadas y construidas en base a presupuestos *intuitivos*, pese a que la metodología seguida fuera principalmente la de “ensayo-error”. Así lo entienden también C. Hemker (1993), X: “Die (...) altorientalischen Be- und Entwässerungsanlagen in Siedlungen aus dem mesopotamisch-syrisch-anatolischen Raum zeugen von der hervorragenden Leistung der frühgeschichtlichen Ingenieure und Kanalbauer, die (...), die Entsorgungsprobleme auch großer Städte gelöst haben. (...) wichtigen hydraulischen Grundprinzipien (...): Größe und Formabhängigkeit des Strömungswiderstandes, (...) die Abhängigkeit der Fließrichtung von der Gefällerrichtung (...) die Zusammenhang zwischen Gefälle und Abflußgeschwindigkeit (...) Das Bestehen des Wasserdrucks als Funktion der Höhe, (...) der Zusammenhang zwischen der Druckhöhe des Wassers und dem zugehörigen Öffnungsausfluß.”; Ch. Kutzner (1997), 1: “The best way of developing a structure which is safe and functional over its life, will be found between the two extremes ‘trial and error’ and ‘computation only’. This way has its individual character for each project, depending on the complexity of the construction materials and on the special conditions of the location.”; D.C. Jackson (1997), XV: “The technology of water control appears so simple, so basic, that it can easily fade from a society’s collective consciousness. (...) For thousands of years, human societies have used technology to alter riverflow and store water (...) and the technology of water control has evolved in myriad ways.”; A. M. Bagg (2000), 15: “Die Grundprinzipien der Hydraulik waren schon früh in Mesopotamien bekannt.”, y n. 63; J. Seeher (2006), 20: “Diese Abdichtung der Ostteiche war sicher (...) Ergebnis einer langen Erfahrung im Wasserbau”; *Idem* (2006b), 96: “Hittite engineers”; A. Hüser (2007), 65: “hethitischen „Dammspezialisten“”; *Ibidem*, 110: “Bei dem Südwest-Damm wurde bereits auf die topographische und geologische Gunstsituation hingewiesen. Gleiches gilt auch für den Nordwesten-Damm.”; A. Schachner y H. Wittenberg (2012b), 249.

No existe, de acuerdo con las categorías de la ingeniería actual, un único tipo de dique, sino varios que se adaptan, también combinándose entre sí, a su función principal, a las particularidades del terreno –geología, morfología, topografía e hidrología– y al material de construcción<sup>55</sup>. Teniendo en cuenta que los materiales constructivos disponibles en Anatolia en el II milenio a. C. eran piedra y tierra -arena, arcilla, limo y barro-, las categorías modernas se reducen a las siguientes: en cuanto a su finalidad, se distingue entre presas *filtrantes* (o *diques de retención*), de *derivación* y presas de *almacenamiento*; en cuanto a su estructura, entre presas *de gravedad* y *de arco*; y en cuanto al material constructivo, sólo de *materiales sueltos*.

Las presas *filtrantes* o *diques de retención* acumulan los materiales que arrastra un caudal con vistas al acopio de este aporte aguas abajo. No están proyectadas para servir de reserva de agua sino para evitar que los sedimentos arrastrados por la corriente se depositen en el embalse inmediatamente siguiente.

Las presas de *derivación* elevan el nivel de un caudal pudiendo desviarlo hacia otra cuenca u otra estructura hidráulica como una canalización, un canal, una acequia, etc. Este tipo de obras puede ser también el paso previo<sup>56</sup> a la construcción de una presa de *almacenamiento*.

Las presas de *almacenamiento* (Fig. 15) retienen buena parte del agua de un cauce con vistas a su uso posterior, productivo o de consumo. Es éste el tipo de presa que ha sido documentado inequívocamente en época hitita y cuyos ejemplos son Karaküyü (Fig. 16), Gölpınar (Fig. 17), Köylütolu (Fig. 18), y los diques Noroeste, Suroeste y Sureste alrededor de Šarišša (Fig. 19).

Dentro de esta tipología se distingue en base a su estructura entre presas de *gravedad* (Fig. 20A,B) y presas de *cúpula* (Fig. 20C). Las primeras (Fig. 20A,B) están proyectadas para que su propio peso y su forma sean los que soporten el empuje del agua transmitiéndolo hacia la base, donde este empuje es mayor. Presentan en sección la forma de un trapecio mientras en planta son rectangulares u ovals, siendo sus lados mayores los taludes de aguas arriba y aguas abajo<sup>57</sup>. Son el tipo de presas con mayor durabilidad y que menores labores de mantenimiento requieren. Las segundas, *de cúpula* (Fig. 20C), soportan el empuje del agua gracias a su estructura transmitiéndolo hacia los laterales. Presentan en planta una forma curva, siendo su lado convexo el talud de aguas arriba. Puesto que transmiten el peso hacia los márgenes éstos deben estar construidos de forma homogénea y con materiales resistentes y la presa debe situarse en un cañón para que las paredes naturales constituyan la prolongación del dique en esta transmisión de fuerzas. Por ello, y aunque se documentan algunos ejemplos en época hitita de presas que presentan

<sup>54</sup> Ch. Kutzner (1997), 9: “A remarkable number of failures was caused by insufficient investigations and by misinterpretation of geological and hydrological conditions. (...) This applies also to projects in karstic areas which failed to function for long time or even permanently.” Esta salvedad debe ser tenida en cuenta en todas las obras hidráulicas hititas, puesto que la composición de la mayor parte del terreno en Anatolia es kárstica.

<sup>55</sup> Sobre los diferentes tipos de presas y sus componentes *cf.* H. Morris y J. M. Wiggert (1972), 224-229; M. Schmidt (1993), esp. 635-641; P. Novak *et al.* (2001), 1-288, más bibliografía señalada. Sobre diferentes ejemplos a lo largo de la Historia, *cf.* G. Garbrecht (1991); N. J. Schnitter (1994); y D. C. Jackson (1997), más bibliografía señalada; sobre el tipo específico que se tratará en estas páginas, *cf.* Ch. Kutzner (1997), más bibliografía señalada; sobre ejemplos en el mundo hitita, *cf.* A. Hüser (2007), más bibliografía señalada.

<sup>56</sup> Para canales de derivación, *cf.* n. 73.

<sup>57</sup> D. C. Jackson (1997), XXIV: “[las presas de gravedad] depend upon their shape -and not simply their mass- for stability in resisting hydrostatic pressure. In essence, the amount of material in a structural dam is not as important as developing a design that utilizes the strength (as opposed to the weight) of the material used to build the dam”.

en planta esta forma, no pertenecen con propiedad a esta tipología ya que estructuralmente no son tales, sino de *arco-gravedad*<sup>58</sup>.

Por tanto, de estos dos tipos, el documentado durante el período hitita es el de *gravedad*, ya que no requiere un terreno con particulares características<sup>59</sup> y estructuralmente es el menos complejo, basándose en la resistencia que el peso del propio dique y su forma presentan contra el empuje del agua.

Dentro de las presas *de materiales sueltos* (Fig. 15), clasificables estructuralmente como *de gravedad* y funcionalmente como de *desviación* y *almacenamiento*, se distinguen<sup>60</sup> entre *de relleno de tierra*, *de relleno de piedras, con núcleo*, y *con pantalla* (Fig. 21). Todas ellas están construidas con arcillas, limos, arenas, gravas y/o rocas, materiales presentes en el entorno en el que se levanta el dique. Son por tanto, las más eficientes atendiendo a los costes del material, su traslado y la construcción posterior.

Las *de relleno de tierra* están compuestas en más de un 50% por tierras fuertemente compactadas, las *de relleno de piedras*, por material pétreo de grano medio/grueso; en ambas el dique no presenta otros componentes, de ahí que se denominen también *homogéneos*<sup>61</sup> (Fig. 21A). Las terceras, *con núcleo* (Figs. 21D-F), tienen en su interior un cuerpo central realizado con un material de propiedades hidrófugas –para el período hitita, arcilla– que suele cimentarse por debajo del nivel de la superficie del terreno sobre el que se asienta el dique y cuya función es impedir las filtraciones desde el talud de aguas arriba y aumentar la estabilidad de la obra. Este núcleo puede ser perpendicular al eje de la presa (Figs. 21D,F) o bien estar inclinado, en general en paralelo al talud de aguas arriba (Fig. 21E). El cuarto tipo, *con pantalla* (Fig. 21C), incluye una cubierta en el talud de aguas arriba realizada con piedra y/o arcilla que profundiza en el cuerpo de la presa para protegerla de las filtraciones.

Los tipos pueden combinarse entre sí, de tal modo que puede darse un dique *no homogéneo*, es decir, de *relleno de piedras y tierra* (Fig. 21F); de *relleno de piedras con pantalla*, con núcleo central y pantalla, etc. Todos ellos deben tender a la impermeabilidad, pero lo cierto es que dejan pasar una cierta cantidad de agua a través, es el *nivel de filtración de tolerancia* cuyo máximo marca el límite de filtración que puede resistir la presa<sup>62</sup>.

Al mismo tiempo, *suelen* contar con algún sistema de control del volumen de agua embalsada con vistas a garantizar la seguridad y la estabilidad de la obra, así como la seguridad del entorno protegiéndolo de un sobrevertido<sup>63</sup>. Estos sistemas de evacuación se

<sup>58</sup> D. C. Jackson (1997), XXIV: “gravity dams and arch dams depend upon different structural principles for their basic stability, but confusion can arise when a structure contains enough material to function as a gravity dam but is built along a curved axis. In a curved gravity dam the dimensions of the profile are large enough to function as a gravity structure.”

<sup>59</sup> Ch. Kutzner (1997), 10: “embankment dams do not demand special conditions of abutment stability or of valley size as, in contrast, arch dams do.”

<sup>60</sup> Ch. Kutzner (1997), 83-88; P. Novak *et al.* (2001), 11-14; A. Schoklitsch (1962), 483 *apud* A. Hüser (2007), 30.

<sup>61</sup> M. Schmidt (1993), 637: “Ist das Dichtungsmaterial in ausreichendem Umfang vorhanden, so kann der ganze Damm mit Ausnahme der Böschungsschutzzonen aus ihm hergestellt werden (homogener Damm).”

<sup>62</sup> H. M. Morris y J. M. Wiggert (1972), 240ss; Ch. Kutzner (1997), 101: “Water seeps through each dam. It is one of the tasks of design and construction to make the structure functional in the sense that the water is tolerable and small.”

