46.

Hombre y medio ambiente en Naachtun: la aportación de la imagen LiDAR para un mejor conocimiento de una sociedad maya clásica y de su entorno

Philippe Nondédéo, Carlos Morales-Aguilar, Cyril Castanet, Eva Lemonnier, Louise Purdue y Dominique Michelet

XXXI Simposio de Investigaciones
Arqueológicas en Guatemala

Museo Nacional de Arqueología y Etnología
17 al 21 de julio de 2017

Editores
Bárbara Arroyo
Luis Méndez Salinas
Gloria Ajú Álvarez

Referencia:

Nondédéo, Philippe; Carlos Morales-Aguilar, Cyril Castanet, Eva Lemonnier, Louise Purdue y Dominique Michelet
2018 Hombre y medio ambiente en Naachtun: la aportación de la imagen LiDAR para un mejor conocimiento de una sociedad maya clásica y de su entorno. En XXXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2017 (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 591-599. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Hombre y medio ambiente en Naachtun: la aportación de la imagen LiDAR para un mejor conocimiento de una sociedad maya clásica y de su entorno

Philippe Nondédéo
Carlos Morales-Aguilar
Cyril Castanet
Eva Lemonnier
Louise Purdue
Dominique Michelet

Palabras clave
Tierras Bajas Mayas, Periodo Clásico, Naachtun, LiDAR, calzada.

Abstract
In 2016, a LIDAR survey, funded by the Pacunam Foundation and operated by NCALM has been undertaken in a 140km²-rectangular zone centered on Naachtun micro region with the purpose of understanding the settlement patterns –in particular the "rural" settlement– at a larger scale, resource management in relation with the different bajos closed to Naachtun, and the agrarian strategies adopted out of the city center. In this brief paper, we shall focus on the first results regarding the comparison between the site mapped with a foot-survey method and the LiDAR image; then, we will present, on a larger scale, some general considerations on settlement patterns and on hydrographic and agrarian features that could be detected in the LiDAR image.

Introducción

Naachtun es un centro mayor del periodo clásico localizado en el norte de Petén, a orillas de la frontera con México. Ha sido reportado por primera vez en 1922 por Sylvanus Morley (1937-38), quien documentó varios monumentos con inscripciones, mientras que, años después, Ruppert y Denison Jr (1943) realizaron el primer mapa del epicentro en 1934. Identifican, en aquel entonces, tres grupos principales, los Grupos A, B y C, establecidos sobre dos elevaciones que bordean un gran bajo, llamado El Infierno, localizado al norte del epicentro del sitio. El primer mapa constaba de aproximadamente 115 edificios distribuidos en 65 ha. Unos 50 años después, en 2004, Kathryn Reese-Taylor (Rangel and Reese-Taylor 2005) inició un proyecto en Naachtun y agregó algunos edificios nuevos en el mapa, en particular una pirámide llamada la Pérdida, la cual había escapado al levantamiento minucioso de Ruppert y Denison. Mapearon también con estación total algunos componentes del epicentro de la ciudad, pero globalmente las dimensiones y el tamaño de Naachtun quedaron los mismos que durante el tiempo de la Carnegie.

El Proyecto Arqueológico Peten-Norte Naachtun dirigido por Philippe Nondédéo y Lilian Garrido es un proyecto multidisciplinario que inició en 2010 y que combina investigaciones arqueológicas y estudios medioambientales. Uno de los primeros objetivos consistió en delimitar la extensión del sitio y definir la organización de las zonas residenciales alrededor del epicentro monumental y también en entender el manejo de los recursos naturales locales. Después de cinco temporadas de campo de recorridos de superficie y ma-

peo con brújula de precisión y distanciómetro, conseguimos una buena idea de la organización espacial del sitio en un sector de estudio total de aproximadamente 2 km². Tres principales zonas fueron distinguidas por Eva Lemonnier con base en la densidad, el tamaño y la organización espacial de los edificios. A saber, el epicentro, que ocupa 33 ha y que consta de 285 edificios, lo que lleva a una densidad de 8.6 estr./ha; la zona residencial que se desarrolla alrededor del epicentro, principalmente al sur, este y oeste y que incluye, a la fecha, cerca de 566 estructuras en 144 ha, dando una densidad de 3.9 est/ha; y, finalmente, una zona rural (muy poco explorada) la cual se caracteriza por una caída de la densidad a 1.6estr./ha. Junto con estos criterios, limites geo-topográficos fueron identificados en las cuatro direcciones alrededor del epicentro y ayudaron a separar al área residencial de las zonas rurales. Se pudo identificar la presencia de bajos tanto al norte como al sur, y hondos canales de drenaje al este y al oeste, los cuales constituyen los límites naturales del núcleo del asentamiento de Naachtun.

