

CONTROL DEL AGUA POR LOS ANTIGUOS MAYAS: EL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA CIUDAD DE TIKAL

LIWY GRAZIOSO SIERRA¹ Y VERNON L. SCARBOROUGH²

¹ Universidad de San Carlos y Universidad del Valle, Guatemala

² Universidad de Cincinnati, E.U.A.

Resumen

En el presente trabajo se sintetiza el fruto de las investigaciones realizadas en 2009 y 2010 en la antigua ciudad maya de Tikal. El objetivo fue identificar y definir las modificaciones al paisaje asociadas con el manejo del agua, esto es, obras que nos dieran cuenta del origen y desarrollo de la ingeniería hidráulica de los antiguos mayas, por lo que nuestro principal foco de interés fueron los reservorios, aguadas y canales. Presentamos los resultados de nuestras exploraciones y la interpretación de los elementos con los que nos encontramos a lo largo de la investigación. En algunos de los principales reservorios detectamos la posible existencia de manantiales, lo que le conferiría a Tikal una gran importancia simbólica y un significado adicional. Igualmente llama la atención el uso de “cajas de arena”, a manera de filtros, para purificar el agua, lo cual demuestra un gran adelanto tecnológico y es una novedad en el registro arqueológico precolombino. Se identificó, además, una compleja y extensa red de elementos hidráulicos que permitieron optimizar al máximo los recursos y sostener una población numerosa. Los mayas adecuaron su entorno demostrando el dominio absoluto del espacio y creando una geografía sagrada que conforma a esta gran ciudad. El gran conocimiento y control que tuvieron de su medio los convierte, sin lugar a dudas, en una de las grandes culturas del Nuevo Mundo.

Abstract

The results of the investigations conducted in 2009 and 2010 at the ancient Maya city of Tikal are synthesized in the present work. The objective was to identify and to define the modifications to the landscape associated with water management, building works that account for the origin and development of ancient Maya hydraulic engineering, which is why the reservoirs, *aguadas* and canals were our principal focus of interest. We present the results of our explorations and the interpretations of the elements that we have encountered throughout the investigations. We detected the possible existence of springs, in some of the main reservoirs, which would confer great symbolic importance and additional meaning upon Tikal. The use of “sand filters” to purify the water, demonstrates great technological development and is a novelty in the pre-Columbian archaeological record. A complex and extensive network of hydraulic elements was identified that allowed the Maya to optimize resources to the maximum and to maintain a large population. They adapted their surroundings, demonstrating their absolute dominion of the space by creating the sacred geography that conforms to this great city. As a result, it is clear that in-depth knowledge and control of their environment allowed the ancient Maya to become one of the great cultures of the New World.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es fruto de las investigaciones del manejo del agua y el sistema hidráulico precolombino de Tikal. El Proyecto “Prácticas de silvicultura y manejo del agua de los antiguos mayas de Tikal”, fue una investigación interdisciplinaria y comprendió trabajos tanto en el área central de Tikal como en la periferia. Entre sus principales objetivos figuran: reconstruir el ambiente que imperaba en el área de Tikal en la época antigua, determinar el impacto que tuvieron las prácticas agroforestales de los mayas y establecer la variación de vegetación a través del tiempo, así como la posibilidad de un cambio climático. Asimismo, se trataba de identificar y definir las modificaciones al paisaje, principalmente las asociadas con el control hidráulico, y establecer el desarrollo histórico de los sistemas de captación, almacenamiento y distribución del agua, tales como canales, aguadas, reservorios, etc.

Para tal efecto, el estudio se basó en tres líneas de investigación independientes y a la vez complementarias: investigación agroforestal (David Lentz), investigación geoarqueológica y paleoambiental (Nicholas Dunning) e investigación del manejo y control hidráulico (Vernon Scarborough y Liwy Grazioso).

En 2009 y 2010 se realizaron una serie de excavaciones y se tomaron muestras de suelos y sedimentos, tanto de los cuerpos de agua que albergan permanentemente el precioso líquido como de los reservorios secos. También se elaboró un herbario o muestrario botánico de las especies actuales con fines de su identificación, clasificación y comparación con las colecciones arqueológicas. Consideramos que la investigación interdisciplinaria es la mejor vía para lograr comprender mejor cómo era el paisaje original de Tikal y cuáles han sido las variaciones que ha sufrido a lo largo de su historia.

Los resultados de esta investigación han sido presentados con anterioridad en congresos y simposios especializados y han sido incluidos en algunas publicaciones (Scarborough y Grazioso en prensa y Scarborough *et al.* 2012). El presente texto es una versión ampliada de lo que presentamos en el Coloquio Internacional “Sociedades mayas milenarias: Crisis del pasado y resiliencia”, celebrado en 2011 en París (Grazioso y Scarborough 2013).

ESTUDIOS AGROFORESTALES Y ESTUDIOS GEOARQUEOLÓGICOS Y PALEOAMBIENTALES

Como ya se ha mencionado, el proyecto fue interdisciplinario y además de los estudios del manejo y control hidráulico comprendía estudios agroforestales dirigidos por David L. Lentz y estudios geoarqueológicos y paleobotánicos que estuvieron a cargo de Nicholas P. Dunning.

El análisis de la vegetación tuvo por objetivo comprender las prácticas agroforestales de los antiguos mayas, reflejadas en la distribución y el crecimiento de las especies económicas de árboles que se encuentran actualmente. También es de gran interés el impacto que tuvo el asentamiento de los antiguos mayas en la biodiversidad de la selva tropical, dentro del perímetro de lo que fue la “zona urbana” del antiguo Tikal.

La investigación se basó en la suposición de que la vegetación actual es, en buena medida, el resultado de la ocupación prehispánica y de las prácticas silvícolas llevadas a cabo durante muchas generaciones cuya influencia todavía perdura en la composición de la selva contemporánea (Lentz 2009). Se ha planteado que el área de Tikal fue deforestada con fines agrícolas aproximadamente a partir del año 1,000 a.C. (Lentz y Hockaday 2009: 1350).

Se efectuó una recolección minuciosa de especies botánicas contemporáneas para su identificación y comparación con restos de plantas encontradas en contextos arqueológicos. Esta información dio pie

para hacer un estudio comparativo entre la vegetación actual y los restos arqueológicos. Los estudios de restos paleobotánicos han demostrado que los mayas empleaban muchas especies de árboles como parte de su economía tanto doméstica como política (alimentación, medicina, madera, combustible, material de construcción, elementos y artefactos defensivos). Las prácticas agroforestales fueron un aspecto clave de su estrategia de manejo de la tierra.

Otro capítulo importante del proyecto fue la localización de núcleos de los cuerpos de agua que permitieran obtener polen y materiales fechables. Los resultados se han aprovechado para establecer, mediante el polen, el tipo de vegetación en las diferentes épocas, alteraciones del paisaje y posibles eventos naturales como periodos prolongados de sequías o de inundaciones, etc.

