

Aquino Lara, Daniel, Edy Alejandro Barrios y María Victoria Ríos
2011 La cobertura vegetal en la arquitectura prehispánica de la selva maya: Un estudio multidisciplinario (Editado por B. Arroyo, L. Paiz, A. Linares y A. Arroyave), pp. 541-552. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital).

44

LA COBERTURA VEGETAL EN LA ARQUITECTURA PREHISPÁNICA DE LA SELVA MAYA: UN ESTUDIO MULTIDISCIPLINARIO

*Daniel Aquino Lara
Edy Alejandro Barrios
María Victoria Ríos*

PALABRAS CLAVE

Petén, arquitectura, algas, conservación

ABSTRACT

In past decades, the archaeological sites of Yaxha and Nakum have been investigated and seen interventions continuously, resulting in some 70 exposed Prehispanic buildings, a considerable sample of Classic architecture in the central Maya Lowlands. Lamentably, the construction materials are affected by physical, chemical, and biological factors, provoking deterioration that leads to the loss of our constructed cultural heritage. The masonry of the architecture is characterized by the use of limestone and its derivatives, which suffer the effects of atmospheric extremes, natural degradation, and lesser vegetation. The latter occurs at all exposed buildings and archaeological sites; however, the plant species, their distribution, and the harm they might cause are still unknown. This research will contribute to our understanding of the bio-deterioration of Maya architecture, while at the same time testing the best methods for its control.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Yaxha-Nakum-Naranjo forma parte de la Reserva de la Biosfera Maya, se ubica en el noreste de Petén, Guatemala, región identificada culturalmente como las Tierras Bajas Centrales Mayas y que alcanzó los niveles más destacados de desarrollo arquitectónico durante el periodo prehispánico en Mesoamérica. La riqueza y diversidad natural convive directamente con los restos de antiguas ciudades prehispánicas de variados tamaños y rangos, entre las que destacan Yaxha y Nakum por su complejidad y belleza arquitectónica, así como por su larga secuencia constructiva y ocupacional, que en ambos casos dio inicio en el periodo Preclásico Medio (*circa* 700 AC), y se prolongó hasta el Clásico Terminal (*circa* 950 DC) (Figura 1).

En las últimas décadas, ambas ciudades Mayas han sido sometidas a investigaciones arqueológicas y programas de restauración arquitectónica, logrando intervenir alrededor de 34 edificios en cada una de ellas. Esta situación ha generado nuevas responsabilidades en materia de conservación del Patrimonio Cultural, ya que al concluir la restauración, las labores de conservación preventiva deben dar inicio para evitar el deterioro de los monumentos a causa de factores físicos, químicos y biológicos.

Considerando que la arquitectura prehispánica de Yaxha y Nakum ha sido elaborada con piedra caliza y sus derivados, uno de los factores de deterioro es el crecimiento de organismos vegetales menores conformados por briofitas, líquenes y algas, comúnmente conocidos como microflora. Aunque se han hecho algunas interpretaciones sobre las causas y efectos de estos crecimientos en monumentos Mayas, escasas investigaciones han centrado su atención en una determinación científica de las especies, distribución y rangos de crecimiento, por consiguiente, poco se ha hecho por identificar la manera más efectiva para controlar estos crecimientos y evitar el deterioro del Patrimonio Cultural Edificado.

La presente investigación pretende, a través de análisis científicos multidisciplinarios 1) determinar las condiciones ambientales y contextos materiales que facilitan el desarrollo de estos crecimientos, 2) identificar de manera sistemática cada uno de los organismos vegetales menores presente en la arquitectura prehispánica de Yaxha y Nakum, 3) caracterizar los deterioros directos e indirectos ocasionados por estos crecimientos y 4) generar la información fundamental en la producción de una propuesta técnica que permita la conservación de los edificios prehispánicos restaurados.

Esta investigación multidisciplinaria dio inicio en Yaxha durante el 2008 (Aquino *et al.* 2008 y 2009) y se ha extendido al sitio arqueológico Nakum durante el año 2009 (Aquino y Barrios 2009; Aquino *et al.* 2009), estudio que ha sido posible gracias al aporte financiero de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI-USAC), así como al apoyo técnico de la Dirección General de Patrimonio Cultural y Natural, el Centro de Estudios Conservacionistas, la Asociación Pop Na, así como al aval académico del Instituto de Investigaciones Históricas, Antropológicas y Arqueológicas de la Escuela de Historia.

SITIO ARQUEOLÓGICO YAXHA

Ubicado en la ribera norte de la laguna epónima, el núcleo del asentamiento está formado por más de 500 edificaciones distribuidas alrededor de grandes espacios abiertos, cinco calzadas prehispánicas y seis vías de comunicación (Hellmuth 1993) (Figura 2). Entre los conjuntos arquitectónicos destacan dos Complejos de Conmemoración Astronómica, dos Acrópolis triádicas, dos Complejos de Palacios, dos Juegos de Pelota y diversas edificaciones piramidales (Pinto 1996; Quintana, Wurster y Hermes 2000). En las distintas plazas del sitio arqueológico se conservan algunos de los 60 monumentos escultóricos registrados (Aquino 2006, Aquino y Segura 2008). Luego de un análisis material completo, se sabe que Yaxha ocupó uno de los niveles más elevados dentro de la estructura regional sociopolítica, atendiendo a la conformación jerárquica de las Tierras Bajas Mayas.

El antiguo asentamiento Maya se ha dividido en cinco sectores: 1) El sector este: comprende las edificaciones existentes hasta el extremo oeste de la calzada Lincoln y la calzada Este, 2) El sector oeste: comprende los edificios asociados a las Plazas F y G, así como al Grupo Oeste, 3) El sector central: comprende las Plazas D y E, así como las Acrópolis Noreste y Norte, 4) El sector norte: comprende la Calzada Blom, el Grupo Maler y sus inmediaciones, y 5) El sector sur: comprende la Acrópolis Principal y los grupos aledaños a ésta que se encuentran situados al este y oeste de la Calzada del Lago (Hermes *et al.* 1999:110; Quintana, Wurster y Hermes 2000).