<sup>63</sup> H. M. Morris y J. M. Wiggert (1972), 254-275; N. J. Schnitter (1994), 214-227; P. Novak *et al.* (2001), 19-20, 63 *sub* (b), 66 *sub* (e): “It is potentially dangerous to construct an outlet culvert on a compressive foundation within the fill itself owing to the effects of differential deformations and possible cracking”, y 176-182, 191-198. El uso de la cursiva en “suelen” refiere por una parte a que la presencia de este tipo de estructuras de control no responde a una necesidad estructural y por otra, a que hasta el momento se carece de pruebas arqueológicas conclusivas sobre el particular para el período hitita.

dividen principalmente en dos, aliviaderos o vertederos y compuertas, constituyendo uno de los puntos más débiles en la estructura de un dique de *materiales sueltos*. Pueden darse aliviaderos con compuertas, aunque en las obras hidráulicas hititas no estén inequívocamente documentados<sup>64</sup>. En general debe evitarse el paso del agua por encima de la corona de una presa de *materiales sueltos* y con ello la erosión de su paso, y el aumento de la probabilidad de filtraciones<sup>65</sup>.

Las compuertas pueden ser abiertas y cerradas en cualquier momento para permitir el desalojo controlado del agua de modo que el nivel de la misma se mantenga, descienda o alcance un punto determinado. Para el período hitita se documentan sólo aquellas realizadas en madera y encajadas en una suerte de carriles por los que se desplazan verticalmente. No se ha hallado ningún ejemplar pero sí la estructura en la que se asentaban, aunque no en un dique sino en un estanque<sup>66</sup>. En las presas de *materiales sueltos* las compuertas deben ubicarse aguas arriba, en el punto de la toma de agua. La posibilidad de que se localicen, como se ha propuesto para Karaküyü, en el talud de aguas abajo como parte de una o más canalizaciones contenidas en una suerte de túnel que atravesara el dique comunicando el embalse con el exterior no se documenta durante el período hitita<sup>67</sup>.

Los aliviaderos permiten el desembalse de agua a partir de un punto determinado - *nivel máximo normal*- (Fig. 15) asegurando la estabilidad de la obra, y se sitúan en uno de los laterales del dique o encima de él. En las presas de *materiales sueltos* se ubican siempre fuera del cuerpo del dique en uno de sus extremos, generalmente aprovechando un desnivel del terreno. Son canales abiertos que deben estar contruidos en materiales resistentes como la piedra ya que se encuentran sometidos a una fuerte erosión.

Los sistemas de impermeabilización dependen del tipo de dique<sup>68</sup>. El agua que inevitablemente se filtra a través de la obra describe una parábola cuyo punto final de salida se localiza a una altura determinada en el talud de aguas abajo dependiendo de los subtipos antes mencionados<sup>69</sup>, la *línea de filtración* (Fig. 15), que debe tender siempre a

<sup>64</sup> En uno de los relieves (British Museum, ANE 124939) del Palacio Norte de Nínive aparece representada una presa de gravedad-mampostería realizada con sillares o ladrillos a través de cuya base y por su extremo izquierdo fluye el agua, cf. A. Bagg (2000), Taf. 56. Los elementos en forma de arco apuntado adosados al dique parecen representar una suerte de contrafuertes más que compuertas ya que los tres descansan a la misma altura pero sólo a través de uno de ellos se produce el paso del agua, quizá porque acoge en su interior una canalización.

<sup>65</sup> J. Schnitter (1994), 215: “The simplest way to dispose of excess flood waters was to let them flow over the crest of the dam, provided it was built of masonry or concrete and not too high. At embankment dams the danger of rapid erosion by the overflowing water usually precluded such a solution.”

<sup>66</sup> En Eflatun Pınar, se trata de un sistema de control del agua entrante en la pila. El término hitita para “compuerta” quizá fuera *ıştappešsar-*, cf. EHGI, 81, s.v: sluice, HEG, I-K, 432-433, s.v: *istap(p)-*, MHwH, 282, s.v.; *contra* HED, E-I, 471-475, s.v: *istap(p)-*, esp. 473: “dam”; EDHIL, 415-6, s.v: *ıştāp-/ıştapp-*: “‘to plug up, to block, to dam...’, derivatives *ıştappēšsar/ıştappēšn-* (n.) ‘dam, enclosure’”.

<sup>67</sup> A. Hüser (2009), 170: “Regelrechte Grundablässe, wie bei heutigen Stauwerken üblich, sind uns bislang aus dem hethitischen Wasserbau nicht überliefert.”; A. Schachner y H. Wittenberg (2012b), 246-249.

<sup>68</sup> M. Schmidt (1993), 628: “In der Mehrzahl der Fälle besteht bei Staudämmen der Stützkörper und das Wasserdichtungselement aus getrennten Zonen.”, *Ibidem*, 635: “Nach der Art der verwendeten Dichtungsmaterialien unterscheidet man Dämme mit natürlicher Dichtung und Dämme mit künstlicher Dichtung. Im ersten Fall wird der örtlich anstehende Lehm oder Ton oder örtlich anstehender verwitterter Fels verwendet”.

<sup>69</sup> M. Schmidt (1993), 636: “Staudämme sind stets so zu gestalten, daß mögliche Sickerlinien innerhalb des Dammes bleiben und nicht an der luftseitigen Böschung austreten (...) bei homogenen Dämmen aus natürlichem Dichtungsmaterial (...) sind (...) Dränungen am Dammfuß, (...) Flächendrainagen im luftseitigen Teil (...), Flächendränungen mit aufgehendem Teil”.

finalizar en el interior de la obra o en el terreno original para evitar la perforación del dique<sup>70</sup>.

Todos los tipos de presas documentados en el período hitita pertenecen al tipo *de materiales sueltos* y presentan una pantalla al menos en el talud de aguas arriba. Esta pantalla (*Fig. 21C*) protege el cuerpo del dique contra las filtraciones y los efectos de los cambios de temperatura que, al provocar contracciones y expansiones en los materiales, resquebrajan la estructura. Esta pantalla está realizada con piedras de tamaños diversos, trabajadas o no, a la que puede añadirse una capa de arcilla para mejorar la impermeabilidad y sellar los espacios entre ellas<sup>71</sup>. En el talud de aguas abajo debe evitarse el crecimiento de plantas, pues sus raíces afectarían a la estabilidad del dique, de modo que también pueden darse diques con una pantalla pétreo en este lado.

En ocasiones la presa puede constar también de un sistema de drenaje en el talud de aguas abajo: un pequeño muro de guarda, un cuerpo trapezoidal realizado en piedra con o sin aporte de arenas y colocado en la base del mismo (*Figs. 15, 21B-F*). La función de estos cuerpos es hacer descender la línea de filtración hasta el punto en el que se encuentran, impidiendo que finalice por encima de la superficie sobre la que se asienta la presa y desviando hacia el suelo la ruta que seguiría el agua.

En líneas generales, una presa *de materiales sueltos* se construye apilando y compactando estos mismos materiales<sup>72</sup>. En primer lugar debe prepararse el terreno una vez que la idoneidad del mismo ha sido establecida, comenzando por desecarlo mediante canales<sup>73</sup> y/o diques de derivación. Estos canales pueden ser utilizados una vez completado el embalsado para regular el volumen de agua entrante o bien para canalizar parte de ella a otros destinos. Los materiales deben ser mezclados entre sí y también con agua, lo que permite una mejor compactación de los mismos al tiempo que les aporta la flexibilidad necesaria para evitar fracturas. Debe realizarse la cimentación, elevar el núcleo en caso de que lo haya, apilar y compactar los materiales con especial atención a la construcción del

<sup>70</sup> H. M. Morris y J. M. Wiggert (1972), 240ss., Figs. 6-8, 6-9, 6-10; esp. 242: “In the case of seepage through an earth dam, the boundary flow lines are the contact line with the impervious rock stratum at the base or below the base and the topmost seepage line, or *phreatic line*, corresponding to the water table in groundwater flow.”

<sup>71</sup> Sobre el uso de los diferentes tipos de arcilla usada como impermeabilizante *cf.* J. Seeher (2001), 348, para arcilla *amarilla*; P. Neve (1991), 343, *Ídem* (1995), Abb. 13; J. Seeher (1997), 331; *Ídem* (2006), 19, para arcilla *roja-marrón*; K. Bittel (1955), 9; P. Neve (1982), 128, *Ídem* (1990), 285, *Ídem* (1991), 338; *Ídem* (1999), 118, 119 y J. Seeher (2006), 9 para arcilla *azul y/o verde*. Se recogen aquí los diferentes tipos de arcillas tal y como aparecen señalados en la bibliografía arqueológica pero debe tenerse en cuenta que la descripción de las arcillas en base a su coloración no es un criterio petrológico que aporte, más allá de ciertas generalidades, ningún dato fiable sobre su composición, ni por tanto sobre su mayor o menor permeabilidad y por ello tampoco sobre su adecuación a determinados usos y su eficacia. (Conversación personal del 15-11-11 con A. Aparicio, Investigador Científico del Instituto de Geociencias, Dpto. de Dinámica Terrestre, CSIC-UCM). Sobre margas con propiedades impermeables sobre las que se asientan, excavadas o no, estructuras para contener agua, *cf.* J. Seeher (1997), 333; *Ídem* (2001), 343, 348; A. Hüser (2009), 168.

<sup>72</sup> D. C. Jackson (1997), XIII: “(...) the basic principle underlying the tradition is simply: accumulate as much material as possible, thus increasing the likelihood that the structure will achieve long-term stability.”; Ch. Kutzner (1997), 83: “(...) the high is limited, for practical reasons, to about 30 to 35 m. Exceptions may be two dams 70 m in height now almost completed in India.” Sobre los pasos a seguir en la erección de un dique, *cf.* Ch. Kutzner (1997), 232-295, más bibliografía señalada. Dos reconstrucciones de la erección de un dique en época hitita en: A. Hüser (2009), 166, Abb. 4 c, d.

<sup>73</sup> A. Parker (1971), 35-36: “The pipe-conduit method is a single-stage diversion procedure widely used in the construction of earth- or rock-fill dams on small streams. (...) At the upstream end of the conduit either a permanent-gate structure is erected, so that the diversion conduit will also serve as a permanent river outlet. (...) In some cases where pipe conduits are used, instead of blocking out for the conduit, the pipe is (...) used as part of the permanent stream regulating facilities. It is one of the simplest diversion procedures.”

drenaje y, si la presa consta también de una pantalla, levantarla una vez que ambos taludes están listos. Los diques pueden ser también reformados para aumentar su altura en caso que se necesite ampliar la capacidad de embalsado, aplicándose el método más apto para cada caso. En las presas de *materiales sueltos* lo más sencillo es aumentar las dimensiones de la obra hacia arriba y hacia el talud de aguas abajo, manteniendo la pendiente original del talud de aguas arriba; pero la existencia de un núcleo y el tipo del mismo condicionarán el procedimiento a seguir<sup>74</sup>.