En lo que se refiere a los rasgos geográficos e hidrográficos, se detectó a través de recorridos de superficie y técnicas de sensores remotos, la presencia de tres cuerpos de agua residuales al interior del bajo Norte, los cuales se consideran como posibles reservorios al lado de las aguadas situadas tanto al interior de la zona residencial como al exterior del epicentro de Naachtun. Desde una perspectiva agraria, muy pocos rasgos construidos, tales como terrazas, fueron identificados durante recorridos y excavaciones; los que lo fueron, se sitúan principalmente en la orilla sur del bajo El Infierno.

Estos resultados, resumidos aquí a grandes rasgos, representan el conocimiento que se había obtenido del patrón de asentamiento de Naachtun hasta el mes de octubre del 2016 cuando recibimos la primera imagen de la cobertura LiDAR de Naachtun y de su microrregión.

De hecho, con el apoyo financiero de Pacunam y gracias al trabajo del equipo de NCALM, se consiguió la primera imagen de la microrregión de Naachtun que cubre un área de aproximadamente 140 km², pero abarcando únicamente el territorio guatemalteco. Sin embargo, el territorio original, tanto económico como políticamente relacionado con Naachtun se extendía, sin lugar a dudas, mucho más al norte en lo que es hoy en día el Estado mexicano de Campeche. A pesar de ese limitante la imagen permite plantear una nueva etapa en el estudio de Naachtun, con un antes y un después, ya que los datos proporcionados por la cobertura LiDAR amplían drásticamente (70 veces) la visión que se podía tener del sitio y de su microrregión. La primera impresión que uno saca de la observación de la imagen es la alta densidad de los asentamientos casi en todas partes –principalmente unidades habitacionales más o menos dispersas–, sólo limitados por la presencia de zonas inundadas o de drenajes.

En esta presentación, nos enfocaremos primero en los resultados que atañen a la comparación entre el mapa del sitio obtenido con base en la prospección pedestre y la imagen LiDAR. Posteriormente se propondrán unas consideraciones generales sobre el patrón de asentamiento general de la región según la imagen LiDAR. Y, finalmente, se comentarán unos cuantos vestigios agrarios e hidrológicos que pudieron ser detectados en los análisis preliminares de la imagen LiDAR.

Metodología

Los análisis y las interpretaciones de los vestigios arqueológicos y medio-ambientales derivados del modelo LiDAR se basan en varias contribuciones previas sobre el tema (Challis *et al.* 2011, Chase *et al.* 2014; Devereux *et al.* 2008, Lasaponara and Masini 2011). Fueron principalmente realizados por Carlos Morales-Aguilar para la parte arqueológica y Cyril Castanet para la parte hidrológica.

Una cuadrícula general con unidades de 500 m de lado fue colocada encima de la imagen ya que ofrece un buen compromiso para registrar cualquier vestigio arqueológico y paleo-ambiental en un cuadro ni muy grande, ni demasiado pequeño. Por otra parte, va conforme a la cuadricula adoptada en el levantamiento previo del sitio, y al plano de muchos otros sitios, Tikal para empezar. Un total de 551 cuadrantes fue de esta manera trazado, lo que nos permitirá en el futuro, programar, manejar, analizar y designar no solamente los datos LiDAR sino también la información derivada del campo.