SITIO ARQUEOLÓGICO NAKUM

La antigua ciudad fue construida en la ribera norte del río Holmul, el asentamiento está conformado por más de 200 edificaciones de diferente rango, distribuidas alrededor de amplios espacios abiertos, así como en conjuntos arquitectónicos muy complejos (Figura 3). El epicentro urbano de Nakum puede dividirse en dos sectores: Norte y Sur, los cuales están unidos por medio de la calzada Périgny, mientras que en la periferia habitacional, se han registrado 36 grupos arquitectónicos hasta la fecha (Hermes *et al.* 2006; Quintana y Wurster 2001; Zralka *et al.* 2008).

El Sector Norte lo domina la Plaza Norte que se encuentra rodeada en su lado este por diversos edificios, así como tres conjuntos arquitectónicos diferenciados localizados en los extremos Este, Norte y

Oeste. En tanto que en el Sector Sur destaca el conjunto conocido como Acrópolis, sede de la élite local y en donde fueron construidos al menos 35 edificios monumentales distribuidos en 16 patios, producto de varios siglos de construcción ininterrumpida, alrededor de ésta se encuentra tres amplias plazas con grandes templos, palacios y juegos de pelota en sus costados (Quintana y Wurster 2002; Hermes y Calderón 2003) (Figura 4).

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de la investigación se ha contado con la participación de especialistas en Arqueología, Biología y conservación de bienes culturales, a lo largo de cuatro etapas que siguen una secuencia interrelacionada que facilita la sistematización de la información.

SELECCIÓN DE ÁREAS Y REGISTRO ARQUEOLÓGICO

Consiste en la selección dirigida y sistemática de superficies de 1m² de arquitectura prehispánica expuesta, considerando las siguientes variables: superficie (bloques, embono, estuco), orientación (norte, sur, este y oeste) y exposición (interior y exterior), de esa cuenta en Yaxha fueron seleccionadas 60 áreas (Figura 2, 40 exteriores y 20 interiores), mientras que en Nakum la muestra se redujo a 40 áreas (Figura 3, 30 exteriores y 10 interiores). Cada una de las áreas fueron sometidas al registro arqueológico correspondiente: localización, ubicación, dibujo, fotografía, análisis material, análisis temporal y antecedentes de intervención.

REGISTRO BIOLÓGICO E IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

El registro biológico en campo inicia al analizar la cobertura espacial de cada uno de los crecimientos orgánicos en las áreas seleccionadas, así como la variedad de los mismos, tomando en cuenta las siguientes variables: color, textura, espesor, ubicación, sustrato y estado vegetativo. Posteriormente se recolectaron muestras de organismos vegetales menores, las que fueron analizadas en el laboratorio USCG-CECON, del herbario del Centro de Estudios Conservacionistas, con el fin de determinar taxonómicamente las especies presentes en cada sitio.

REGISTRO DE DETERIOROS Y APLICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS

Esta fase consiste en la caracterización de los deterioros físicos, estéticos, mecánicos y biológicos, reconocidos en las áreas seleccionadas. La principal finalidad es buscar una relación específica entre los deterioros y el crecimiento de los organismos vegetales menores. También se llevó a cabo la aplicación de cuatro procedimientos de conservación preventiva, con el fin de evaluar cuál de ellos es más efectivo para controlar los crecimientos de organismos vegetales menores y cuál ocasiona el menor impacto en el sustrato (Aquino *et al.* 2009).

Tratamiento T-1: Remoción mecánica profunda de las capas de organismos vegetales, por medio de espátulas y punzones de madera, así como de cepillos de cerdas plásticas. Aplicación de una capa de jabón neutro por aspersión como inhibidor de recrecimiento.

Tratamiento T-2: Remoción mecánica profunda de las capas de organismos vegetales, por medio de espátulas y punzones de madera, así como de cepillos de cerdas plásticas, aplicación por aspersión de agua de cal apagada en obra como consolidante de superficie. Finalmente una capa de jabón neutro por aspersión como inhibidor de recrecimiento.

Tratamiento T-3: Limpieza superficial de las capas de organismos vegetales menores haciendo uso de brochas de cerdas suaves. Aplicación de compresas por aspersión de Peróxido de Hidrógeno al 5%, en

una base de agua desmineralizada, alcohol y acetona, como biocida. Aplicación de una capa de jabón neutro por aspersión como inhibidor de recrecimiento.

Tratamiento T-4: Limpieza superficial de las capas de organismos vegetales haciendo uso de brochas de cerdas suaves. Aplicación de compresas por aspersión de Peróxido de Hidrógeno al 5%, en una base de agua desmineralizada, alcohol y acetona, como biocida. Aplicación por aspersión de agua de cal apagada en obra como consolidante de superficie. Finalmente una capa de jabón neutro por aspersión como inhibidor de recrecimiento.

MONITOREO MEDIOAMBIENTAL

A lo largo de todo el proceso se lleva a cabo el control de la temperatura ambiental y superficial en las áreas seleccionadas, así como sobre la humedad relativa, haciendo uso de un hidrotermógrafo digital y un termómetro laser. Este monitoreo se realiza por medio de un pulso semanal de dos registros: 1) a las 5 a.m. por ser la hora más fría del día y 2) a las 3 p.m. por tratarse del momento usualmente más caluroso. Con el fin de sistematizar la información recabada, todas estas etapas han sido registradas por medio de fichas diseñadas especialmente para este proyecto y validadas a través de la utilización en campo y gabinete.

RESULTADOS

Como puede notarse, la investigación comprende tres distintos pero complementarios campos de investigación, a través de los cuales se pretende identificar el procedimiento más adecuado para el control de los crecimientos vegetales sobre la arquitectura expuesta en Yaxha y Nakum.

ARQUEOLOGÍA

La documentación previa ha permitido sintetizar datos de importancia para comprender los procesos económicos, históricos políticos y sociales implicados en la construcción de los edificios. Mientras que en relación a las áreas seleccionadas para el monitoreo, el registro arqueológico ha proporcionado información sustancial en cuanto a los tipos de sustratos (Figura 5), técnicas constructivas y de restauración, materiales de construcción, tipología de elementos constructivos, datación de los edificios, entre otras para lo cual la revisión de los informes y publicaciones de las investigaciones en dichos sitios han sido de mucha importancia. Parte importante en el registro de las áreas, lo constituye el registro gráfico y fotográfico, los cuales han sido llevados a cabo siguiendo metodologías propias de este campo de estudio.