Al construirse una presa, el terreno sobre el que se asienta sufre modificaciones debidas al peso de la estructura, generalmente un descenso del nivel de cota. Pero también la propia obra cambia debido al asentamiento de los materiales de la misma y de su cimentación, como consecuencia del primer embalsado y producto del desgaste por el uso<sup>75</sup>. El coeficiente de tiempo de vida estimado de una presa se denomina *durabilidad*<sup>76</sup>.

En cuanto a los posibles daños derivados del asentamiento de los materiales destaca la flexión del núcleo, más difícil si éste es del tipo *inclinado*; el craquelado del material compactado incluyendo fisuras, y la inestabilidad de los taludes. Aquellos consecuencia del embalsado derivan en filtraciones y en un deslizamiento total o parcial de la estructura consecuencia de la presión ejercida por el agua<sup>77</sup>. Los tipos principales de fracturas son tres: perpendiculares, oblicuas y paralelas al eje mayor del dique (*Fig. 22*). Las primeras se producen por un desequilibrio en el reparto de las tensiones a las que está sometida la obra (*Fig. 22A*), las segundas, debido a una abrupta diferencia de cotas en la zona de aguas arriba que deriva en un craquelado de la presa (*Fig. 22A'*), y la tercera es consecuencia de un asentamiento defectuoso de la obra (*Fig. 22B*).

## 6. POTABILIDAD

En cuanto al uso dado al agua recogida, solo presenta problemas el destinado a consumo humano puesto que requiere unas mínimas condiciones de salubridad. Naturalmente, los sistemas actuales de potabilización en los que prevalece el uso de agentes químicos difieren con mucho de los usados durante el período hitita. Para esta época se dan sólo el hervido, la decantación y el filtrado<sup>78</sup>; siendo posible también que fueran usados ciertos tipos de peces cuyo estado de salud da cuenta del del agua<sup>79</sup>. A pesar de ello no se excluía totalmente el riesgo de la ingesta de patógenos, como ponen de

<sup>74</sup> M. Schmidt (1993), 646, Bild. 14.35.

<sup>75</sup> Ch. Kutzner (1997), 96: "The relation of the three components, namely construction settlement, post-construction settlement and foundation settlement, remains unknown since in many cases the consolidations due to dead load and due to impounding overlap each other." Para una visión general y completa de los diferentes daños que puede sufrir un dique, cf. *Ibidem*, 91-103, 222-227, 286-295, más bibliografía señalada; P. Novak *et al.* (2001), 58-61, 82-85, 91-93.

<sup>76</sup> Ch. Kutzner (1997), 287: "In the literature ageing processes are also dealt with under the term 'durability'. This term includes processes in the foundation which are started or accelerated by the stored water in a reservoir. Examples are the dissolution of gypsum, the development of karst (...)." *Ibidem*.

<sup>77</sup> Para un tratamiento exhaustivo sobre el tema, cf. M. Á. Toledo Municio (1997); y <http://simscience.org/cracks/index.html>, con simulaciones de fracturas-tipo.

<sup>78</sup> Se documentan también objetos cerámicos con perforaciones cilíndricas interpretadas como "tapas-filtrantes" (*Siebdeckel*), cf. F. Fischer (1963), Taf. 116, 118, n° 1031, 1018; A. Müller-Karpe (1988), 144-145, Taf. 48 Si.; H. Parzinger y R. Sanz (1992), 31; D. P. Mielke (2006), Typ D2, 137, Taf. 74, 16-22. También se dan jarras con filtros incorporados, cf. F. Fischer (1963), 41. Taf. 31, 34 n° 309. De la época del *kārum* se documentan coladores, cf. F. Kulakoğlu y S. Kangal (2010), Kat. 139.

<sup>79</sup> Cf. M. Kattner (2007), 155: "(...) traditionally, a fresh water fish, the *fen miru mas*, the 'fish indicating tasty water', is kept in each pond. As long as the fish do well, people know that they do not have to be concerned about the quality of fresh water."

manifiesto las plagas sufridas por la población y las advertencias en algunos textos a la necesidad de mantener la pureza del agua.

El agua procedente de manantiales o fuentes es filtrada de manera natural, por lo que no necesita mayores tratamientos antes de ser consumida. Es probable que el agua de los ríos, como hoy en día sucede con la de los regatos de montaña, fuera consumida directamente, pues el hecho de estar en movimiento la oxigena e impide el crecimiento de algas y microorganismos<sup>82</sup>; sin embargo, si el río arrastraba grandes cantidades de sedimentos, como es el caso del Kızılırmak, es muy probable que fuera tratada o que no fuera consumida. En todos los demás casos es necesario, o al menos muy recomendable, su tratamiento posterior con el fin de evitar en lo posible la ingesta de microorganismos.

El agua embalsada, como la de los *impluvia*, lagos, embalses, cisternas y estanques; y naturalmente la contenida en las canalizaciones que de ellos parten, contiene partículas en suspensión, varios tipos de algas y gran cantidad de bacterias y gérmenes<sup>83</sup>.

Las partículas en suspensión se dividen en tres tipos atendiendo a su tamaño: de  $5 \cdot 10^{-4}$  mm, entre  $5 \cdot 10^{-4}$  y  $5 \cdot 10^{-6}$  mm, y entre  $5 \cdot 10^{-6}$  y  $5 \cdot 10^{-7}$  mm. Las primeras son eliminables por filtración o sedimentación, es decir, son las únicas que podían hacerse desaparecer en época hitita; el resto exige métodos químicos modernos para su eliminación.

Contra las algas se hace indispensable el filtrado. Unos cedazos de malla muy fina, de tela o metal, de hasta 0,05 mm separan la mayor parte de ellas, quedando sólo las más pequeñas.

Los diferentes tipos de patógenos sobreviven un máximo de 26 días en depósitos cerrados siempre que el agua se mantenga en reposo, es decir, sin que haya flujo de entrada ni de salida al contenedor; a oscuras, a una baja y constante temperatura, y que las paredes de estos contenedores sean regulares para impedir que estos microorganismos se fijen a ellas<sup>84</sup>.

## 7. CONCLUSIONES

Los hititas, como tantos otros pueblos, también próximo-orientales, desarrollaron diversas técnicas para el aprovechamiento de los recursos hídricos del territorio en el que se asentaban, para solventar los problemas derivados del exceso de agua y para la evacuación de las aguas residuales<sup>85</sup>, adaptando estas mismas soluciones a la geomorfología y al clima de Anatolia. De ahí que para asegurar un volumen de agua anual

<sup>80</sup> Como por ejemplo, la sufrida durante el reinado de Šuppiluliuma I y sus sucesores, Arnuwanda II y Muršili II. Cf. H. Klengel (1999), 135-201.

<sup>81</sup> Algunos textos hititas recogen estas prácticas presumiblemente potabilizadoras como habituales, así como el castigo reservado a sus infractores, como KUB 13.3 Vs. III 21ss. (CTH 265), “Instrucciones al Personal de Palacio”, cf. A. Götze (1969), 207; A. Ünal (1993), 123, y n. 12; P. Dardano (1997), 7; F. Pecchioli Daddi (2004), 453, 467, y n. 22.

<sup>82</sup> W. Such y H. Bernhardt (1993), 782: “Nur echtes Grundwasser, das dem natürlichen Wasserkreislauf aus genügender Tiefe und ausreichend filtrierenden Schichten entnommen wird und keinerlei Beeinträchtigungen ausgesetzt ist, (...) bedarf normalerweise keiner weiteren Aufbereitung.”; *Ibidem*, 805: “Bei der Passage des Wassers durch Langsamfilter bzw. den Untergrund findet die Abtötung der Bakterien weitgehend auf natürlichem Wege durch die hier ablaufenden physikalischen und biochemischen Prozesse statt. (...) Viren (werden) in ausreichendem Maße inaktiviert.”

<sup>83</sup> Cf. R. J. Forbes (1995), I, 177; para las algas, cf. A. Hüser (2007), 84.

<sup>84</sup> Se trata de resultados de laboratorio, en: M. Döring (2007), 9: “Wasser aus einer Zisterne in der Sammelphase kann also bedenkliche Qualität annehmen und ist nicht unbedingt zum trinken geeignet”, más bibliografía señalada.

<sup>85</sup> P. Neve (1999), 147: : “(...) die Beseitigung von Oberflächwasser in einer damals gegenüber heute offenbar mehr niederschlagsreichen Landschaft dürfte (...) ein Hauptproblem dargestellt haben.”

suficiente para fines productivos y de consumo humano se construyeran embalses en los alrededores de algunos asentamientos como Šarišša y Alaca Höyük y en zonas áridas donde el clima continental se subdivide en “Anatólico interior” de pautas esteparias. Pero no solo se realizaron grandes obras para compensar la diferencia entre aporte natural de agua y necesidades de un asentamiento. La arqueología revela que la elección del lugar de un núcleo de población dependía de la proximidad a manantiales y/o cursos de agua, así como que se trazaba una red de conducciones de evacuación para deshacerse del agua sobrante. Los textos señalan también esta preocupación con referencias a la necesidad de que el agua para consumo humano fuera potable, incluyendo entre las funciones principales de los Gobernadores de Provincia (ac. *BĒL MADGALTI*, hit. *auri(y)aš išḫa-*) la supervisión de las estructuras hidráulicas de la ciudad, de sus canales de riego y de las ceremonias periódicas dedicadas a sus fuentes<sup>86</sup>.

Textos y evidencias arqueológicas revelan la importancia del agua<sup>87</sup> como recurso fundamental para la supervivencia y desarrollo de la población, desde el nivel más básico hasta el más complejo de la organización del Imperio, creándose y desarrollándose soluciones técnicas llamadas a mejorar la eficiencia del acceso, acopio y evacuación de este recurso.