Esfuerzos significativos se dedicaron a la tarea de georreferenciar y correlacionar el mapa de Naachtun con la imagen LiDAR (Figura 1) (Morales-Aguilar y Castanet 2016:55). Si el mapa arqueológico es de alta resolución con un alto nivel de interpretación de los vestigios, la metodología utilizada para producir este mapa, con brújula y distanciometro, generó errores en la orientación de los edificios (de 1 a 6 grados), así como errores cumulativos de distancia entre cada uno de ellos, lo que representa casi 200 m en las extremidades oeste y este del mapa. En realidad, al sobreponer el mapa arqueológico a la imagen LiDAR, se puede

observar primero, que el área cubierta por el equipo de prospección liderada por Eva Lemonnier fue más extensa de lo pensado y alcanzó 2.5 km². Por otra parte, se nota que muy pocas estructuras o unidades quedaron no detectadas o no cartografiadas por el mismo equipo de prospección, localizándose, en su mayoría, los elementos omitidos al interior del bajo sur donde los recorridos no fueron tan sistemáticos.

Uno de los aportes mayores de la imagen LiDAR en la zona mapeada con anterioridad concierne las transformaciones del paisaje, arreglos a veces no tan fáciles de identificar en campo. Se trata principalmente de plataformas y terraplenes de grandes dimensiones que se encuentran en el Grupo C. Es el caso, por ejemplo, de una antigua calzada que salía del Grupo tríadico en dirección del noreste y del edificio III, y que no había sido detectada en los recorridos pedestres; esta calzada interna requiere ahora una validación en campo. A la inversa, las terrazas observadas en campo en las laderas al norte del Grupo C y en las orillas sur del bajo Norte no aparecen en la imagen LiDAR.

Patrón de asentamiento en la microrregión de Naachtun

Uno de los resultados preliminares más impactantes del análisis de la imagen LiDAR es la detección de una red de calzadas que conectan Naachtun a toda una serie de centros secundarios, así como a unidades residenciales (Figura 2). Más de 25 km de calzadas ya fueron identificadas, pero esta cifra es probablemente subestimada dado, en particular, que calzadas internas observadas en el campo no se ven en la imagen GeoTIFF, como por ejemplo la calzada principal que conecta los Grupos C y A de Naachtun. Tenemos pues, buenas expectativas para encontrar nuevas calzadas mediante el análisis en curso del Modelo Digital de Elevación (DEM: Digital Elevation Model) y el Modelo Digital de Terreno (DTM: Digital Terrain Model).

En realidad, dos tipos de calzadas han sido identificados por Carlos Morales-Aguilar para la microrregión de Naachtun: el primer tipo, construido y elevado en relación al terreno natural, pertenece probablemente al Preclásico o al Clásico Temprano y corre sobre kilómetros entre dos asentamientos; el segundo, sólo delimitado por un muro de contención o parapeto, corresponde a construcciones del Clásico Tardío y es generalmente inferior a los 500 m de largo. Está generalmente restringido a áreas intrasitios. Esos dos tipos de calzadas tenían muy probablemente usos y funciones distintos.

Aunque no tuvimos aún tiempo de realizar pozos de sondeos en varias de estas calzadas, se puede estimar que las calzadas del tipo elevado presentes en la microrregión de Naachtun fueron, en su mayoría, edificadas durante el primer apogeo del sitio o sea durante el Clásico Temprano, es decir entre 300 y 450 DC. Es preciso mencionar que, después de ocho temporadas de excavaciones, no se detectó ninguna ocupación preclásica significativa en Naachtun mismo, o en sus alrededores inmediatos. Por otra parte, vale precisar que las dimensiones de las calzadas presentes en el territorio de Naachtun son muy inferiores a las registradas en la región de Mirador para el Preclásico Tardío. Se trata de calzadas que miden entre 50 m y 10 km de largo, de 1 a 2 m de alto y de 1 a 20 m de ancho, mientras que las de Mirador pueden llegar a medir entre 600 m y 25 km de largo, y de 1 a 6 m de alto (Hernández *et al.* 2013).

Es importante agregar aquí que ninguna de las calzadas detectadas en Naachtun y en las áreas circundantes parece haber tenido funciones hidráulicas. En otras partes de Petén, durante el Preclásico Tardío, las redes de calzadas parecen haber tenido relaciones estrechas con reservorios, aguadas, diques y canales, entre otros (Hernández *et al.* 2013). Por sus dimensiones más pequeñas, es probable que las calzadas de Naachtun no hayan servido para dirigir los flujos de las aguas pluviales hacia los bajos.