Además, luego del análisis cronológico y arquitectónico de Nakum se han podido establecer similitudes con otros sitios de la región, principalmente con Tikal, evidenciándose como los estilos y contactos con otras regiones se ven reflejados en la arquitectura, mientras que en relación a los materiales constructivos se ha evidenciado como la piedra caliza y sus derivados fueron la única opción que los Mayas de Tierras Bajas tuvieron a disposición para la construcción de sus edificios y monumentos (Aquino y Barrios 2009; Aquino *et al.* 2009). De esa cuenta ahora se sabe que el mayor porcentaje de edificios restaurados en ambos sitios corresponde a los edificios de tipo palacio, presencia que es mucho mayor en Nakum, seguido por pirámides o templos, en tanto que basamentos y plataformas solo tienen presencia en Yaxha (Figura 6).

BIOLOGÍA

Los resultados obtenidos en este campo han permitido tener el primer inventario de especímenes vegetales que crecen sobre los componentes arquitectónicos, al mismo tiempo que han brindado información valiosa sobre el patrón de crecimiento en función del tiempo y condiciones medioambientales. Aunque se cuenta con la presencia de algunos hongos y mohos, se ha determinado

que los organismos vegetales menores identificados en Yaxha y Nakum se dividen en: briofitas, líquenes y algas, encontrando considerables diferencias de cobertura entre los dos casos de estudio (Figura 7).

BRIOFITAS

Son organismos esencialmente pioneros, se encuentran entre los primeros colonizadores y con frecuencia son parte de procesos sucesionales claramente discernibles en espacio y tiempo. Las briofitas son plantas generalmente pequeñas que incluyen a tres grupos principales: Hepáticas, Antocerotes y Musgos; viven sobre rocas, suelo, troncos o ramas de los árboles; se encuentran de preferencia en lugares muy húmedos o en hábitats acuáticos pues requieren de agua líquida para la fecundación. Sin embargo, también pueden tolerar condiciones ambientales extremas que otras plantas no resisten; por esta razón están ampliamente distribuidas en el mundo.

LÍQUENES

Son organismos constituidos por la simbiosis entre un hongo llamado micosimbionte y un alga o cianobacteria llamada fotosimbionte. La asociación de estos dos organismos puede ser muy variada pudiéndose diferenciar varios tipos estructurales muy diferentes. Son organismos excepcionalmente resistentes a las condiciones ambientales adversas y capaces, por tanto, de colonizar muy diversos ecosistemas. La base de la simbiosis es la toma de nutrientes por parte del hongo desde el alga; para ello en casi todos los líquenes estudiados se ha encontrado alguna forma de penetración del hongo dentro de las células algales.

ALGAS

Son talófitos (organismos que carecen de raíz, tallo, hojas); carecen de estructuras estériles rodeando a las células reproductoras y tienen clorofila junto a otros pigmentos acompañantes, es decir, poseen la sustancia presente en todos los seres vivos que fotosintetizan, sin embargo, ciertas especies han evolucionado hacia la pérdida de su capacidad fotosintética, adaptándose a ambientes oscuros o con poca exposición a la luz. En Yaxha se ha registrado el crecimiento de algas epilíticas en la mayor parte de las áreas de estudio seleccionadas, cubriendo el 29.30% en superficies interiores y 49.23% en superficies exteriores. Estos crecimientos se han registrado en los tres sustratos identificados en la arquitectura prehispánica de Yaxha, bloque calizo, embono y estuco, mientras que en Nakum se ha reportado su presencia principalmente en los estucos de áreas interiores.

CONSERVACIÓN

Tomando en cuenta la legislación vigente y los criterios internacionales de conservación del Patrimonio Cultural se llevó a cabo el diagnóstico de conservación en las cien áreas seleccionadas, identificando todos aquellos factores que intervienen en la alteración del estado de conservación de los monumentos arquitectónicos. Los factores de deterioro y los propios deterioros se han clasificado en tres grandes grupos: físicos, químicos y biológicos. En este sentido, se ha determinado que el crecimiento de organismos vegetales menores es el factor de deterioro más representado en el análisis, registrándose en toda la arquitectura expuesta de ambos sitios. Al considerar esta situación, es necesario realizar un análisis de las causas y efectos relacionados con estos crecimientos.

De acuerdo con R. Kumar y A. Kumar (1999), a pesar que los efectos del crecimiento de briofitas sobre monumentos no ha sido investigado con rigidez, puede decirse que su presencia es debida a la acumulación de delgadísimas capas de humus generalmente ocasionadas por acumulaciones de algas muertas, por lo que su presencia es ya un indicativo de falta de mantenimiento adecuado. Cuando los musgos mueren, las capas de humus se extienden favoreciendo el crecimiento de plantas mayores y más dañinas. Además, debido al alto grado de sus rizoides, estos organismos tienen una alta capacidad de extraer minerales de las piedras lo que puede provocar cierto grado de desintegración bioquímica de los materiales constructivos.

Por otra parte, se ha determinado anteriormente que las algas ocasionan daños de carácter estético ya que producen manchas sobre detalles relevantes del monumento, a causa de los pigmentos de las cianobacterias, además pueden ocasionar deterioros bioquímicos debidos a la producción de ácidos que pueden provocar que los componentes de las piedras se disuelvan o bien incrementan su solubilidad ante el agua estimulando la migración de sales en las piedras haciendo que su superficie se pulverice. Las algas también secretan proteínas y azúcares como resultado de su metabolismo y pueden crear microcavidades y picaduras en las piedras (Torres 1993; R. Kumar y A. Kumar 1999; Novelo *et al.* 2007).