## 8. ABREVIATURAS

AA	Archäologischer Anzeiger, Berlin.
ANES	Ancient Near Eastern Studies, Leuven-Paris-Dudley.
ANET	Pritchard, J. B.; <i>Ancient Near Eastern Texts Relating to the Old Testament</i> , 3d Edition with Supplement; Princeton, 1969.
BaF	Baghdader Forschungen, DAI Berlin.
BMECCJ	Prince Takahito Mikasa, H. I. H. (Ed.); Bulletin of the Middle Eastern Culture Center in Japan, Wiesbaden.
Bogazköy	IV Bittel, K.; Güterbock, H.G.; Hauptman, H.; Kühne, H.; Neve, P.; Schirmer, W.; <i>Boğazköy IV. Funde aus den Grabungen 1967 und 1968</i> ; Berlin, 1969.
CHD	Güterbock, H. G. y Hoffner, H. A.; <i>The Hittite Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago</i> ; Chicago, 1980ss.
CTH	Catalogue des textes hittites.
DBH	Dresdner Beiträge zur Hethitologie, Dresden.
DiskAB	Diskussionen zur Archäologischen Bauforschung, Deutsches Archäologisches Institut, Architektur-Referat, Mainz-am-Rhein.
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
EDHIL	Kloekhorst, A.; <i>Etymological Dictionary of the Hittite Inherited Lexicon</i> ; Leiden, 2008.
EHGI	Hoffner, H. A. Jr.; “An English-Hittite Glossary“, en: RHA 25, 1967.
FsBittel	Boehmer, R. M. y Hauptmann, H. (Eds.); <i>Beiträge zur Altertumskunde Kleinasiens</i> , 1983, Mainz.

<sup>86</sup> Cf. F. Pecchioli Daddi (2003); R. Beal (1992), esp. 42-43, n. 172.

<sup>87</sup> Esta importancia enlaza con una concepción *simbólica* de la misma cuyo análisis es objeto de estudio de la tesis doctoral de esta autora, “El agua dulce en la cultura hitita”, defendida en julio de 2014, y de la cual se ha extraído el presente artículo, presentado en 2013.

FsCarruba	Archi, A. y Pecchioli Daddi, F.; <i>Studi di Ittitologia in honore di Onofrio Carruba</i> ; en: <i>Orientalia</i> 73/4, 2004.
FsGüterbock	Bittel, K.; Houwink ten Cate, Ph. H. J. y Reiner, E. (Eds.); <i>Anatolian Studies Presented to Hans Gustav Güterbock on the Occasion of his 65th Birthday</i> ; Istanbul, 1974.
FsT.Özgüç	Emre, K.; Hrouda, B.; Mellink, M.; Özgüç, N. (Eds.), <i>Anatolia and the Ancient Near East. Studies in Honour of Tahsin Özgüç</i> ; Ankara, 1989.
HED	Puhvel, J.; <i>Hittite Etymological Dictionary</i> ; Berlin, 1974ss.
HEG	Tischler, J.; <i>Hethitisches Etymologisches Glossar</i> ; Innsbruck, 1977-2001.
HHW	Tischler, J.; <i>Hethitisches Handwörterbuch</i> ; Innsbruck, 2001.
HW <sup>2</sup>	Kammenhuber, A. y Hazenbos, J. (Eds.); <i>Hethitisches Wörterbuch 2. Zweite, völlig neuarbeitete Auflage</i> ; Heidelberg, 1975ss.
Ist.Mitt	Istanbuler Mitteilungen, Tübingen.
KBo	Keilschrifttexte aus Boghazköi, Leipzig-Berlin, 1916ss.
KUB	Keilschrifturkunden aus Boghazköi, Berlin.
MDOG	Mitteilungen der Deutschen Orient-Gesellschaft zu Berlin.
MHW	Ünal, A.; <i>Multilinguales Handwörterbuch des Hethitischen/A Concise Multilingual Hittite Dictionary/Hititçe Çok Dilli El Sözlüğü</i> ; Hamburg, 2007.
RIA	Reallexikon der Assyriologie, Berlin.
StBoT	Studien zu den Boğazköy-Texten, Wiesbaden.
StMed	Studia Mediterranea, Pavia.
TAD	Türk Arkeoloji Dergisi, Ankara.
TAVO	Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Wiesbaden.
THeth	Text der Hethiter, Heidelberg.
WAW	Writings from the Ancient World, Society of Biblical Literature, Atlanta.
WVDOG	Wissenschaftliche Veröffentlichung der Deutschen Orient-Gesellschaft, Leipzig/Berlin.
Yaz.	Bittel, K.; Naumann, R. y Otto, H.; <i>Yazılıkaya. Architektur, Felsbilder, Inschriften und Kleinfunde</i> , Leipzig, 1941.
Yaz <sup>2</sup> .	Bittel, K.; Bössneck, J.; Damm, B.; Güterbock, H. G.; Hauptmann, H.; Naumann, R. y Schirmer, W.; <i>Das hethitische Felsheiligtum Yazılıkaya</i> , Berlin, 1975.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- AL-DBIYAT, M. Y MOUTON, M. (Eds.)  
2009. *Stratégies d'acquisition de l'eau et société au Moyen-Orient depuis l'Antiquité*; Beyrouth.
- BAGG, A. M..  
2000. *Assyrischen Wasserbauten*, en: BaF 24.
- BEAL, R.  
1992. *The Organization of the Hittite Military*, en: THeth. 20.
- BECKMAN, G.  
1996. *Hittite Diplomatic Texts*, Georgia.
- BECKMAN, G.; BRYCE, T. R.; CLINE, E. H.  
2011. *The Ahhiyawa Texts*, en: WAW 28.
- BITTEL, K.  
1936. "Vorläufiger Bericht über die Ausgrabungen in Boğazköy 1935", en: MDOG 74.  
1955. "Vorläufiger Bericht über die Ausgrabungen in Boğazköy im Jahre 1954", en: MDOG 88, 1-32.  
1974. "Bemerkungen zum Löwenbecken in Boğazköy und zum Felsrelief bei Sirkeli", en: FsGüterbock, 65-72.  
1989. "Bemerkungen zum hethitischen Yazilikaya", en: FsT.Özgüç, 33-38.
- BITTEL, K., SCHAEUBLE, J., HERRE, W., RÖHRS, M., OTTEN, H.  
1958. "Die hethitischen Grabfunde von Osmankayasi", en: WVDOG 71.
- BOOHER, L. J.  
1974. *Surface Irrigation*, Roma.
- BOSON, W.  
1932. "Baumaterial und Bausteine", en: RIA I, 435-438.
- BRETSCHNEIDER, H., LECHER, K. Y SCHMIDT, M. (Eds.)  
1993. *Taschenbuch der Wasserwirtschaft*; Hamburg-Berlin.
- BRYCE, T.  
2002. *Life and society in the Hittite World*; New York.
- CZICHON, R.; KLINGER, J.; BREUER, P.; EERBEEK, J.; FOX, S.; MARINOVA-WOLFF, E.; MARQUARDT, H.; VON DER OSTEN-WOLDENBURG, H.; REICHMUTH, S.; RIEHL, S. Y JOHANNSEN, TH.  
2011. "Archäologische Forschungen am Oymaağaç Höyük/Nerik (?) in den Jahren 2007-2010", en: MDOG 143, 169-250.
- ÇIFÇI, A Y GREAVES, A. M.  
2013. "Urartian Irrigation Systems: A Critical Review", en: ANES 50, 191-214.
- DITTMAN, R. Y RÖTTGER, U.  
2010. "Innerstädtische Geländebegehungen", en: A. Schachner, 2010, 181-188.
- EDGEWOTH, M.  
2011. *Fluid Past. Archaeology of Flow*; London.

- EERBEEK, J.  
2011. "The Hittite Tunnel or "Secret Spring" (77/85-86)", en: Czichon, R. *et al.*, 238-243.
- EROL, N.  
1983. *Die Naturräumliche Gliederung der Türkei*, en: TAVO A 13.
- FISCHER, F.  
1963. *Die hethitische Keramik von Boğazköy*, en: WVDOG 75.
- FORBES, R. J.  
1955. *Studies in Ancient Technology II*; Leiden.
- FORLANINI, M.  
1992. *Kleinasien. Das Hethitische Reich im 14.-13. Jahrhundert v. Chr.*, en: TAVO B III 6.
- FORLANINI, M. Y MARAZZI, M.  
1986. *Atlante Storico del Vicino Oriente Antico / Anatolia: L'Impero hittita*, Roma.
- GARBRECHT, G. (Ed.)  
1991. *Historischen Talsperren 2*, en: DVWK, Stuttgart.
- GARBRECHT, G.  
1986. "Wasserspeicher (Talsperren) in der Antike", in: *Antike Wasserbau, Antike Welt 2*, Sondernummer, 51-62.  
1991. "Vier antike Talsperre in Anatolia", en: Garbrecht, G. (Ed.), 91-100.
- GENZ, H. Y MIELKE, D. P.  
2011. *Insights into Hittite History and Archaeology*, en: *Colloquia Antiqua 2*, Leuven-Paris-Walpole.
- GOETZE, A.  
1950. "Hittite Instructions", en: ANET, 207-211.
- GÜLDALI, N.  
1979. *Geomorphologie der Türkei*, en: TAVO A 4.
- GÜTERBOCK, H. G.  
1969/70. "Das Stierbecken von Dokuz", en: *IstMitt 19/20*, 93-95, Taf. 13, 14
- HEMKER, C.  
1993. *Altorientalische Kanalisation*, Teil 1-2, Münster.
- HOFFMANN, A.  
2004. *Macht der Architektur - Architektur der Macht*, en: *DiskAB 8*, 4-12.
- HOFFNER, H. A.  
1997. *The Laws of the Hittites. A Critical Edition*; Leiden-New York-Köln.
- HÜSER, A  
2007. *Hethitische Anlagen zur Wasserversorgung und Entsorgung*, en: *Kuşaklı-Sarissa 3*, Rahden/Westf.  
2009. "Staudämme - Ein besonderer Aspekt der hethitischen Baukunst", en: *Byzas 9*, 157-175.

HUTTEROTH, W.-D. y Höhfeld, V.  
2002. *Türkei*; Darmstadt.

JACKSON, D.C. (Ed.)  
1997. "Dams", en: *Studies in the History of Civil Engineering 4*, USA-Singapore-Sydney.

KLENGEL, H.  
1999. *Geschichte des hethitischen Reiches*; London.

KLIMSCHA, F.; EICHMANN, R.; SCHULER, CHR. Y FAHLBUSCH, H. (Eds.)  
2012. *Wasserwirtschaftliche Innovationen im archäologischen Kontext. Von den prähistorischen Anfängen bis zu den Metropolen der Antike*; Leidorf.

KOŞAY, H. Z.  
1951. *Alaca Höyük Kazısı 1937-1939. Daki Çalışmalara ve Keşiflere ait ilk Rapor / Les fouilles d'Alaca Höyük. Entreprises par la Société d'Histoire Turque. Rapport préliminaire sur les travaux en 1937-1939*; Ankara.  
1966. *Alaçahöyük Kazısı. 1940 -1948 deki Çalışmalara ve Keşiflere ait ilk Rapor /Ausgrabungen von Alaçahöyük. Vorbericht über die Forschungen und Entdeckungen von 1940-1948*; Ankara.