Entre las calzadas más interesantes, se puede mencionar la que corre 7 km hacia el noroeste en dirección de Chicanticaanal localizado en México, u otra que corre 3.5 km al sureste hacia otro centro importante desconocido, pero bien visible sobre la imagen LiDAR y que llamamos Kunal. Son potencialmente dos centros clásicos afiliados a la entidad política de Naachtun. De manera interesante, las dos calzadas atraviesan asentamientos menores, casi rurales, caracterizados no obstante por la presencia de Grupos de Tipo E, tal vez construidos durante el Clásico Temprano y contemporáneos, en ese caso, del de Naachtun (Morales-Aguilar 2015). Recientemente, mediante los primeros análisis del Modelo Digital de Terreno, otra calzada fue identificada: corre varios kilómetros al sur de Naachtun hacia un sitio desconocido fuera de la zona cubierta por el LiDAR.

Nuevos centros

Entre los nuevos centros detectados por medio de la cobertura LiDAR, Kunal y Bitze son dos asentamientos importantes con un Grupo de tipo E cuya configura-

ción recuerda los patrones preclásicos (Morales-Aguilar y Castanet 2016:57), aunque bien podrían ser un poco más tardíos, y en particular del Clásico Temprano. Es posible que Kunal sea el sitio secundario más importante en la microrregión de Naachtun al menos según la presencia de la calzada que lo une con Naachtun, y la existencia de amplias plazas y edificios piramidales (Figura 3). Una primera visita en este sitio en abril del 2017 por el Proyecto Naachtun permitió establecer que Kunal estaba en realidad compuesto por dos núcleos cronológicamente bien distintos: el núcleo norte se organiza en torno a una plaza que se extiende en gran parte afuera de la cobertura LiDAR; consta de una gran pirámide muy alta, de alrededor de 32 m de alto, que posee todas las características de los edificios preclásicos, además de tener tiestos *Sierra Rojo*. En cambio, el núcleo sur es más bien del periodo clásico, de temprano a terminal, y parece tener influencias del norte, por la cerámica hallada *in situ*. En él, ningún monumento esculpido visible fue localizado, lo que podría confirmar el papel de centro secundario que le asignamos.

En otro renglón, como era de esperar en un sector cercano a la región de Mirador, una ocupación preclásica pudo ser identificada por Morales Aguilar en la micro región de Naachtun: se aprecia mediante la presencia de plataformas residenciales, cuadrangulares y elevadas, que comparten la misma morfología que las identificadas en El Mirador y en sus cercanías. Una concentración de estas plataformas ha sido localizada a 9 km al oeste de Naachtun, cerca del bajo Iknal, mientas que otra se encuentra a 6 km al este de Naachtun, a medio camino hacia Kunal. Otra área que muestra una morfología preclásica, pero en un patrón más disperso está situada a 2 km al noroeste de Naachtun, en la parte superior del bajo el Infierno. Futuras investigaciones podrán revelar su cronología para determinar si se trata de edificaciones preclásicas o si existió una continuidad en los sistemas constructivos del Preclásico durante la primera parte del Clásico Temprano.

Hidrografía

Numerosas aguadas se pueden ver en la imagen LiDAR. Son de forma circular, cuadrangular, rectangular o de forma irregular. El modelo de elevación, junto con imágenes satelital multi-espectral, permite una mejor identificación de estos vestigios notablemente porque la composición de la vegetación cambia alrededor y al interior de estos cuerpos de agua. Así, una buena decena de aguadas pudo ser identificada en un radio de 3 km alrededor de Naachtun por Cyril Castanet. Una de las principales sorpresas fue el hallazgo de una posible aguada cuadrangular de grandes dimensiones, acondicionada en el bajo Norte, a unos 200 m al noreste del Grupo C. De entre 50 a 60 m de lado, dicha aguada se encuentra en el cono aluvial, en la desembocadura del canal que atraviesa todo el sitio de sur a norte. Esta aguada, por su morfología y tamaño, recuerda reservorios parecidos localizados en Uxul o en Calakmul (Figura 4a y 4b). Una exploración de ella, llevada a cabo en abril de 2017, junto con sondeos pedológico con nucleadora y con trincheras hondas logró determinar, por una parte, que la aguada había sido excavada en los aluviones así como en la roca caliza natural y, por otra, definir el perfil pedológico del reservorio. Está delimitada en sus lados por una especie de borde de tierra que domina de un metro el fondo actual de la aguada y que descansa directamente sobre la roca caliza. En este borde, se encontraron abundantes artefactos del Clásico Temprano y Tardío. Por su parte, el estudio del centro del reservorio indica la presencia de dos conjuntos sedimentarios arcillosos que totalizan más de 5 m de profundidad. La capa inferior, de 2.5 m de grosor, contiene arcillas micro-laminarias gris claro a gris oscuro-negro, características de contextos acuáticos permanentes, mientras que la capa superior, de hasta 2.6 m de grosor, presenta arcillas gris oscuro homogéneas, típicas de los civales actuales con alternancia entre fases inundadas y fases exondadas. Se piensa que estas dos capas, bien distintas, corresponden, para la inferior, al momento de utilización de la aguada, contemporáneo de la ocupación del sitio, mientras que la capa superior representaría la acumulación de sedimentos post-abandono. En todo caso, el potencial de reconstitución paleo-ambiental para el periodo Clásico parece muy fuerte en los archivos sedimentarios recolectados en esta aguada.