Mientras tanto, los líquenes ocasionan daños físicos a los monumentos a causa de la penetración del *thallus* en los poros, grietas preexistentes o fisuras de las piedras, las cuales pueden ensancharse en la medida que los organismos crecen, lo cual también puede generar fluctuaciones de humedad resultando en la pérdida de adherentes de los fragmentos minerales. En casos de existir la presencia de líquenes en largos periodos de tiempo, el ácido carbónico secretado a través de su respiración puede ocasionar la degradación de la superficie de las piedras, además, otros ácidos producidos por los líquenes pueden atacar el calcio, magnesio, el hierro, mica, etc., provocando la pérdida de sus componentes naturales degradando la composición química de los materiales (Nimis *et al.* 1992; R. Kumar y A. Kumar 1999)

Con el fin de determinar el procedimiento más adecuado para controlar los crecimientos vegetales menores sobre la arquitectura prehispánica de Yaxha y Nakum, fueron aplicados los cuatro tratamientos propuestos, en áreas de 0.20 x 0.20 m, con un control estricto para evaluar su eficacia, al mismo tiempo que se tasan los efectos del bio-deterioro ocasionado por el crecimiento de estos microorganismos. Aunque será necesario realizar evaluaciones a mediano y largo plazo para confirmar la efectividad de estas aplicaciones, preliminarmente se ha determinado que la prueba *tipo T-4* es la más eficiente, pero a la vez la más costosa, por lo que se sugiere alternar los procedimientos *tipo T-3 y T-4* con una frecuencia de seis meses.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El crecimiento de organismos vegetales menores está íntimamente relacionado con los deterioros superficiales de los materiales constructivos. Atendiendo a la dinámica de sucesión ecológica, las algas son especies precursoras que colonizan la superficie expuesta de los edificios Mayas. Estos crecimientos de algas generan las condiciones para que otras especies de briofitas, musgos y líquenes se desarrollen en estos sustratos. En este sentido, la falta de atención adecuada permitirá el crecimiento de plantas mayores que pueden llegar a ocasionar problemas de carácter estructural.

El análisis estadístico de cobertura vegetal permitió identificar una relación directa con las condiciones ambientales, como humedad, exposición a la luz solar y tipo de sustrato, sin embargo, la orientación no parece ser un factor determinante, puesto que los crecimientos se dieron de manera generalizada sobre todos los elementos de los edificios. En general no se han observado crecimientos de líquenes y musgos en áreas de interior pero si en los ambientes exteriores, debido a que las condiciones ambientales no son propicias para su crecimiento, todo lo contrario ocurre con los crecimientos algales, los que adquirieron una mayor importancia en las áreas de interior, en donde formaban grandes manchas verdes y negras, que incluso llegaban a formar capas escamosas sobre la superficie.

Un hecho importante que ha salido a la luz es que las especies identificadas en Yaxha no se han hecho presentes en Nakum, lo que demuestra que diferencias en el clima, humedad, características de las piedras, tiempo de exposición del elemento y otros, son variables que pueden influir directamente en la distribución y presencia de estos organismos (Figura 8). De acuerdo a las características de crecimiento y cobertura registradas en ambos sitios arqueológicos, no es posible considerar la eliminación completa de los organismos vegetales menores, sino que es conveniente enfocarse en el control de los mismos, para evitar la colonización de las superficies por organismos vegetales vasculares.

Los procedimientos de remoción mecánica de organismos vegetales menores han evidenciado daños superficiales del sustrato a causa de la erosión ocasionada, que a pesar de registrarse en niveles milimétricos a largo plazo podría considerarse como otro factor importante de deterioro para los elementos arquitectónicos que se pretenden conservar. Por su parte, los procedimientos húmedos de remoción han demostrado ser más eficientes en términos de tiempo y resultados, sin embargo, no se recomienda realizarlo de manera indiscriminada en toda la arquitectura expuesta, hasta no evaluar los impactos ambientales que pudiera ocasionar al ecosistema.

En vista de la importancia específica de las superficies de estuco original, decoraciones arquitectónicas y escultura prehispánica, en términos de sus características particulares, artísticas, tecnológicas y/o culturales, se considera necesario y fundamental mantenerlas libres de organismos vegetales menores, a través de programas permanentes de conservación preventiva, que debería incluir: intervención curativa, impermeabilización general del área, cubiertas protectoras y manejo adecuado de visitantes.

REFERENCIAS

Aquino, Daniel

- 2006 *Algunos monumentos de Yaxha: implicaciones en la historia dinástica*. Ponencia presentada en el XIV Encuentro Arqueológico del Área Maya. Centro Universitario de Petén, USAC, Guatemala.

Aquino, Daniel y Edy Barrios

- 2010 La arquitectura de Nakum: El reflejo material de la evolución cultural. En *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2009* (editado por B. Arroyo, A. Linares y L. Paiz), pp.83-96. Museo Nacional de Arqueología y Etnología. Guatemala.

Aquino, Daniel y Adriana Segura

- 2007 Los Monumentos del sitio arqueológico Yaxha, Petén: la problemática de su conservación. En *XXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2006* (editado por J.P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía), pp.917-932. Museo Nacional de Arqueología y Etnología. Guatemala.

Aquino, D., A. Segura, V. Matute, G. Flores y W. Salazar

- 2008 *Crecimiento y distribución de organismos vegetales menores en la arquitectura prehispánica y su relación con el deterioro del Patrimonio Cultural Edificado: Propuesta técnica para su control, sitio arqueológico Yaxha*. Informe final presentado a DIGI-USAC, Guatemala.
- 2009 El Misterio del Manto Verde: identificando la cobertura vegetal de la arquitectura prehispánica. En *XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2008* (editado por J. P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía), pp.341-356. Museo Nacional de Arqueología y Etnología. Guatemala.

Aquino, D. E. Barrios, V. Rios y C. Espigare

- 2009 Identificando la cobertura vegetal en la arquitectura prehispánica del noreste de Petén, Guatemala: estudio multidisciplinario en las antiguas ciudades mayas Yaxha y Nakum. En *III Congreso Centroamericano de Arqueología, octubre 2009*. Museo Nacional de Antropología. San Salvador, El Salvador.

Hellmuth, Nicholas

- 1993 *A report for IDAEH on research accomplished at the Maya ruins of Yaxha, Peten, Guatemala*. Foundation for Latin American Anthropological Research.