KRAUSE, K.  
1936. "Tempel V, der sogenannte "Palast", en: *MDOG 74*, 33-45.

KULAKOĞLU, F. Y KANGAL, S. (Eds.)  
2010. *Anatolia's Prologue. Kultepe/Kanesh Karum, Assyrians in Istanbul*; Catalogue of the exhibition at the Hagia Irene Museum (Dec. 29 2010 - Mar. 29 2011), Istanbul.

KULL, B.  
1991. *Kleinasien - Mittelbronzezeit*, en: *TAVO B II 14*.

KUTZNER, CH.  
1997. *Earth and Rockfill Dams. Principles of Design and Construction*; Rotterdam.

LAFONT, B.  
2009. "Eau, pouvoir et société dans l'Orient ancien: approches théoriques, travaux de terrain et documentation écrite", en: *Al-Dbiyat, M. y Mouton, M. (Eds.)*, 11-24.

MIELKE, D. P.  
2006. *Die Keramik vom Westhang*, en: *Kuşaklı-Sarissa 2*, Rahden/Westf.

MORRIS, H. G. Y WIGGERT, J. M.  
1972. *Applied Hydraulics in Engineering* (2<sup>a</sup> Ed.), New York.

MOUTON, M.  
2009. "L'eau en partage: territorialité, réseaux d'irrigation et formation des sociétés antiques dans les Basses-Terres du Yemen", en: *Al-Dbiyat, M. y Mouton, M. (Eds.)*, 79-95.

MÜLLER-KARPE, A.  
1988. *Hethitische Töpferei der Oberstadt von Hattuša*, en: *Marburger Studien zur Vor- und Frühgeschichte 10*, Marburg.  
1995. "Untersuchungen in Kuşaklı 1992-94", en: *MDOG 127*, 5-36.

NAUMANN, R.

1971. *Architektur Kleinasiens*, Tübingen.

1983. "Sarıkale in Boğazköy", en: *FsBittel*, 383-390.

NEVE, P.

1969/70. "Eine hethitische Quellgrotte in Boğazköy", en: *IstMitt.* 19/20, 97-107, Taf. 15-18.

1971. *Regenkult-Anlage in Bogazköy Hattusa. Ein Deutungsversuch*, en: *IstMitt*, Beih. 5.

1982. *Büyükkale. Die Bauwerke. Grabungen 1954-1966*; Berlin.

1988. "Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 1987", en: *AA* 1988/3, 357-390.

1990. "Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 1989", en: *AA* 1990/3, 267-303.

1991. "Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 1990", en: *AA* 1991/3, 298-348.

1992. "Die Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 1991", en: *AA* 1992/3, 307-338.

1993. "Die Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 1992", en: *AA* 1993/3, 621-652.

1995. "Kammer 2 und der ‚Heilige Teich‘", en: Hawkins, J. D.; *The Hieroglyphic Inscription of the Sacred Pool Complex at Ḫattuša (SÜDBURG)*, *StBoT* Beih. 3, 9-12.

1999. *Die Oberstadt von Ḫattuša. Die Bauwerke I. Die Bebauung im Zentralen Tempelviertel*, en: *Boğazköy-Ḫattuša XVI*.

2001. *Die Oberstadt von Ḫattuša. Die Bauwerke II. Die Bastion des Sphinxtores und die Tempelviertel am Königs- und Löwentor*, en: *Boğazköy-Ḫattuša XVII*.

NOVAK, P.; MOFFAT, A. I. B.; NALLURI, C. Y NARAYANAN, R.

2001. *Hydraulic Structures*, London-New York.

PALMIERI, A.

1970. "Two Years of Excavations at Arslantepe (Malatya)", en: *TAD* 19/2, 203-211.

1974. "Arslantepe (Malatya). Report on the Excavations 1971-1972", en: *TAD* 21/1, 137-146.

PARKER, A.

1971. *Planning and Estimating Dam Constuction*, New York-Düsseldorf.

PAROUSSIS, M.

1985. "Répartition de la terre et équilibres structuraux. Une tentative d'analyse des listes de champs hittites", en: *Hethitica* 6, 161-184.

PARZINGER, H. Y SANZ, S.

1992. *Die Oberstadt von Ḫattuša. Hethitische Keramik aus dem zentralen Tempelviertel*, en: *Boğazköy-Ḫattuša XV*.

PECCHIOLI DADDI, F.

2003. *Il vincolo per i governatori di provincia*, en: *StMed* 14.

2004. "Palace servants and their obligations", en: *FsCarruba*, 451-468.

PUCHSTEIN, O.

1912. *Boghasköi. Die Bauwerke*, en: *WVDOG* 19.

REICHMUTH, S.

2011. "Mita von Pahhuwa", en: *DBH* 35, 109-144.

SCHACHNER, A.

2010. "Die Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 2009", en: *AA* 2010/1, 161-221.

SCHACHNER, A. Y WITTENBERG, H.

2012. "The ponds of Ḫattuša- Early Groundwater Management in the Hittite Kingdom",

en: IWA Specialized Conference on Water & Wastewater - Technologies in Ancient Civilizations, 22-24 March, Istanbul, 313-319.

2012b. "Zu den Wasserspeisern in Boğazköy/Ḫattuša und der Frage ihrer Befüllung", en: Klimscha, F.; Eichmann, R.; Schuler, Chr. y Fahlbusch, H. (Eds.), 245-255.

SCHIRMER, W.

1969b. *Die Bebauung am unteren Büyükkale-Nordwesthang in Boğazköy*, en: WVDOG 81.

SCHMIDT, M.

1993. "Stauanlagen", en: Bretschneider, H., Lecher, K y Schmidt, M. (Eds.), 613-647.

SCHNITTER, N. J.

1994. *A History of Dams. The useful pyramids*; Rotterdam.

SEEHER, J.

1995. "Die Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 1994", en: AA 1995/4, 597-625.

1997. "Die Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 1996", en: AA 1997/3, 317-341.

1998. "Die Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 1997", en: AA 1998/3, 215-241.

2001. "Die Ausgrabungen in Boğazköy/Ḫattuša 2000", en: AA 2001/3, 333-362.

2002. "Die Ausgrabungen in Boğazköy/Ḫattuša 2000", en: AA 2002/1, 59-80.

2006. "Ergebnisse der Grabungen an den Ostteichen und am mittleren Büyükkale-Nordwesthang in den Jahren 1996-2000", en: Boğazköy Berichte 8.

2006b. *Hattuscha Guide. A Day in the Hittite Capital*; Istanbul.

2009. "Die Techniken der Steinbearbeitung in der hethitischen Architektur des 2. Jahrtausends v. Chr.", en: Byzas 9, 119-156.

2010. "Zur Wasserversorgung und Wassernutzung in der Unterstadt von Hattuša", en: IstMitt. 60, 67-80.

2011. *Götter in Stein gehauen. Das hethitische Felsheiligtum von Yazılıkaya*, Istanbul.

STRANG, V.

2008. "The Social Construction of Water", en: David, B. y Thomas, J. (Eds.), 123-130.

SUCH, W. Y BERNHARDT, H.

1993. "Wasserversorgung", en: Bretschneider, H., Lecher, K y Schmidt, M. (Eds.), Taschenbuch der Wasserwirtschaft, Hamburg-Berlin, 763-845.

TOLEDO MUNICIO, M. Á.

1997. *Presas de escollera sometidas a sobrevertido. Estudio del movimiento del agua a través de la escollera y de la estabilidad frente al deslizamiento en masa*, Tesis, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid.

TRÉMOUILLE, M.-C.

1998. "Les souverains de Ḫattuša, *curatores aquarum*", en: Eothen 9, 183-199.

ÜNAL, A.

1993. "Ritual Purity versus Physical Impurity in Hittite Anatolia. Public Health Structures for Sanitation According to Cuneiform Texts and Archaeological Remains", en: BMECCJ 7, 119-139.

UNESCO/FAO (Ed.)

1973. *Irrigation, Drainage and Salinity. An International Source Book*; Paris.

### 9.1. REFERENCIAS INTERNET

<http://www.mapeonline.com/unesco>

<http://www.nerik.de>

<http://simscience.org>

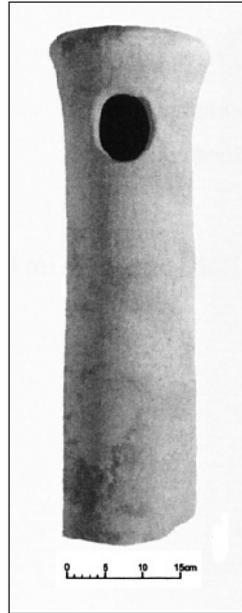


Fig. 1. Canalización cerámica. Šarišša. (de: A. Hüser (2007), Taf. 45).

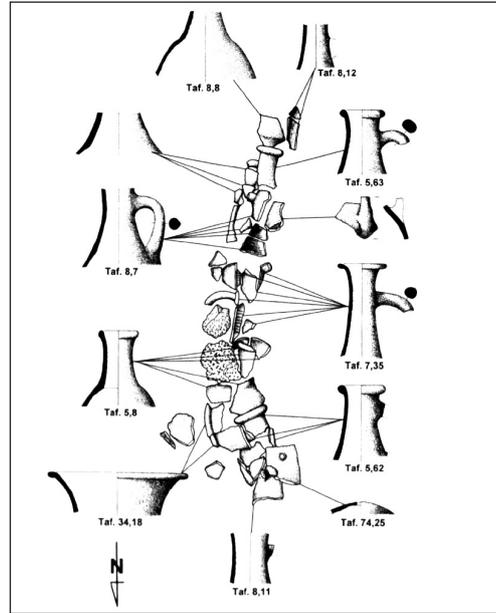


Fig. 2. Canalización de fragmentos cerámicos. Šarišša. (de: D. P. Mielke (2006), Abb. 150).

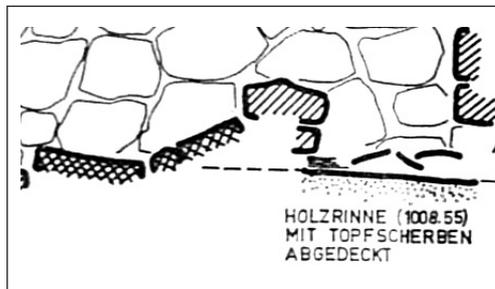


Fig. 3. Canalización en madera. Ḫattuša. (de: P. Neve (1969-1970), Abb. 6).



Fig. 4. Canalización de bloques de piedra ensamblados. Ḫattuša. (de: P. Neve (1992), Abb.32).