En el fondo de uno de los reservorios seleccionados para explorar, situado fuera del área central de Tikal, la Aguada Corriental, se excavó un pozo de 1 x 1.5 m que alcanzó los 3.15 m de profundidad (Op1C). Este pozo sirvió de base para inferir la historia constructiva de este reservorio y su profundo perfil se utilizó como referencia para la estratigrafía encontrada en otras unidades de excavación. De acuerdo con el estudio de Dunning y Griffin (2009), en las partes más profundas se encontró un suelo esquelético (horizontes 3Ab y 3Ac) que por comparación con otros suelos enterrados encontrados en pequeños bajos del Noreste del Petén y del Noroeste de Belice podría corresponder al Pleistoceno (aprox. 11,000-13,000 años antes del presente) (Dunning *et al.* 2006; Beach *et al.* 2008). En ésta época se encontraba allí una pequeña depresión natural que con el tiempo se fue azolvando y posteriormente fue modificada por los antiguos mayas, posiblemente a partir de la parte final del Formativo Tardío (Lentz *et al.* 2010: 137).

La Aguada Corriental se construyó ampliando dicha depresión natural ya existente, dándole forma circular y poniendo un borde de tierra o muro perimetral alrededor. Además, se desvió el agua de un arroyo cercano (Lentz *et al.* 2010: 135).

Se encontró carbón en el horizonte C3 (a 65 cm) que proporcionó una fecha de radiocarbono AMS de 1010-1170 d.C. lo que, aunado con la estratigrafía, sugiere la posibilidad de que el reservorio haya continuado en uso hasta el Posclásico Temprano, después del año 1,000 d.C. (*ibidem*). Esta información es muy interesante puesto que significa que la Aguada Corriental siguió siendo utilizada, como depósito de agua, durante el Clásico Terminal y por varios años después del abandono de Tikal. Estos datos implicarían que hubo gente viviendo en el área, sirviéndose de sus cuerpos de agua mucho después del abandono de las estructuras y plazas centrales.

Se debe mencionar que el fenómeno acaecido hacia finales del siglo X d.C., conocido como “colapso”, consistió en el abandono paulatino de las grandes ciudades, siendo esencialmente un evento urbano, por lo que es factible que la población de las unidades habitacionales aledañas y los asentamientos periféricos cercanos continuara dándole mantenimiento a los reservorios de agua existentes para su propio beneficio, aún mucho después de la caída y despoblamiento de las plazas y edificios principales de los grandes centros.

Las excavaciones realizadas en otras áreas de Tikal dejaron al descubierto superficies de suelos antiguos (paleosuelos) que fueron enterrados por gruesos depósitos de aluvión y coluvión, posiblemente ocasionados por la tala de la selva en época prehispánica y la consecuente erosión asociada con dicha actividad (Dunning y Griffin 2009). También se extrajeron núcleos de sedimentos de cuatro de las aguadas de Tikal que conservan agua durante todo el año, a saber Corriental, Tikal, Pucte y Términos. Se espera que el estudio de polen permita reconstruir la vegetación antigua y los patrones de uso de la tierra en el área de Tikal.

INVESTIGACIÓN ACERCA DEL MANEJO Y CONTROL HIDRÁULICO

El manejo del agua tiene una larga historia e influye grandemente a la hora de identificar la clase y el grado de complejidad social alcanzados por los grupos humanos. El estudio de los sistemas hidráulicos, del control y el manejo del agua por los antiguos mayas, reflejados en la ingeniería del paisaje, fue parte fundamental de la presente investigación. La precisión de los mapas elaborados por Carr y Hazard (1961) dentro del Proyecto Tikal fue invaluable para la identificación de los elementos hidráulicos existentes en el sitio.

La exploración se enfocó en depósitos de agua tanto en el centro como en la periferia de la ciudad. Se exploraron la Aguada Corriental y el Reservorio Perdido (fuera de la parte nuclear de Tikal) y los reservorios Escondido, del Palacio y del Templo (ubicados en pleno centro urbano).

También se efectuó el reconocimiento del terreno y se hicieron recorridos por los drenajes naturales y los canales actuales que llevan el agua de las partes altas de la zona arqueológica hacia las áreas bajas de los alrededores y hacia la Aguada Tikal, situada detrás del Museo Lítico. La Aguada Tikal mantiene el vital líquido durante todo el año. En nuestra búsqueda de información acerca de las modificaciones contemporáneas del paisaje tuvimos la oportunidad de conversar con Don Beto Tesucum quien ha trabajado en el Parque desde hace más de 50 años. Gracias a la información que nos proporcionó, ahora sabemos con certeza que los canales actuales fueron trazados sobre los canales antiguos o prehispánicos. El caso fue que el sistema de drenaje contemporáneo implementado en el Parque Nacional Tikal se diseñó, precisamente, con base en el sistema hidráulico prehispánico. En los años sesenta, la Universidad de Pensilvania exploró algunas de las irregularidades del terreno que se identificaron como canales precolombinos conformando una amplia red que se extiende por todo el sitio. Posteriormente la Administración del Parque contrató a una empresa italiana especialista en el manejo de aguas para que diseñara el drenaje del Parque y la empresa trazó su diseño básicamente sobre la misma red de canales precolombinos que se encontraba en el sitio (Tesucum 2009, comunicación personal). Esto demuestra el conocimiento que tenían los antiguos mayas de su entorno y la eficacia de las modificaciones que realizaron al paisaje, optimizando el manejo del agua. Es muy probable que los canales antiguos hayan sido similares a los actuales (Figura 1).

AGUADA CORRIENTAL

La Aguada Corriental se encuentra en el Cuadrángulo del mismo nombre del mapa de Carr (1960), en las coordenadas 7E. Tiene forma circular y está rodeada por un muro perimetral de entre cuatro y siete metros de altura, interrumpido en tres secciones para dar paso a la corriente de agua (accesos) (Figura 2). Se ha calculado que tiene una capacidad para más de 57,000 m³ de agua (Gallopín 1990: 60), es decir equivalente a 57,000,000 litros.

El mapeo detallado así como las excavaciones demostraron que era en la parte noroeste donde ingresaba el agua que provenía de las partes elevadas. El acceso sur controlaba el rebalse, elemento que fue modificado a lo largo del tiempo. El acceso del este es el más complejo y sofisticado y funcionó como una estación para cambiar el curso del agua, reteniéndola en el interior del reservorio durante la temporada de lluvias, y permitiendo la salida del líquido en la época seca, desde los periodos más tempranos de la historia del reservorio (Lentz *et al.* 2010: 137).

Se seleccionaron tramos en las tres secciones por donde corre el agua actualmente y que corresponden con los lugares originales de los canales de ingreso y egreso del agua hacia el reservorio. Con base en la información obtenida con la nucleadora que indicaba el nivel al que se encontraba la roca madre de la superficie actual, se escogieron puntos específicos para excavar y detectar los canales originales. Algunos canales se encontraron muy cerca de la superficie actual mientras que otros estaban a gran



Figura 1. Canales actuales en el Parque Nacional Tikal.

profundidad. En algunas secciones, los tramos del canal excavados eran angostos y su concavidad poco profunda, escasamente insinuada por una leve depresión al centro de la corriente, lo que indica que no podrían haber circulado por allí grandes volúmenes de agua ni corrientes muy fuertes, pero en otros sectores la concavidad alcanzó casi los dos metros de profundidad, lo que permitía el paso de un gran volumen del líquido. Su forma es la típica de los canales con concavidad regular (Grazioso 2009).