Hermes, Bernard y Zoila Calderón

- 2003 La secuencia de ocupación prehispánica en Nakum: Una visión preliminar. En *XVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2002* (editado por J. P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía), pp.305-319. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

- Hermes, Bernard, Paulino Morales y Sebastian Möllers
 1999 Investigación arqueológica en Yaxha, Petén: La Calzada del Lago y la Vía 5. En *XII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, 1998 (editado por J. P. Laporte, H. Escobedo y A. Suasnavar), pp.115-124. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- Hermes, Bernard, J. Zalka y Z. Calderón
 2006 La periferia de Nakum, Petén: Datos recientes sobre la complejidad urbana de un asentamiento. En *XIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, 2005 (editado por J. P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía), pp.911-928. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- Kumar, Rakesh y Anuradha V. Kumar.
 1999 *Biodeterioration of stones in tropical environments: An overview*. Research in conservation. The Getty Conservation Institute.
- Nimis, P. L., D. Pinna y O. Salvadori
 1992 *Licheni e Conservazione dei Monumenti*. Cooperativa Libreria Unversitaria Editrice Bologna. Italia.
- Novelo, E., M. Ramírez y A. Villalobos
 2007 Las algas epilíticas de las zonas tropicales en los monumentos mayas. En *Lakamha'* 22(3-7). INAH. México.
- Pinto, Estela
 1996 *Informe Final. Unidad de Arqueología Local, Sub-Proyecto Triángulo Yaxha-Nakum-Naranjo*. Instituto de Antropología e Historia. Ministerio de Cultura y Deportes. Guatemala.
- Quintana, Oscar, Wolfgang Wurster y Bernard Hermes
 2000 El plano del sitio maya de Yaxha, Petén, Guatemala. En *Beitrage zur Allgenainen und Vergleichenden Archaologie*, Band 20:261-286. Mainz.
- Quintana, Oscar y Wolfgang Wurster
 2001 Ciudades Mayas del Noreste del Petén, Guatemala: un estudio urbanístico comparativo. *Materialien zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie*. Band 59. KAVA. Mainz.
 2002 Un nuevo plano del sitio Maya de Nakum, Petén, Guatemala *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie*, Vol.22, pp.243-275. Verlag Philipp von Zabern, Mainz am Rhein.
- Torres, Pablo
 1993 *La ficoflora de la zona arqueológica de Palenque, Chiapas*. Colección Científica – Serie Conservación y Restauración. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Zalka, Jaroslaw, W. Koszku, B. Hermes y G. Martínez.
 2008 Nuevos hallazgos en Nakum: La segunda temporada de Proyecto Arqueológico Nakum. En *XXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, 2007 (editado por J.P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía), pp.409-429. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

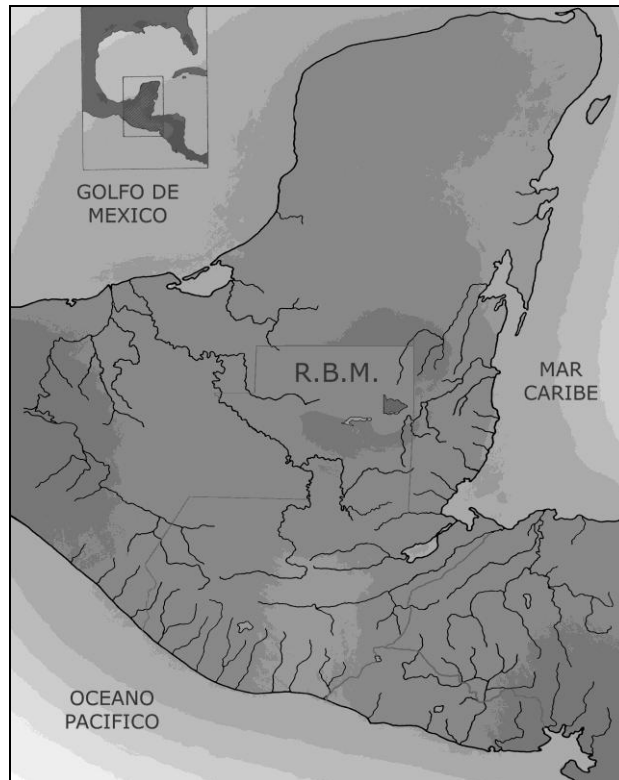


Figura 1 Mapa de ubicación de sitios arqueológicos.