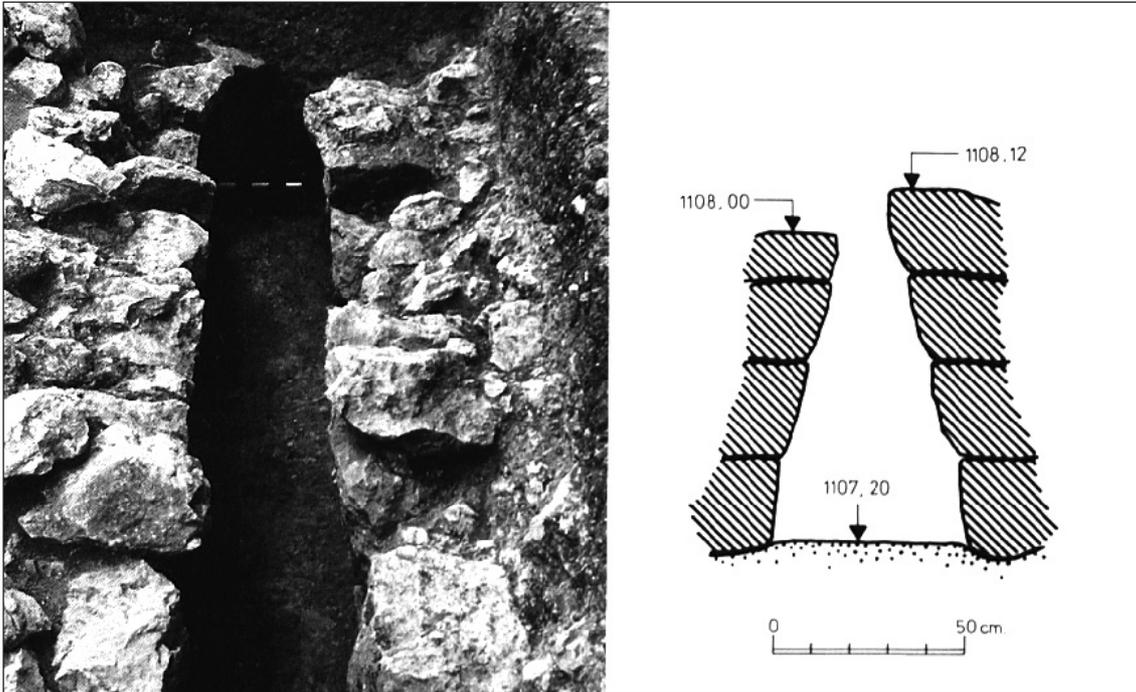


Fig. 5. Canalización en piedra. *Hattuša*. (de: P. Neve (1993), Abb. 7).

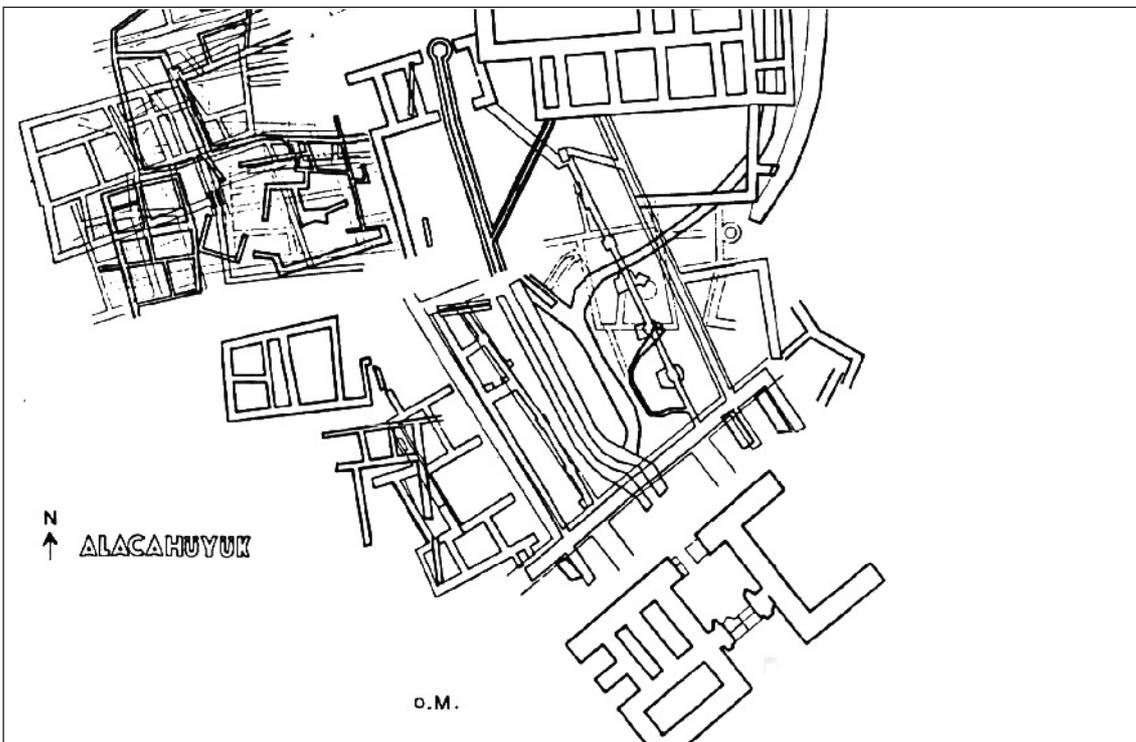


Fig. 6. Red de descarga con canales mayores y fosas. (de: C. Hemker (1993), Abb. 127).

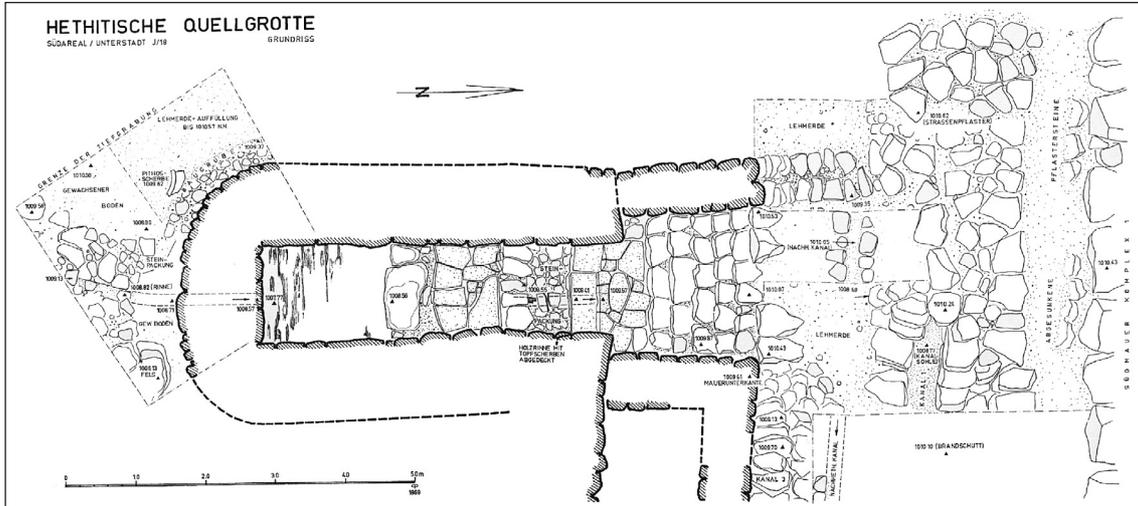


Fig. 7. Hattuşa. Planta de la 'Quellgrotte' con drenaje anterior a la toma de agua. (de: P. Neve (1969-1970), Abb. 5).



Fig. 8. Hattuşa. 'Quellgrotte', en 2009. (de: A. Arroyo, 2009).



*Fig. 9. Eflatun Pinar. "Fachada", en 2009. Desde el sur. (de: A. Arroyo, 2009).*



*Fig. 10. Yalburt, en 2009. Desde el este. (de: A. Arroyo, 2009).*



Fig. 11. Cisterna excavada en la roca. Ḫattuša. (de: Neve, P., 1982, Taf. 51a).

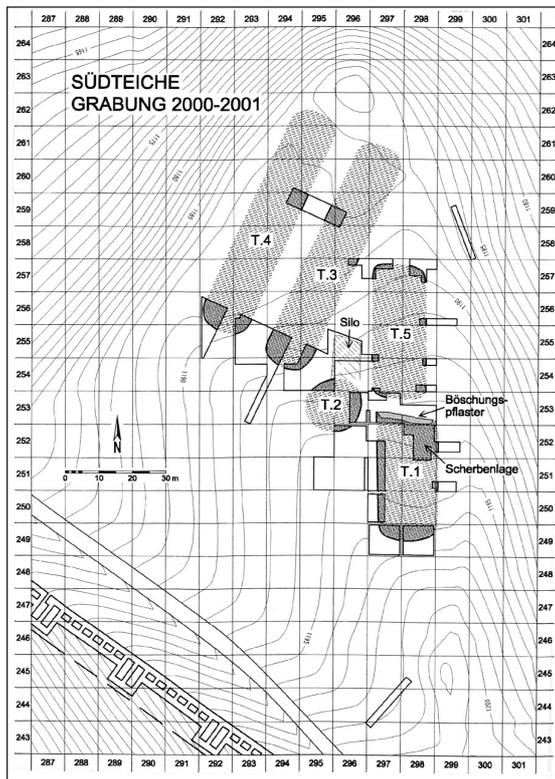


Fig. 12. Cisternas excavadas. Ḫattuša, 'Oberstadt'. Plano de las 'Südteiche' T1-T5. (J. Seeher (2002), Abb. 3).



Fig. 13. Pantalla de piedras. Ḫattuša, 'Oberstadt'. 'Estanque 1'. (P. Neve (1991), Abb. 45).