Cabe mencionar que el alineamiento de los canales y drenajes actuales no necesariamente se corresponde con el de los canales prehispánicos, el azolvamiento recurrente posterior al abandono del reservorio ha hecho que los conductos actuales no concuerden con el trazo de los canales antiguos. En particular el acceso sur y el este fueron alterados cuando se construyó la cinta asfáltica que es el camino actual conducente a la zona arqueológica. Su flujo natural fue interrumpido lo que modificó su cauce. El acceso sur fue obstruido por completo. El acceso este no fue enteramente bloqueado, sino más bien entubado, posiblemente por ser una corriente muy fuerte. En este caso, al construir el camino colocaron un drenaje subterráneo que conduce el agua hacia su curso natural que es el Arroyo Corriental (el drenaje moderno está en el Km 61 de la carretera). La corriente pasa por debajo del asfalto de la carretera pero aun así cuando hay fuertes lluvias, excede la capacidad del sistema de entubamiento subterráneo por lo que el agua corre sobre el pavimento. Todo ello sugiere el gran volumen de agua que año tras año todavía circula por el depósito y sus canales (Grazioso 2009, 2010).

Hasta el momento se ha podido determinar que el reservorio o aguada Corriental formaba parte de un drenaje natural desde épocas anteriores a los asentamientos humanos en el área. Consistía en una

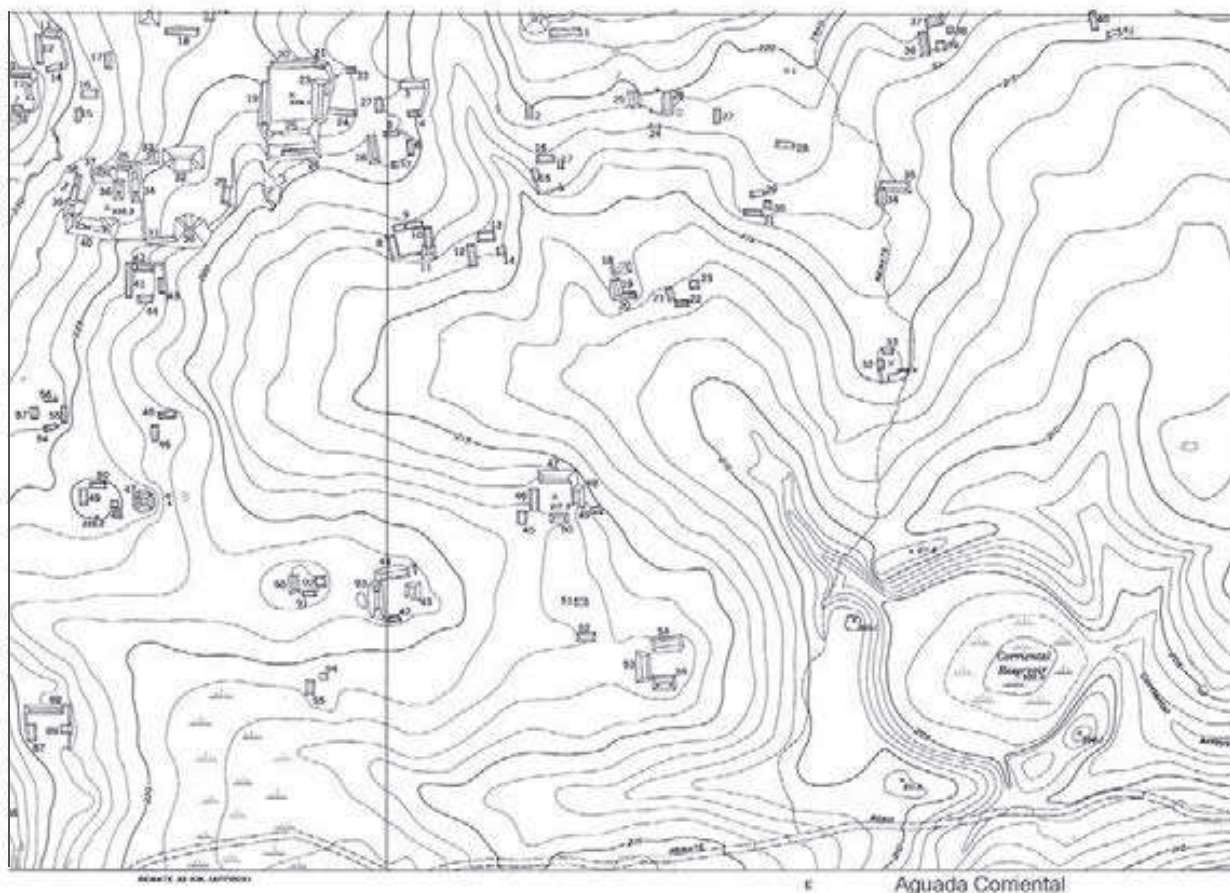


Figura 2. Aguada Corriental (Carr 1960)

depresión natural por la que el torrente que venía del norte circulaba hacia el Bajo Santa Fe, por medio del Arroyo Corriental. Los mayas, al establecerse en el lugar, modificaron el paisaje y transformaron esta depresión y cauce natural en un reservorio con su complejo sistema de canales visible hasta hoy en día. Como ya se ha mencionado, por el fechamiento proporcionado por la columna de sedimentos tomada del centro de la aguada sabemos que tuvo modificaciones y fue objeto de manipulación humana hasta el periodo Posclásico (Lentz *et al.* 2010: 137-138). Tanto la estratigrafía de los pozos como la columna de sedimentos tomada del centro de la aguada indican que este reservorio tuvo modificaciones y fue objeto de manipulación humana desde el Preclásico Tardío hasta el Posclásico Temprano (Figura 3).

Se tienen datos de que durante el Preclásico Tardío hubo sequías lo que podría haber provocado que los mayas ejercieran mayor control sobre estos flujos de agua (Scarborough y Burnside 2010). El segmento de un profundo canal excavado en el oriente de la aguada (Op11) indica que la recolección y distribución del agua era de extrema importancia. Se puede especular que la escala monumental de este canal, si lo extrapolamos hacia la pendiente, hacia la zona de captación de agua, podría reflejar el citado evento climático del Formativo Tardío y la necesidad de controlar un régimen pluvial menos abundante hacia finales de este periodo en relación con el gran volumen de agua para el que había sido diseñado. Las dimensiones de este gran canal sugieren que en el momento de su construcción la cantidad de agua era mucho mayor lo cual originaba la necesidad de obras hidráulicas de gran envergadura (Figura 4).