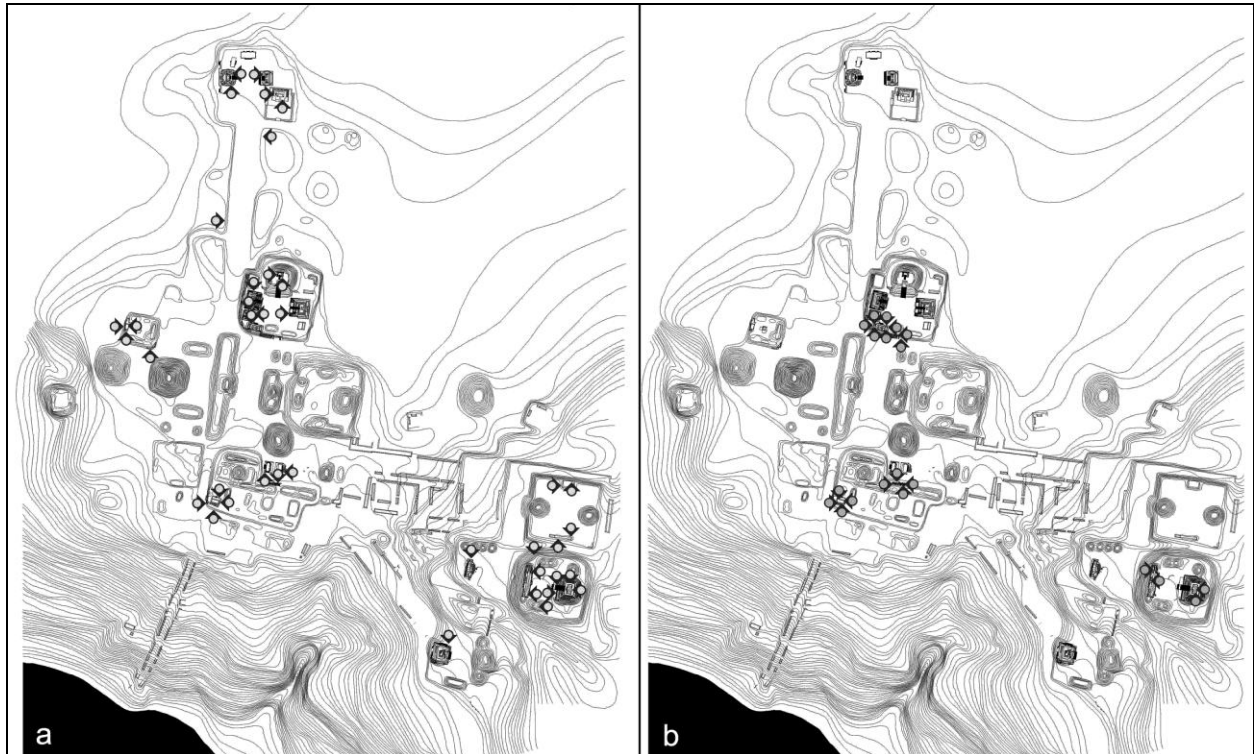


Figura 2 Mapa topográfico de Yaxha. a: Áreas seleccionadas contexto exterior; b: Áreas seleccionadas contexto interior (modificado de Quintana y Wurster 2001).

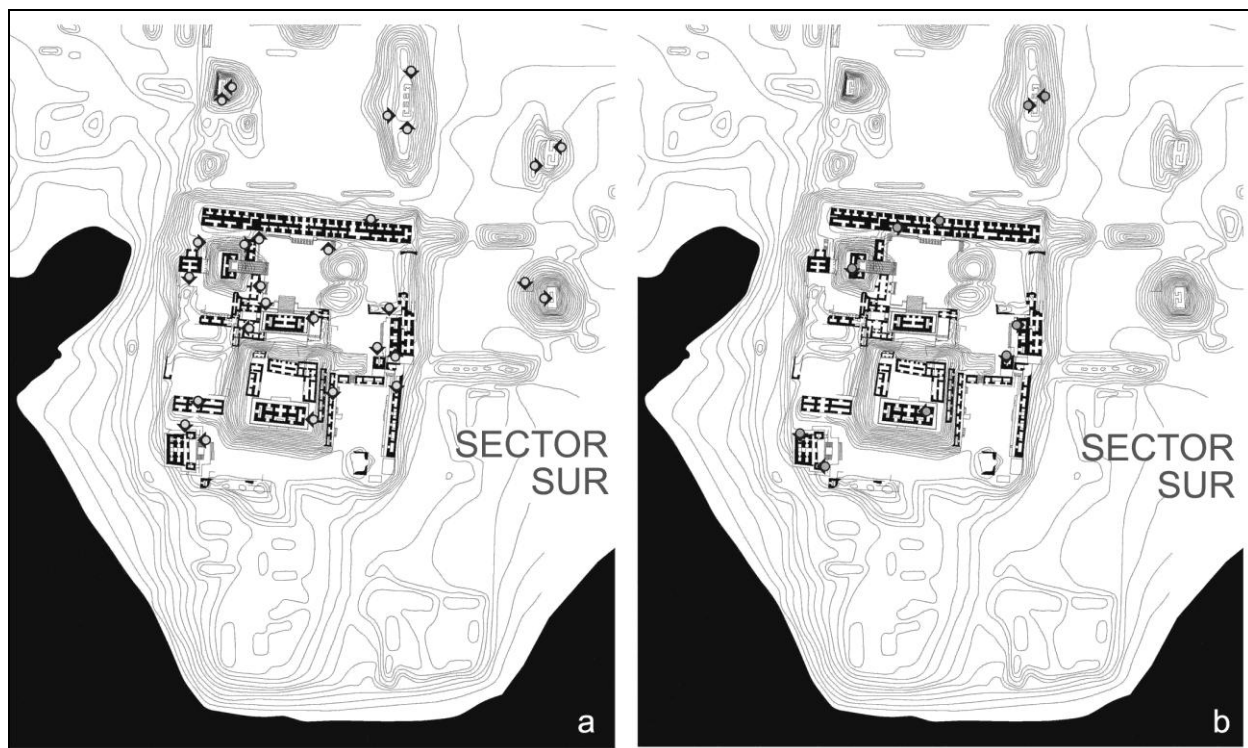


Figura 3 Mapa topográfico de Nakum. a: Áreas seleccionadas exterior; b: Áreas seleccionadas interior (modificado de Quintana y Wurster 2002).