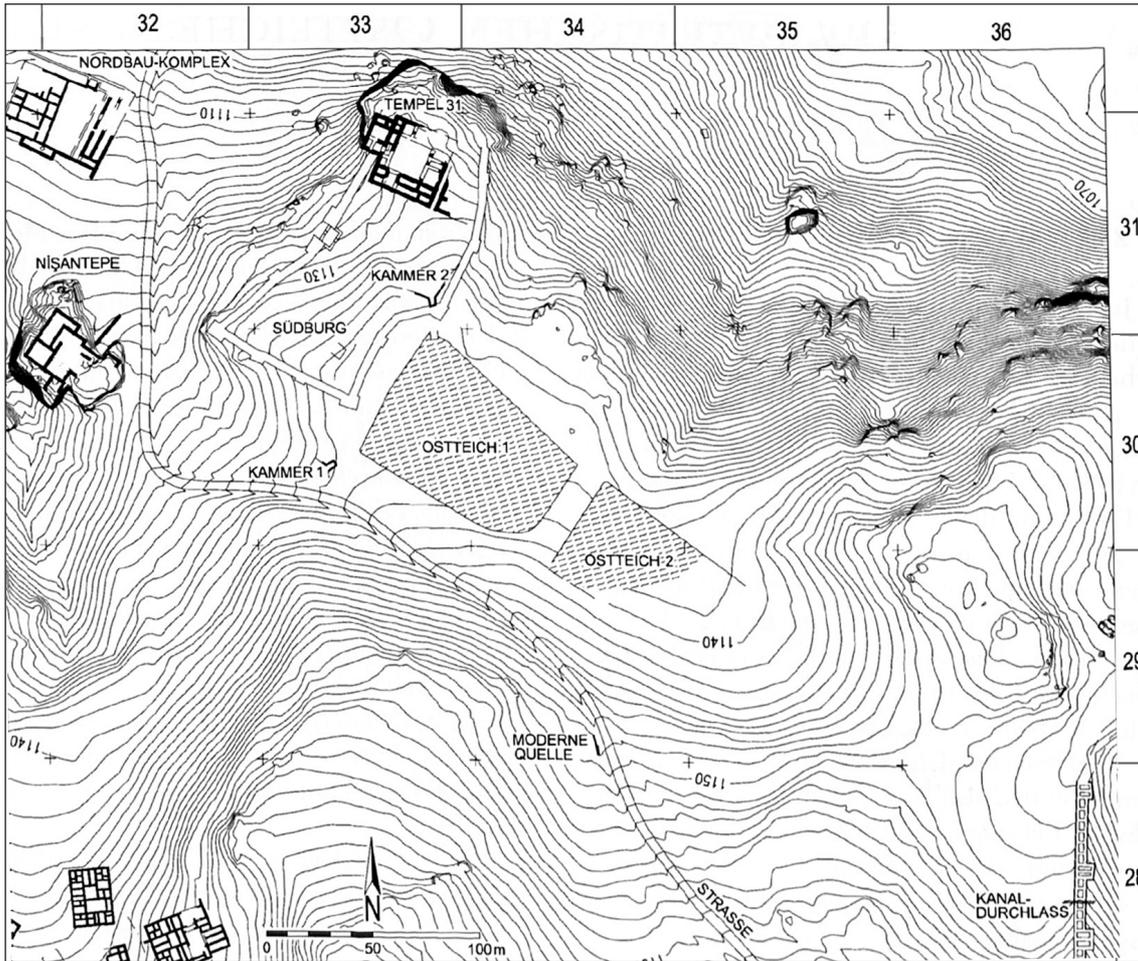


Fig. 14. Hattuša. Conjunto en la Südburg: 'Estanques 1 y 2' y 'Cámaras 1 y 2'. (de: J. Seeher (2006), Abb. 2).

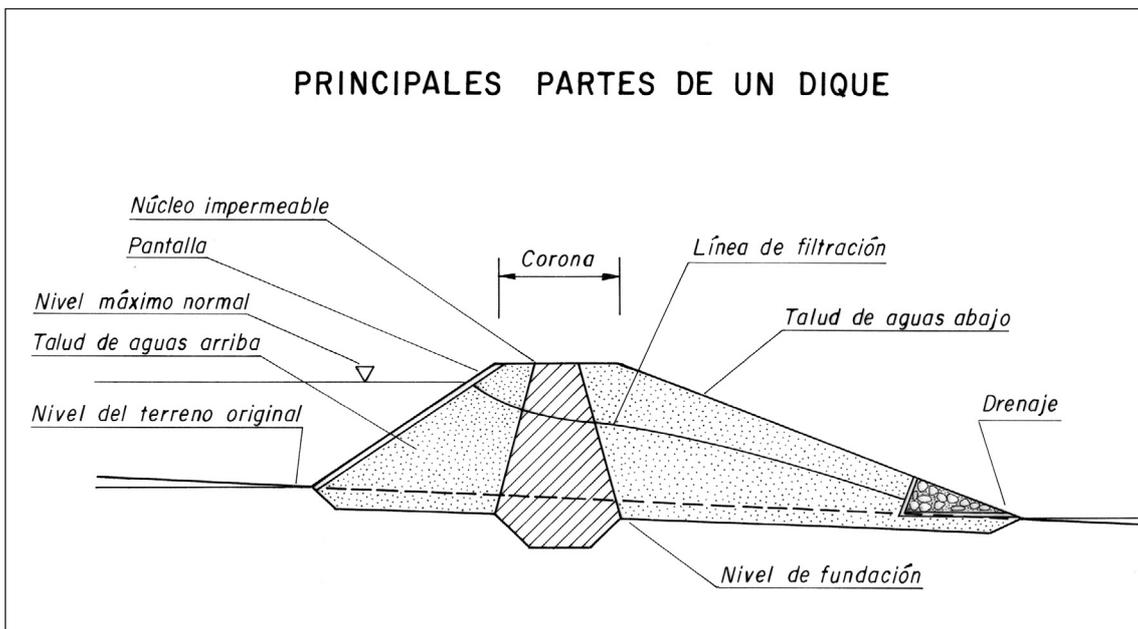


Fig. 15. Principales partes de un dique. (por: J. Arroyo).

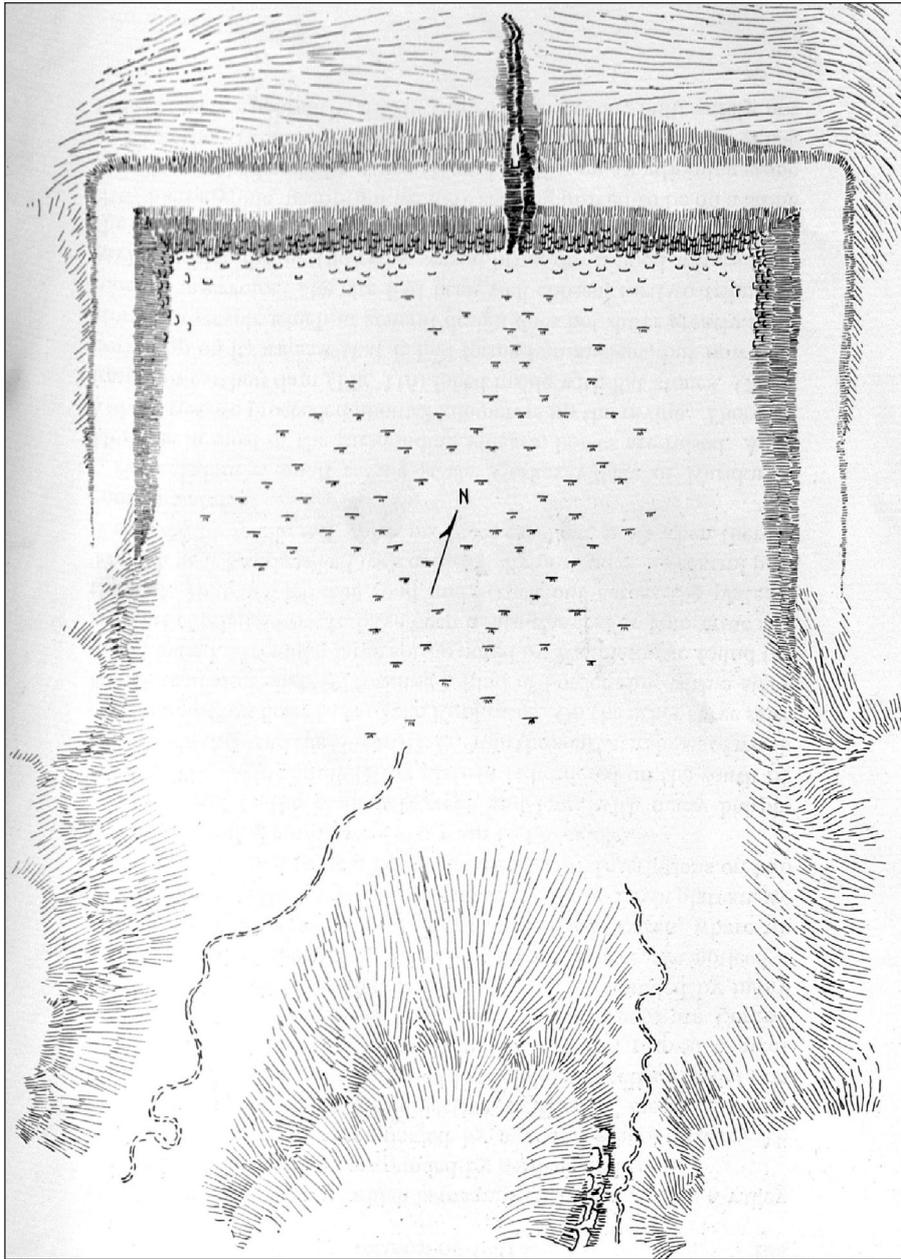


Fig. 16. Karaküyük. Planta. (de: H. H. von der Osten (1933), Fig. 115).



Fig. 17. Gölpınar. Desde el este. (de: A. Çınaroğlu y D. Çelik (2008), Res. 14).



Fig. 18. Köylütolu Yayla en 1989. Desde el este. (de: K. Emre (1993), Pl. 20).