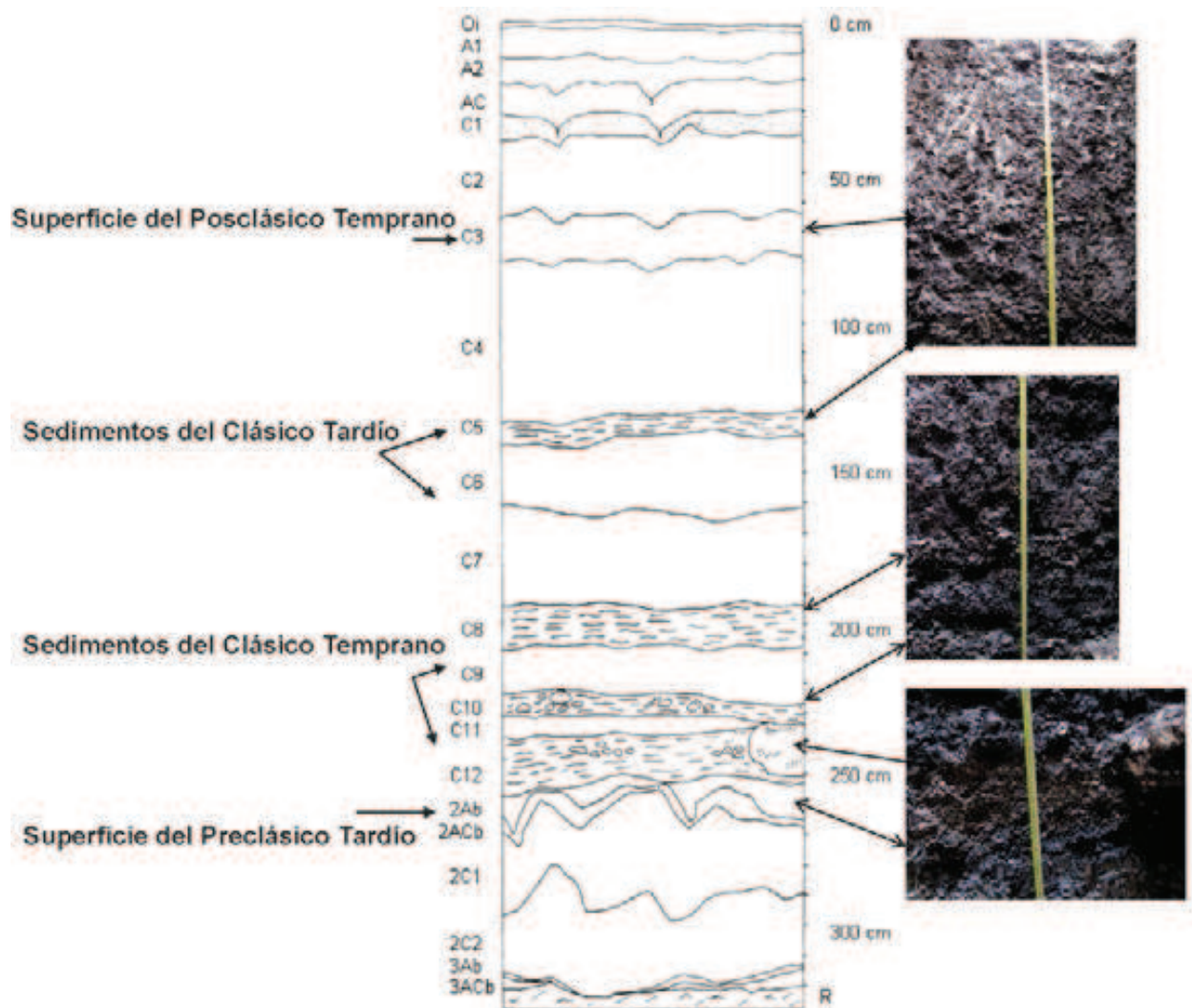


Figura 3. Perfil del pozo 1C, en la Aguada Corriental (N. Dunning y R. Griffin 2009).

RESERVORIOS EN LA PARTE CENTRAL, RESERVORIO DEL PALACIO, DEL TEMPLO Y ESCONDIDO

Buena parte de nuestros esfuerzos se concentraron en explorar los tres reservorios principales localizados en la parte central del sitio debido a que tuvieron un papel fundamental en el desarrollo y planificación del sistema hidráulico de Tikal. El Reservorio del Palacio, el Reservorio del Templo y el Reservorio Escondido, situados al sur de la Acrópolis Central, conforman un sistema de tanques con gran capacidad de almacenaje y redistribución de agua (Figura 5). Nuestro principal interés consistía en identificar la historia de sedimentación de los depósitos. Los reservorios en cuestión conforman una serie de tres tanques que descienden desde el extremo oeste hacia el este, iniciando con el Reservorio del Templo (el tanque más elevado de Tikal) hasta el Reservorio Escondido que termina en la Calzada Méndez, al este. Todo parece indicar que esta serie de tanques se encuentra en una hondonada o barranco natural que drenaba el agua de la elevación en donde se situó la parte central de Tikal.



Figura 4. Canal profundo en el NE de la Aguada Corriental.

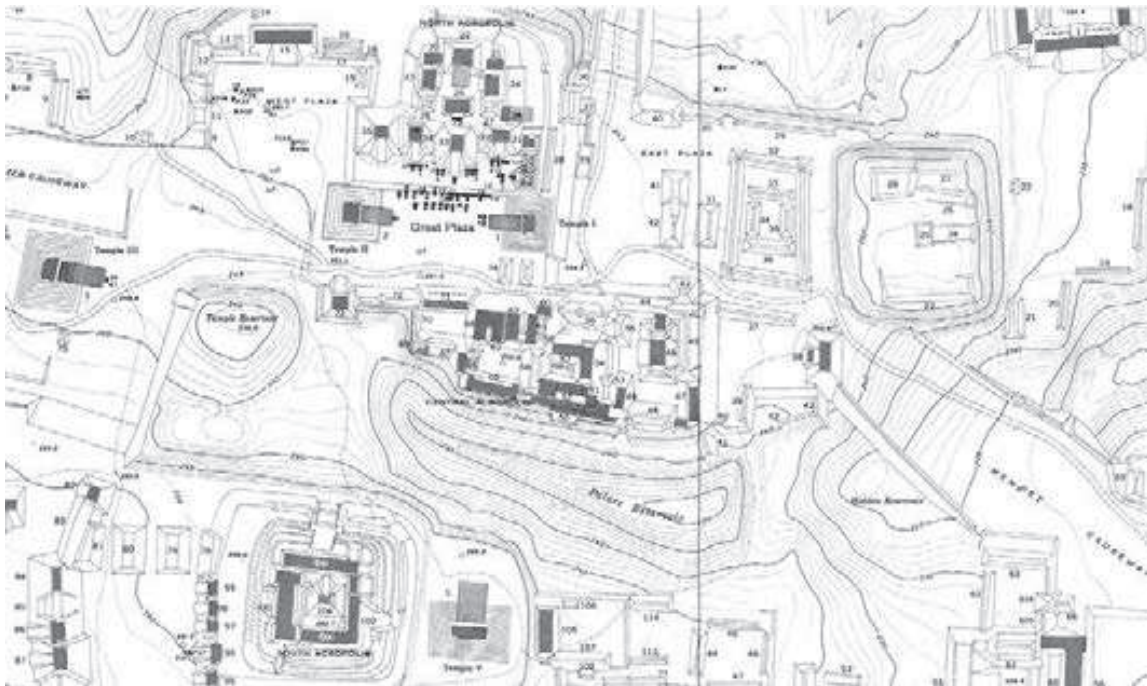


Figura 5. Mapa que muestra los tres reservorios principales en el área central de Tikal, Reservorio del Templo, del Palacio y Escondido (J. E. Hazard, N. LeVine y R. F. Carr 1961).

Aunque el Reservorio del Palacio fue en parte ampliado, al servir de cantera para la extracción de material de construcción, resulta aparente que en tres lugares del barranco natural se construyeron una especie de diques antes de dejar fluir el agua hacia el este, en dirección a un gran tanque en el margen del Bajo, el Reservoirio Tikal (Scarborough y Gallopin 1991).