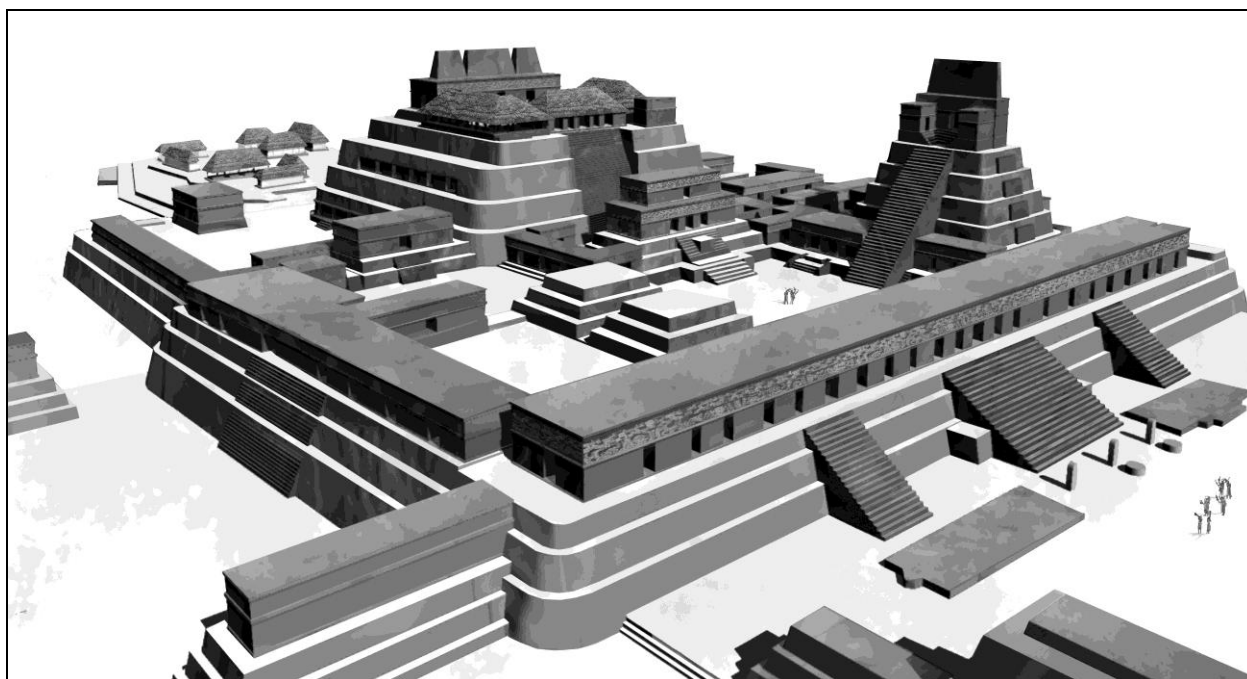


Figura 4 Acrópolis Sur, sitio arqueológico Nakum (ilustración T. Tobar y B. González, en del Cid 2006).

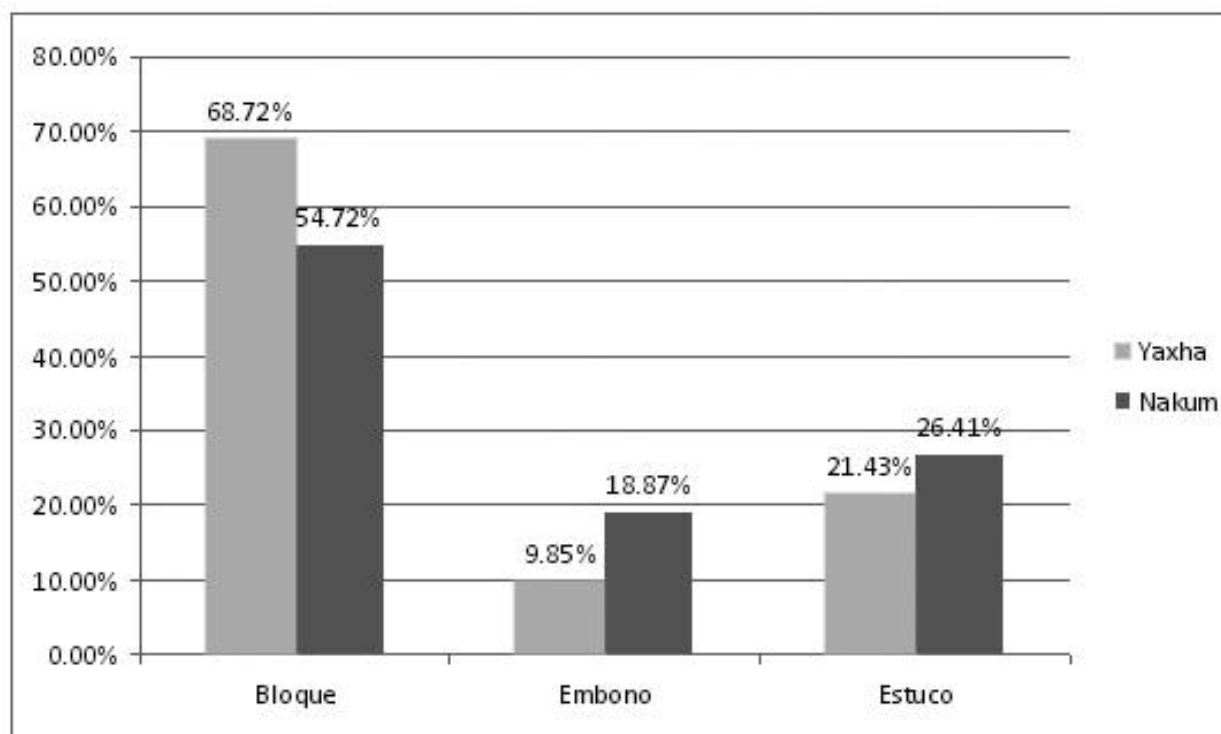


Figura 5 Tipos de sustrato en áreas seleccionadas en Yaxha y Nakum.