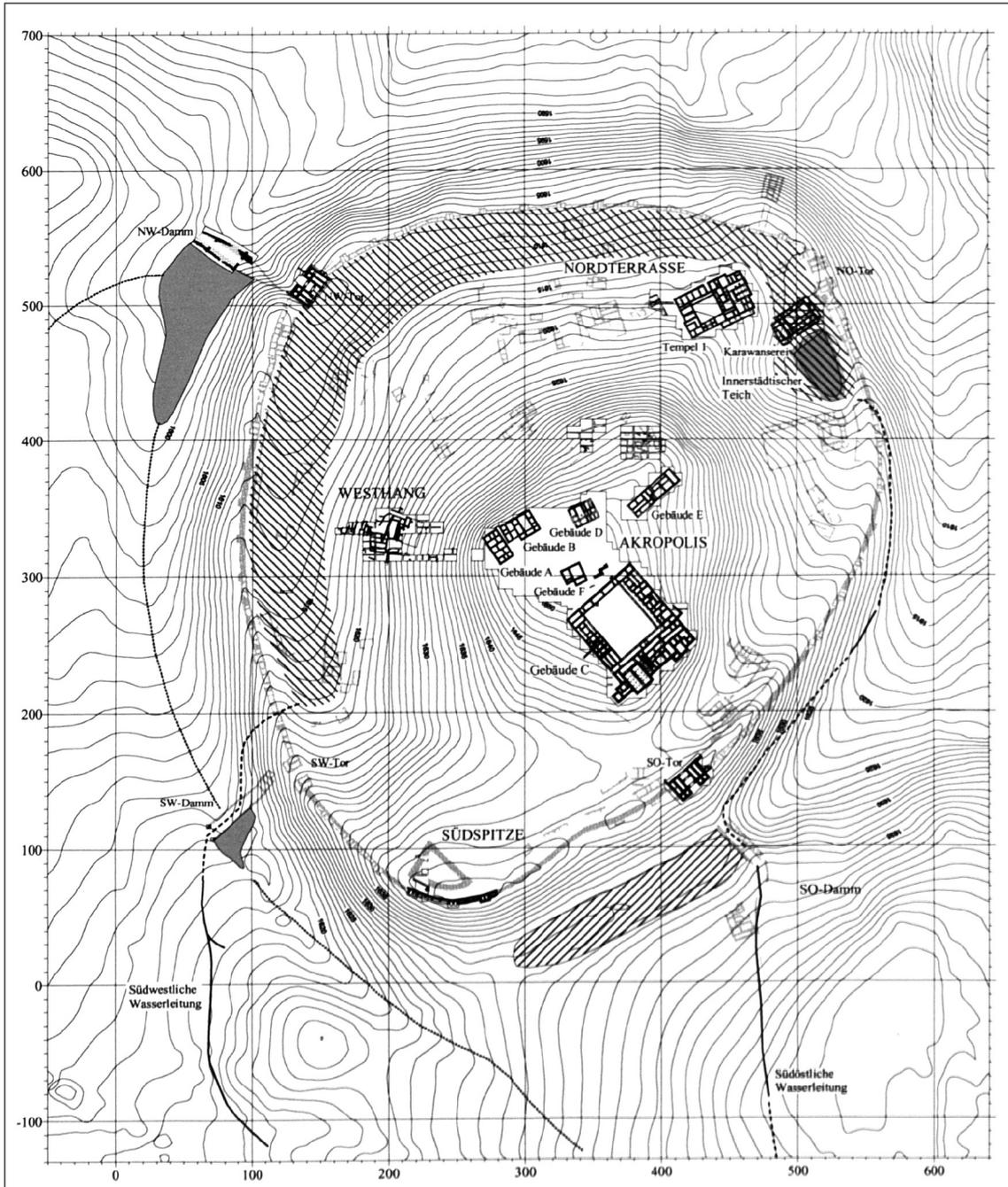


Fig. 19. Šarišša. Plano de la ciudad. Canalizaciones y embalses extramuros. (de: A. Hüser (2007), Taf. 6).

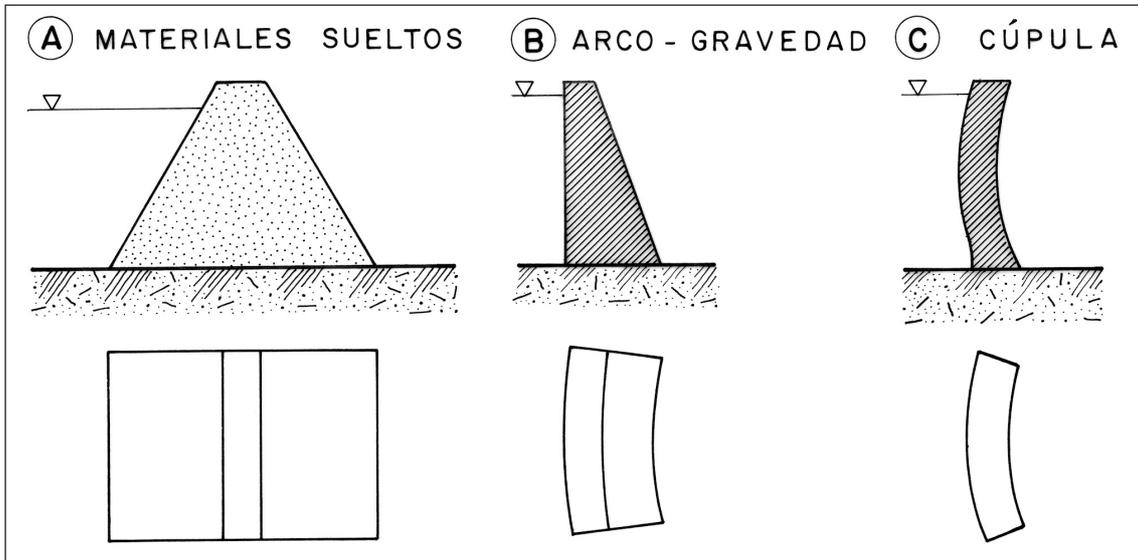


Fig. 20. Esquema de los principales tipos de dique atendiendo a su estructura. (por: J. Arroyo).

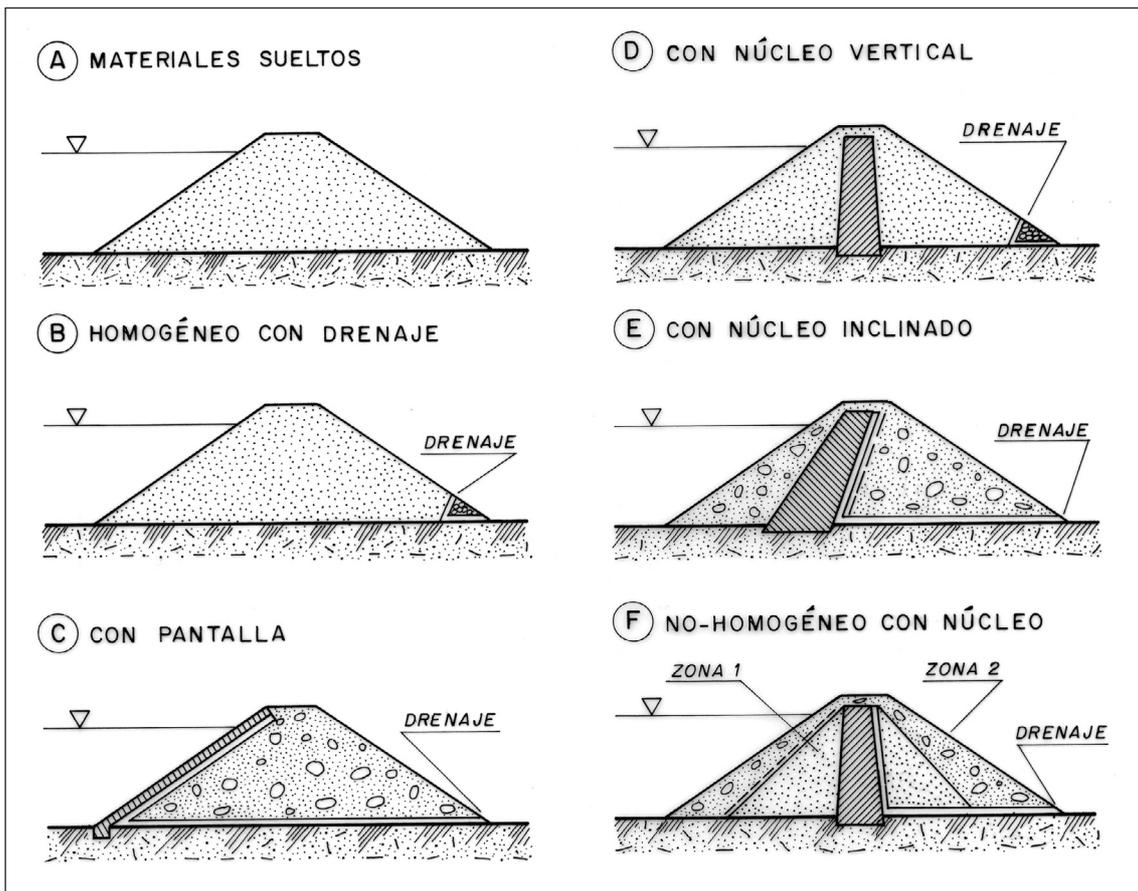


Fig. 21. Esquema de los principales tipos de diques de materiales sueltos. (por: J. Arroyo, sobre: P. Novak et al. (2001), Figs. 1.2, 1.3).

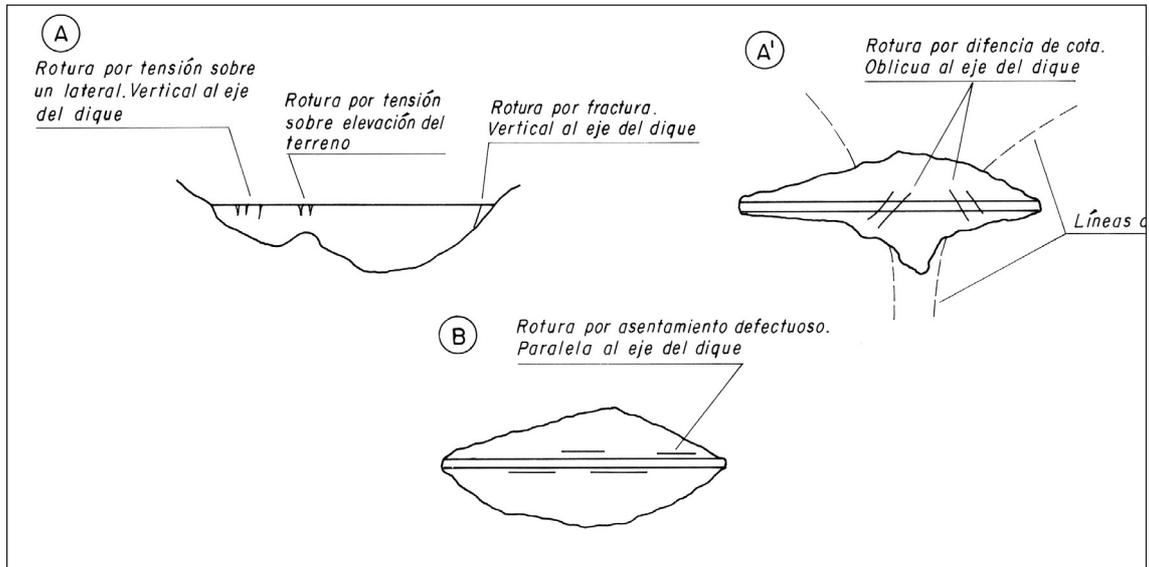


Fig. 22. Esquema de los principales tipos de rotura de un dique de materiales sueltos. (por: J. Arroyo, sobre: Ch. Kutzner (1997), Fig. 9.45).