RESERVORIO DEL PALACIO

Se localizaron las excavaciones efectuadas en los años sesenta por Peter D. Harrison de la Universidad de Pennsylvania, pero la información obtenida de ellas permanece aún sin publicarse. Debido a que las trincheras no se rellenaron nos fue posible ubicarlas con facilidad y limpiar los perfiles para tener una idea de la estratigrafía del tanque. En la trinchera del Reservorio del Palacio pudimos inferir un poco acerca de la historia constructiva del mismo. Se encontró una laja del revestimiento original del tanque y la roca madre muy cercana a la superficie. En la división entre los Reservorios Escondido y del Templo, se detectó una secuencia de revestimientos de piedra y recubrimientos con lodos impermeables, así como construcciones y modificaciones por lo que se propone que esta división se trate de un dique, es decir una separación entre ambos reservorios que a su vez controlaba el flujo de agua de uno hacia el otro. No se encontraron esclusas propiamente dichas pero eso no significa que no estén presentes y se puedan localizar en excavaciones posteriores. A pesar de que nuestras exploraciones fueron angostas, logramos determinar varios elementos constructivos que nos hacen pensar en la existencia de esclusas en el muro que funcionó como dique entre ambos reservorios (Figura 6). También tenemos evidencia de que esta parte estuvo sujeta a diversas modificaciones a lo largo del tiempo y contó con varios recubrimientos de distintos tipos a lo largo de su historia.



Figura 6. Revestimientos de piedra, diversas etapas constructivas, en la división que separa el Reservorio del Palacio del Reservorio Escondido.

Vale la pena mencionar que en el fondo del reservorio, en la parte más profunda, se encontró un canal excavado en la roca madre que corre a todo lo largo del depósito, de este a oeste. Se descubrió que la caliza, en los bordes del canal, fue modificada (Grazioso 2009). Para crear una especie de banqueta o acera paralela al canal, se talló una superficie plana, probablemente con la idea de permitir sacar el agua en la época en que alcanzaba sus niveles más bajos. Al parecer toda la pendiente en el flanco norte del reservorio está escalonada, es decir, no es un plano inclinado o talud sino presenta varios niveles escalonados. La suerte de banqueta o plataforma que se ha comentado sería el nivel inferior o el primer escalón de la pendiente terraceda que va desde el fondo del tanque hasta la estructura 5D-48 y la Acrópolis Central.

Tener un lado escalonado cobra sentido si se piensa en la necesidad de tener acceso al agua en distintos niveles ya que durante el año su nivel no ha de haber sido siempre el mismo. Los depósitos no llenarían hasta su capacidad máxima todo el tiempo, llegando tal vez a niveles sumamente bajos durante la temporada de secas, por lo que era necesario contar con elementos arquitectónicos que permitieran descender hasta el fondo y también con superficies de apoyo para facilitar la extracción del agua. Es decir se precisaban lugares planos y estables que permitieran maniobrar y a la vez colocar recipientes, accesorios y todo lo necesario para extraer y transportar el agua de los reservorios (Grazioso 2010).

Algo importante es que la estratigrafía de la excavación mostró que la superficie de esta banqueta fue cubierta por episodios de inundación. La estratigrafía presentó capas alternas de arenas y arcillas que indican que en el depósito hubo periodos de fuertes corrientes de agua y periodos de estancamiento que se corresponden con el comportamiento que tendría el agua en un reservorio en el que se controla su flujo, ya sea almacenando el agua (líquido en reposo) o redistribuyéndola hacia otros depósitos (agua corriente). La alternancia de estratos hace evidente que esta dinámica fue constante en el tanque (Figura 7).

Un dato interesante es que en una sección del fondo del canal se detectaron unas fisuras de forma semicircular que parecen naturales. Es muy probable que estas fisuras correspondan a un antiguo manantial. Se tomaron muestras para determinar si se encuentra travertino lo que afirmaría con certeza la existencia de un antiguo nacimiento de agua. Estamos a la espera de los resultados de los análisis, pero no sería extraño descubrir manantiales dentro de la geografía del sitio debido a que en ese área aparecen muchos brotes de agua a los que les llaman “nacimientos” u “ojos de agua”. En una visita efectuada a Naranjo, un sitio vecino situado a pocos kilómetros de Tikal, pudimos constatar la similitud que existe entre la conformación y topografía del reservorio del Palacio con la de la cañada natural de Naranjo donde todavía hay manantiales activos (Figura 8). Tikal está ubicada en un área del Petén en que existen brotes naturales de agua. Por otro lado, los nacimientos de agua son muy preciados y tienen un profundo simbolismo espiritual y religioso, lo que puede ser determinante a la hora de seleccionar un lugar para asentarse y más si es un lugar con la importancia religiosa que tuvo Tikal.

RESERVORIO ESCONDIDO

Las exploraciones en el Reservorio Escondido fueron mínimas pero permitieron constatar que es un depósito de poca profundidad y que el nivel del agua al sobrepasar cierta altura, sigue su curso por debajo de la Calzada Méndez hacia las partes más bajas del sitio. Tesucum reportó que en las excavaciones de la Universidad de Pennsylvania encontraron debajo de la calzada espacios que él llamó “cuartos con bóvedas” y que eran lugares donde había bastante arena por lo que el proyecto los enviaba a traer arena de ese lugar (Tesucum, 2009 comunicación personal). Conociendo el terreno y los reservorios, seguramente los “cuartos con bóveda” mencionados por Tesucum fueron las exclusas por donde pasaba el agua del Reservorio Escondido hacia las partes bajas. La similitud radica en que



Figura 7. Canal localizado al fondo del Reservorio del Palacio (izquierda). Banqueta tallada en la roca madre, situada en el nivel inferior de dicho reservorio (derecha).

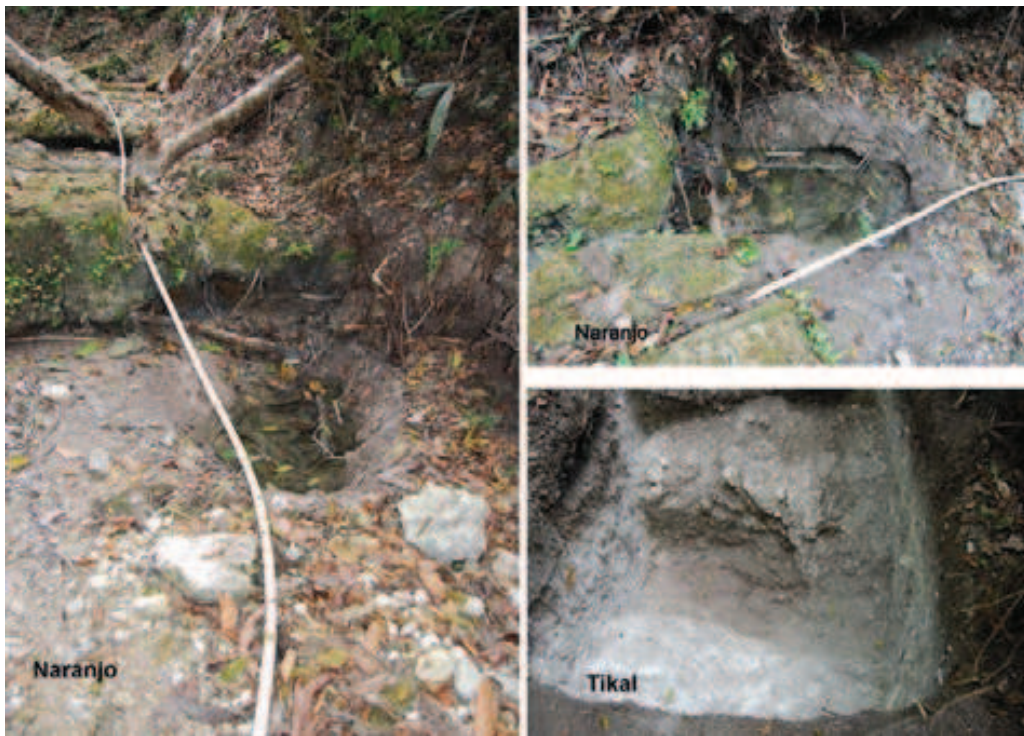


Figura 8. Manantiales activos en Naranjo (izquierda y superior derecha). Fisura semicircular en el fondo del canal del Reservorio del Palacio (inferior derecha).