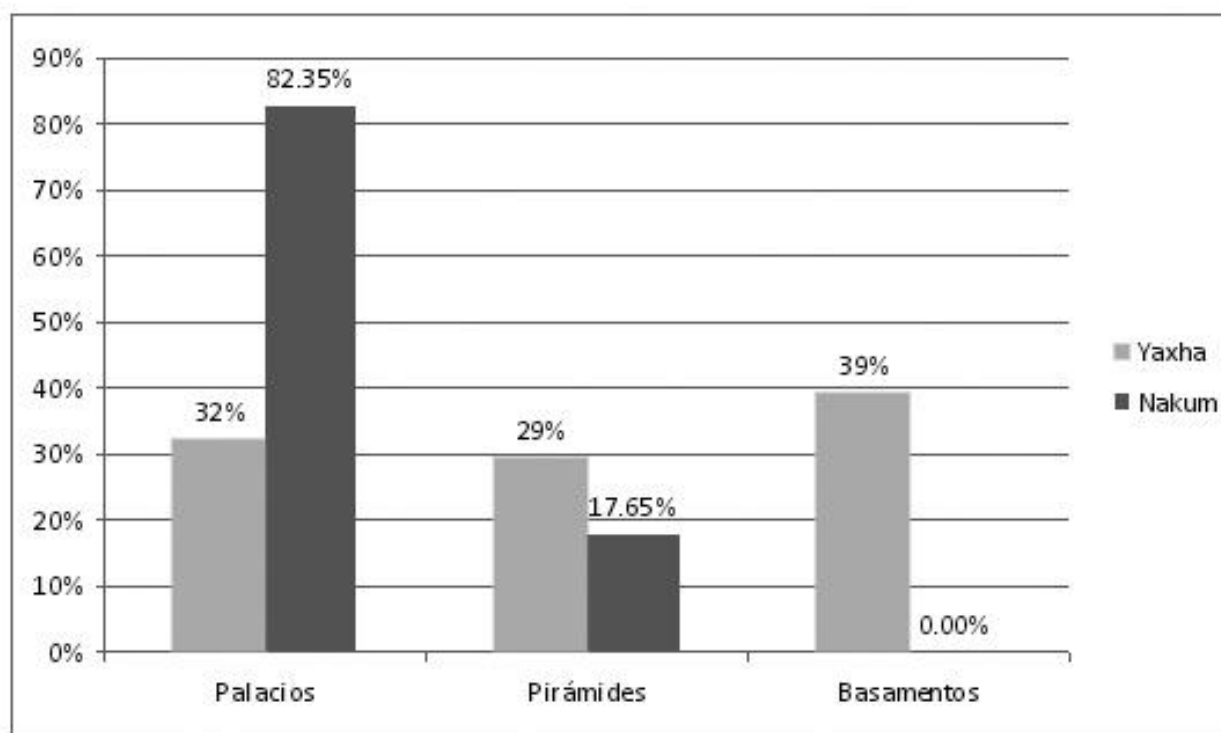


Figura 6 Tipología de arquitectura expuesta en Yaxha y Nakum.

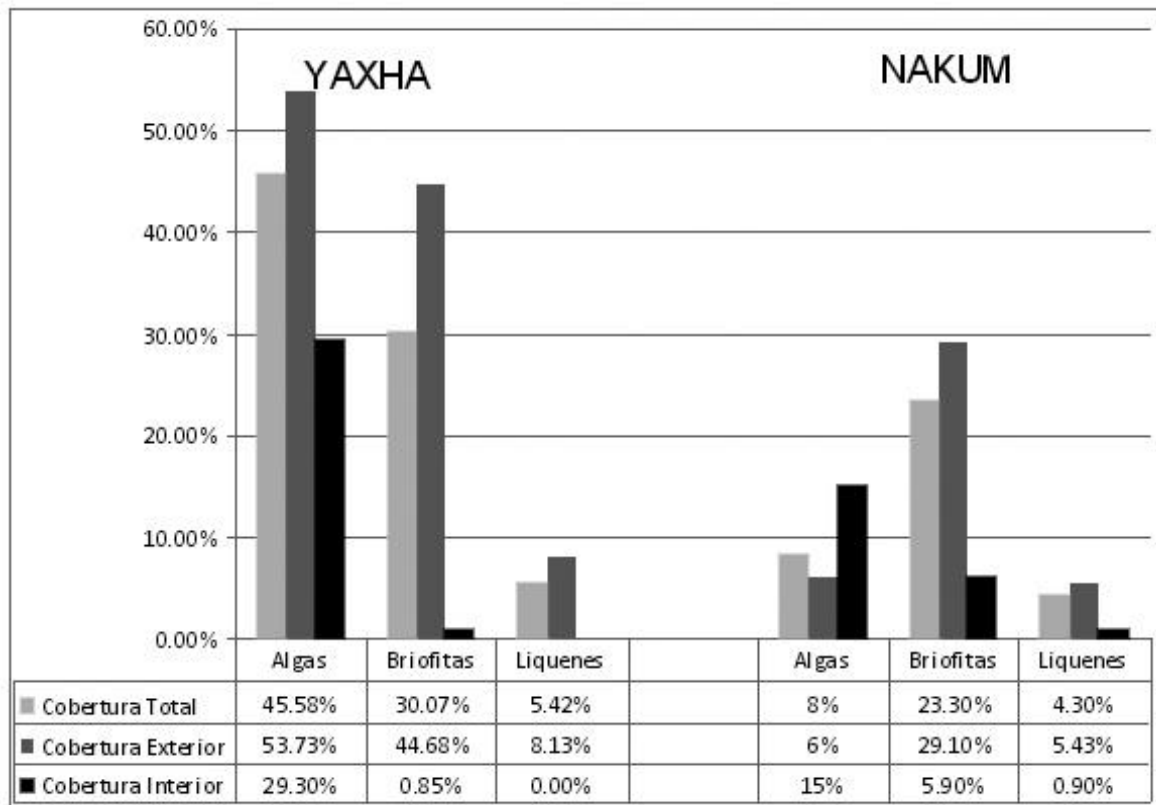


Figura 7 Análisis estadístico de cobertura vegetal en Yaxha y Nakum.

Organismos vegetales menores en arquitectura maya						
	No.	Tipo	Clase	Familia	Especie	Procedencia
Especies	1	Briofita	Musgo	<i>Calymperaceae</i>	<i>Syrrophodon incompletus</i>	Yaxha
	2		Musgo	<i>Amblystegiaceae</i>	Morfoespecie1	Yaxha
	3		Musgo	<i>Ditrichaceae</i>	Morfoespecie2	Yaxha
	4		Musgo	<i>Ephemeraceae</i>	Morfoespecie 3	Yaxha
	5		Musgo	<i>Pottiaceae</i>	<i>Barbula indica</i>	Nakum
	6		Musgo	<i>Pottiaceae</i>	<i>Hyophila involuta</i>	Nakum
	7		Musgo	<i>Pottiaceae</i>	<i>Trichostomum portoricense</i>	Nakum
	8		Hepática	<i>Calypogeiaceae</i>	<i>Calypogeia sp morfoespecie 1</i>	Yaxha
	9		Hepática	<i>Calypogeiaceae</i>	<i>Calypogeia sp morfoespecie 2</i>	Yaxha
	10		Hepática	<i>Ricciaceae</i>	<i>Riccia cavemosa</i>	Nakum
	11	Algas	Chlorophyta	n.d.	n.d.	Yaxha
	12		Chlorophyta	<i>Trentepohliaceae</i>	<i>Trentepohliaceae sp morfoespecie 1</i>	Yaxha
	13		Cyanophyta	n.d.	n.d.	Yaxha
	14		Cyanophyta	Cianobacteria	<i>Lyngbya sp.</i>	Nakum
	15	Liqueenes	Crustáceo	n.d.	n.d.	Yaxha
	16		Crustáceo	<i>Graphidaceae</i>	<i>Graphis sp.</i>	Nakum
	17		Crustáceo	<i>Stereocaulaceae</i>	<i>Lepraria sp.</i>	Nakum

Figura 8 Catálogo de organismos vegetales menores identificados (W. Salazar – Yaxha, y V. Ríos – Nakum, Proyecto DIGI 2009).