arquitectónicamente las esclusas estarían separadas por muros de piedra y la parte superior estaría construida al estilo de “bóveda maya” dando la impresión de cuartos ubicados en las estructuras. La presencia de gran cantidad de arena concordaría con la existencia de esclusas en ese área pues se trataría precisamente de la zona donde habría más deposición de sedimentos. En la actualidad justo al otro lado de la calzada se encuentra una gran hondonada en dirección hacia la Aguada Tikal (Figura 5). Es evidente la modificación del paisaje que se efectuó en este lugar, excavando el interior del reservorio y rellenado el terreno fuera del mismo para que la calzada estuviera bien nivelada. Además se construyeron estructuras que flanqueaban todo lo largo de la calzada, excepto el tramo en que se encuentra la hondonada o encaño que drena el agua hacia el noreste, en dirección a la Aguada Tikal. Todo esto implicaba una inversión de tiempo y recursos importante ya que era un proyecto de gran envergadura que tenía que ver no sólo con el sistema de almacenaje y distribución del agua, sino también con la planificación y diseño de la ciudad, puesto que los tanques estaban directamente relacionados con las calzadas, los edificios y con toda la distribución, circulación, espaciamiento y funcionalidad del lugar.

RESERVORIO DEL TEMPLO

El Reservorio del Templo es el más pequeño de los tres depósitos y el que se ubica a la mayor altura de todos. Puede decirse que es el primero de la serie de tres tanques interconectados que se encuentran en la parte central de Tikal. Durante las exploraciones se extrajeron dos núcleos para muestras de suelo y sorprendentemente a menos de 2 m de profundidad se encontró humedad a pesar de su posición tan elevada y de tratarse de la época más seca del año (marzo-abril). Fue sorprendente ver como el agua emanaba del fondo de la excavación a medida que se iba profundizando (Figura 9).

El reservorio en cuestión se compone de dos secciones, con lo que podría considerarse como dos tanques, uno muy pequeño en el sur, de forma oval, y el otro en el norte, con unas dimensiones mucho mayores y de más profundidad. El tanque del sur se encuentra elevado con respecto al depósito del norte (Figura 5). El depósito más pequeño parece ser un tanque para filtrar el agua, por estar colocado inmediatamente arriba del tanque principal. Su fondo tiene gruesos estratos de arenas finas que pudieron servir como filtro para purificar el agua antes de que siguiera su curso hacia los demás reservorios. Del tanque sur el líquido pasaría hacia el tanque norte y de allí hacia los demás depósitos de la secuencia, los Reservorios del Palacio y Escondido. Los sondeos revelaron que hay filtración de agua activa, algo que no se esperaba encontrar en esta parte tan elevada del depósito. Debido a que nuestra excavación se llevó a cabo en la época más seca del año (abril de 2009), en el tanque más pequeño y más elevado de Tikal, sugerimos que la emanación de agua se debe a la existencia de un manantial o nacimiento de agua. Si los análisis de laboratorio confirman la presencia de manantiales en esta ubicación tan elevada, podría tratarse de una explicación y una razón adicional para asentarse en este lugar. Como se ha mencionado con anterioridad, en el Reservorio del Palacio se encontraron fracturas semicirculares en la roca madre que podrían corresponder a un manantial que hoy día está seco. Esto es consistente con la idea de que los depósitos se encuentran en un encaño natural donde pudo haber habido varios brotes de agua, en una topografía muy similar a la del vecino Naranjo cuyos manantiales siguen activos en la actualidad.

Aunque la fuente principal de agua en las Tierras Bajas es la lluvia, la posibilidad de contar con manantiales aumenta la cantidad de los recursos hídricos. Por otra parte, los manantiales proporcionan agua “pura” (sagrada), prístina, son fuente de agua filtrada, recurso menos abundante y con una serie de implicaciones, no sólo económicas sino también de carácter ideológico. La existencia de manantiales en la parte central de Tikal podría ser uno de los factores por los cuales precisamente este lugar fue



Figura 9. Manantial en Naranjo (izquierda). Pozo en el tanque superior del Reservorio del Templo (derecha).

elegido para el asentamiento: confiriéndole la gran carga ritual y espiritual que conllevaba la existencia de dichos brotes de agua. Agua que emana directamente de las entrañas de la tierra, del inframundo. Los nacimientos de agua le confieren un significado simbólico importante al espacio o paisaje y forman parte fundamental de la geografía sagrada de una ciudad. Las ciudades reproducen la concepción del espacio y la concepción del mundo que tienen sus pobladores. La existencia de manantiales en los reservorios de la parte central de Tikal explicaría no sólo por qué Tikal fue una de las ciudades mayas más importantes sino también por qué precisamente esta parte del sitio fue el lugar central de la ciudad. La locación de los brotes de agua en cuestión habría sido fundamental para la ubicación del asentamiento y habría formado parte del área principal del sitio desde sus inicios.

FENÓMENO REFLEJADO EN LOS SEDIMENTOS DE TIKAL

Además de las excavaciones en los reservorios se realizó una extracción de núcleos de contextos secos. En la Aguada Corriental se efectuó un muestreo para reconstruir el relieve original de la misma y tratar de inferir sus modificaciones a través del tiempo. Se pudieron identificar periodos de mucha precipitación pluvial y grandes torrentes de agua debidos a la lluvia y/o la degradación ambiental evidenciados por estratos de arenas, seguidos de periodos de flujos lentos o mejor controlados

representados por gruesos estratos de arcillas y limos. Esta alternancia entre los estratos de arcillas y de arenas fue constante y se presentó de manera similar en todos los reservorios estudiados, tanto en los de la zona central (Reservorios de Templo, del Palacio y Escondido) como en los del área periférica (Reservorio Perdido y Aguada Corriental) (Lentz *et al.* 2009: 139).

El análisis de estas columnas de sedimentos permitió identificar una serie de elementos que apoyan varias de las hipótesis referentes al funcionamiento de los sistemas hidráulicos y también a los eventos naturales que pudieron afectar el clima y el régimen de lluvias a lo largo de la historia.

Se identificaron arenas que apoyan nuestra propuesta del uso de filtros, a saber “cajas de arena” que sirvieron para purificar el agua y hacerla potable. Esta es la primera vez que se identifica este tipo de tecnología en asentamientos prehispánicos (Scarborough y Grazioso en prensa).

También se identificaron cenizas volcánicas lo que indica que las Tierras Bajas mayas, y Tikal en particular, fueron alcanzadas por emanaciones volcánicas en época prehispánica. Las erupciones volcánicas traen consigo una serie de cambios y alteraciones climáticas que pudieron haber tenido consecuencias dramáticas en una sociedad cuya economía agrícola dependía de un régimen de lluvias constante y hasta cierto punto predecible.

Se identificaron cantidades significativas de ceniza volcánica descompuesta en forma de esmectita y cristales de cuarzo *euhedrales bipiramidales*. Las fechas de radiocarbono AMS de los sedimentos ricos en esmectita y cristales de cuarzo indican que la ceniza volcánica cayó durante los periodos Preclásico, Clásico y Posclásico. Estos datos tal vez permitan desarrollar una cronología efectiva de lluvias de ceniza en Tikal y en las Tierras Bajas centrales (Tankersley *et al.* 2011: 2).

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Con base en nuestra investigación podemos proponer: 1) Que la presencia de manantiales o nacimientos de agua fue un elemento muy importante para el establecimiento en el promontorio en que se encuentra Tikal, confiriéndole además una connotación altamente simbólica y ritual al asentamiento. 2) La identificación de lo que podría considerarse la represa más extensa conocida hasta el momento en el área maya y 3) una explicación plausible acerca de cómo se liberaba el agua a través de dicha represa. 4) La construcción y el uso de un sistema –mediante diques con esclusas– para dividir el agua de un depósito y retener el agua en una parte del mismo mientras la otra parte se drenaba o se limpiaba (*cofferdam*). Esto permitiría limpiar los tanques para evitar el azolvamiento y la excesiva sedimentación sin vaciarlos por completo. 5) Se propone el empleo de elementos para filtrar el agua, tales como las “cajas de arena” que permitirían que los escurrimientos de las plazas, patios y espacios abiertos pasaran filtrándose a través de ellos antes de incorporarse a los reservorios para mantener su contenido potable. Un ejemplo de tal solución es el tanque superior del Reservorio del Templo. Esta tecnología era desconocida en los sistemas hidráulicos prehispánicos hasta el presente, pero no debería sorprendernos debido a los contaminantes que afectan a los ambientes tropicales y al avanzado desarrollo tecnológico que desarrollaron los antiguos mayas. 6) La construcción de las “Estaciones de cambio”, que permitirían la captación de agua dentro del reservorio en la época de lluvias y su posterior liberación durante la época seca, y 7) La exposición de segmentos de canales muy bien definidos y de uno en particular que por ahora es el más profundo que se conoce (el canal en el noreste de la Aguada Corriental). Sus dimensiones dan una idea del gran volumen de agua que se manejaba en las aguadas y reservorios de Tikal.

Como resultado de los trabajos efectuados se considera que el manejo de la selva por los antiguos mayas impactó la diversidad de los árboles y las especies vegetales de Tikal y sus alrededores, al promover las especies útiles para su economía. A través de sus prácticas silvícolas como podar, proteger,

trasplantar o incluso cultivar especies selectas de árboles, los mayas modificaron la composición de la selva para cubrir sus necesidades y dicha alteración se ve reflejada en la vegetación actual.

Los antiguos mayas modificaron el paisaje y adaptaron la topografía natural a sus necesidades. Un ejemplo claro es la Aguada Corriental en la que aprovecharon una depresión natural para crear un depósito y retener un gran volumen de agua. La aguada en cuestión cuenta con canales de ingreso y egreso y controles de paso, lo cual demuestra que no sólo servía para almacenar el líquido sino también para redistribuirlo hacia otros depósitos. Esta labor de ingeniería tan sofisticada atestigua que los mayas alcanzaron un elevado nivel de conocimiento en cuanto al manejo del agua.

La historia constructiva del Reservorio del Palacio indica que fue una hondonada o barranca natural que fue ampliada y modificada. Es posible que haya servido como cantera en algún momento y posteriormente se empleara como un reservorio de agua. Lo más probable es que la serie de tanques en la parte central contaba con diques para controlar el paso del agua entre un depósito y el otro. No se encontraron las esclusas propiamente dichas, pero todo parece indicar que ésta fue la manera en que el agua pasaba entre los reservorios. Entre el Reservorio del Palacio y el Reservorio Escondido se recuperó evidencia de varios muros de contención, recubrimientos impermeables y modificaciones correspondientes a distintas épocas que permiten inferir la existencia de esclusas en esta sección. La estratigrafía encontrada al fondo del tanque nos indica que hubo periodos de fuertes corrientes de agua alternados con periodos de agua en reposo. Este tipo de estratigrafía no corresponde con un depósito cuya única función hubiera sido almacenar agua inerte (pasiva), sino con uno que contaba con agua circulante (en movimiento), lo que apoya el paso del líquido de un tanque al otro por medio de esclusas.

El Reservorio del Templo pudo haber tenido origen en una depresión natural pero su forma y el lugar en que se encuentra indican que fue excavado deliberadamente por los antiguos mayas. Existe un promontorio entre este reservorio y el del Palacio, pero su historia constructiva por el momento todavía no está bien definida. El promontorio o división entre dichos tanques pudo haber funcionado como dique y a la vez su parte superior pudo servir de camino o paso de la parte sur del sitio hacia la parte central. Inclusive en la actualidad se usa para ir directamente de la Acrópolis Sur hacia la Plaza Central. La división se ubica, en línea recta, entre el Templo II y la Acrópolis Sur. Antes de llegar al Templo II se encuentra la Estructura 73, que es el extremo oeste de la Acrópolis Central y la circulación hace perfecto sentido pues conduce justo al acceso suroeste de la Plaza Central.

El tanque superior (sur) servía de filtro para purificar el agua antes de pasar al tanque inferior (norte) y de allí hacia los demás reservorios. Los pozos que se excavaron revelaron filtraciones o actividad de un manantial a 1.6 m de la superficie. Se debe mencionar que muy cerca de este depósito se encuentran algunos de los edificios más imponentes del sitio, los Templos II y III, la Estructura 73 y la Acrópolis Sur. Seguramente la rampa o escalinata que une al Templo III con este reservorio tuvo implicaciones rituales significativas. El depósito comentado se encuentra también a muy poca distancia de la Plaza de los Siete Templos y del gran complejo de Mundo Perdido. Mundo Perdido es el principal grupo arquitectónico del periodo Formativo en Tikal y cuenta con una gran estructura piramidal (5C-54) que formaba parte de un Complejo de Conmemoración Astronómica. Estos grupos son mejor conocidos en la literatura arqueológica como complejos del tipo "Grupo E" de Uaxactun.

De confirmarse la existencia de antiguos manantiales en alguno de los reservorios, se podría argumentar que su presencia en el lugar influyó en la selección de este sitio en particular para construir la ciudad. Esto tendría gran repercusión simbólica y agregaría un significado más al emplazamiento.

La evidencia sugiere que después de su asentamiento en la parte alta de Tikal, durante el Preclásico Medio y Tardío (800 a.C.-150 d.C.), los mayas modificaron el paisaje de su entorno para asegurarse



Figura 10. Dibujo del complejo sistema hidráulico (canales y reservorios) de Tikal (V. Scarborough 1994).

el abastecimiento de agua, aprovechando el relieve topográfico natural, y optimizar así los recursos hídricos. Crearon una amplia red de canales y reservorios que les garantizaban el acceso al líquido durante todo el año. Construyeron sofisticados sistemas que incluían elementos para captación, almacenamiento, filtración, conducción y distribución del agua (Figura 10).

Algunos de los fechamientos obtenidos en las columnas de sedimentos nos permiten inferir que los pobladores del área de Tikal siguieron sirviéndose de los reservorios y continuaron dándoles mantenimiento mucho después del abandono de la ciudad a finales del siglo IX o principios del siglo X d.C. Sabemos que al menos la Aguada Corriental continuó en uso hasta después del año 1100 d.C., esto es hasta unos 200 años después del abandono de las estructuras principales. Esto apoya la idea de que el fenómeno llamado “colapso”, en el que la mayoría de los centros mayas son abandonados o caen en desuso, fue un fenómeno principalmente urbano y no generalizado. Poco a poco se van despoblando las ciudades, en particular las áreas centrales de dichas metrópolis pero la población del área periférica y rural continuó viviendo en los asentamientos de manera ininterrumpida, abasteciéndose de los recursos y los cuerpos de agua cercanos.

Se sabe que hubo varias sequías que afectaron a Mesoamérica (Gill 2000) y a la gran mayoría de los pueblos antiguos, pero también se tiene evidencia del grado de desarrollo y sofisticación de los sistemas hidráulicos empleados por los antiguos mayas que gracias a su eficiencia ayudaron de manera fundamental a desarrollar y mantener poblaciones numerosas en las grandes ciudades durante los diversos periodos de crisis y resiliencia por los que atravesaron las sociedades milenarias mayas a lo largo de su historia. Los mayas son una de las civilizaciones más grandes de la antigüedad y su legado persiste hasta nuestros días.

BIBLIOGRAFÍA

- BEACH, TIMOTHY, SHERYL LUZZADDER-BAECH, NICHOLAS DUNNING Y DUNCAN COOK
2008 Human and Natural Impacts on Fluvial and Karst Systems in the Maya Lowlands. *Geomorphology* 101(1-2): 301-331.
- CARR, ROBERT F.
1960 Corriental Quadrangle en *Tikal Report No. 11: Map of the Ruins of Tikal, El Peten, Guatemala*. (Museum Monographs). Philadelphia: University Museum, University of Pennsylvania.
- CARR, ROBERT F. Y JAMES E. HAZARD
1961 *Map of the Ruins of Tikal, El Peten, Guatemala*. (Tikal Report No. 11). Philadelphia: University Museum, University of Pennsylvania.
- DUNNING, NICHOLAS P. Y TIMOTHY BEACH
2000 Stability and Instability in Prehispanic Maya Landscapes. *An Imperfect Balance: Landscape Transformations in the Precolumbian Americas*, editado por David Lentz, pp. 179-202. New York: Columbia University Press.
- DUNNING, NICHOLAS P. Y ROBERT GRIFFIN
2009 Notas de campo Temporada 2009. Archivo del Proyecto Prácticas de Silvicultura y manejo del agua por los antiguos mayas de Tikal. Notas de campo no publicadas. Cincinnati: Universidad de Cincinnati.
- DUNNING, NICHOLAS, TIMOTHY BEACH Y LUZZADDER-BEACH, SHERYL
2006 Environmental Variability among Bajos in the Southern Maya Lowlands and its Implications for Ancient Maya Civilization and Archaeology. *Pre-Columbian Water Management*, editado por Lisa Lucero y Barbara Fash, pp. 111-133. Tucson: University of Arizona.
- GALLOPIN, GARY G.
1990 *Water Storage Technology at Tikal, Guatemala*. Tesis de maestría. Cincinnati: Departamento de Antropología, Universidad de Cincinnati.
- GILL, RICHARDSON B.
2000 *The Great Maya Droughts: Water, Life and Death*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- GRAZIOSO SIERRA, LIWY
2009-2010 Notas de campo, Temporada 2009 y 2010. Archivo del Proyecto Prácticas de Silvicultura y manejo del agua por los antiguos mayas de Tikal. Cincinnati: Universidad de Cincinnati.
- GRAZIOSO SIERRA, LIWY Y VERNON L. SCARBOROUGH
2013 Lo húmedo y lo seco: El manejo del agua y la construcción del paisaje en Tikal. *Memorias del Coloquio Internacional Sociedades Mayas Milenarias: Crisis del pasado y Resiliencia*, editado por Marie Charlotte Arnauld y Alain Breton, pp. 249-264. Mesoweb.
- HAZARD, JAMES E., N. LEVINE Y ROBERT F. CARR
1961 Great Plaza Quadrangle, en Carr, Robert F., y James E. Hazard *Tikal Report No. 11: Map of the Ruins of Tikal, El Peten, Guatemala*. 1961. (Museum Monographs). Philadelphia: University Museum, University of Pennsylvania.
- LENTZ, DAVID L.
2009 Notas de campo, Temporada 2009. Archivo del Proyecto Prácticas de Silvicultura y manejo del agua por los antiguos mayas de Tikal. Cincinnati: Universidad de Cincinnati.
- LENTZ, DAVID L. Y BRIAN HOCKADAY
2009 Tikal timbers and temples: Ancient Maya agroforestry and the end of time. *Journal of Archaeological Science* 36: 1342-1353.
- LENTZ, DAVID L, LIWY GRAZIOSO S., VERNON SCARBOROUGH, NICHOLAS DUNNING Y PATRICK CULBERT
2010 Prácticas de silvicultura y manejo de aguas de los antiguos mayas de Tikal. *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2009, Vol. 1*, editado por Juan Pedro Laporte y Bárbara Arroyo, pp. 133-146. Guatemala: MICUDE, IDAEH, MUNAE, Asociación Tikal.

SCARBOROUGH, VERNON L.

1994 Maya water management: Ancient water management in the Southern Maya Lowlands. *Research and Exploration* 10(2): 184-199.

SCARBOROUGH, VERNON L. Y WILLIAM R. BURNSIDE

2010 Complexity and Sustainability: Perspectives from the Ancient Maya and the Modern Balinese. *American Antiquity* 75(2): 327-63.

SCARBOROUGH, VERNON L. Y GARY G. GALLOPIN

1991 Water Storage Adaptation in the Maya Lowlands. *Science* 251: 658-662.

SCARBOROUGH, VERNON L. Y LIWY GRAZIOSO SIERRA

en prensa The Evolution of an Ancient Waterworks System at Tikal. *Tikal and Maya Ecology: Water, Landscape and Resilience*, editado por David Lentz, Nicholas Dunning y Vernon Scarborough. Cambridge: Cambridge University Press.

SCARBOROUGH, VERNON L., NICHOLAS P. DUNNING, KENNETH B. TANKERSLEY, CHRISTOPHER CARR, ERIC WEAVER, LIWY GRAZIOSO, BRIAN LANE, JOHN G. JONES, PALMA BUTTLES, FRED VALDEZ JR. Y DAVID LENTZ

2012 Water and sustainable land use at the ancient tropical city of Tikal, Guatemala. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(31): 12408-12413.

TANKERSLEY, KENNETH, VERNON L. SCARBOROUGH, NICHOLAS DUNNING, WARREN HUFF, BARRY MAYNARD Y TAMMY GERKE

2011 Evidence for Volcanic Ash Fall in the Maya Lowlands from an Anthropogenic Reservoir at Tikal, Guatemala. *Journal of Archaeological Science* 38: 2925-2938.