Agricultura

Varias zonas agrícolas son claramente visibles en la imagen LiDAR. Presentan tres tipos de vestigios: terrazas, campos sobre-elevados y parcelas delimitadas por muros. Varias terrazas se pueden observar en la zona rural alrededor de Naachtun. Fueron construidas en sectores de pendientes ligeras y están distantes unas de otras de entre 8 y 25 m. En algunos casos, alcanzan 1 km de largo tal como ocurre en la zona rural ubicada a 4 km al sur de Naachtun donde 11 terrazas sucesivas se ven, asociadas con unidades residenciales. Restos de un par-

celario agrario delimitado por muros de piedras o fila de piedras, fueron también detectados 7 km al suroeste y oeste de Naachtun en relación con unidades residenciales, tal vez de morfología preclásica. Finalmente, posibles campos de cultivo sobre-elevados fueron identificados por Morales Aguilar en el bajo Iknal, 10 km al oeste de Naachtun, mostrando una configuración similar a los campos de cultivo identificados en Mirador (Hansen 2012: 151; Schreiner *et al.* n.d.), en el río Candelaria en Campeche (Siemens y Puleston 1972: 234), o en Pulltrouser Swamp en Belice (Turner II y Harrison 1981: 399). Estos campos de cultivo son difíciles de identificar tanto en campo como en las imágenes LiDAR, principalmente por cuestiones de erosión y de sedimentación del bajo. En los meandros de los arroyos temporales, es frecuente encontrar estos campos de cultivo que presentan elementos construidos de tipo muros de contención localizados en las zonas inundadas (Morales-Aguilar y Castanet 2016:59).

Conclusión

El análisis aún muy preliminar de la cobertura LiDAR de la microrregión de Naachtun muestra el potencial extraordinariamente elevado de ese tipo de imagen: son numerosísimos los datos nuevos y las informaciones que se pueden extraer de ella. Resalta a la vista en particular el hecho de que el área fue fuertemente antropizada como se puede apreciar en la cantidad de nuevos asentamientos localizados y en las evidencias de transformación del paisaje y de explotación de los recursos naturales. Todo esto invita a reconsiderar, a mayor escala, antiguas cuestiones debatidas pero sin resolver, tales como la definición espacial de un sitio maya o el tema espinoso del infeld/outfield, nunca firmemente establecido.

Entre los resultados significativos e inmediatos, recordaremos la presencia de la red de calzadas que convergen hacia Naachtun y que aparentemente confirman el papel de capital regional que esta ciudad desempeñó durante gran parte del periodo clásico: efectivamente estaba conectada con un gran número de sitios menores en el Norte de Petén y seguramente más allá de la frontera actual con México (Nondédéo *et al.* 2015). En los meses que vienen, seremos capaces de localizar, describir y cartografiar todos los vestigios arqueológicos, hidrológicos y geográficos presentes en la microrregión de Naachtun, lo que nos llevará a una mejor comprensión de las relaciones complejas entre el hombre y su medio ambiente en el Norte de Petén.

Agradecimientos

El Proyecto Naachtun agradece el apoyo de la Fundación Pacunam y de la compañía NCALM por habernos proporcionado los datos LiDAR. El proyecto Naachtun está financiado por el CNRS (Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia), el Ministerio francés de Asuntos Europeos y Exteriores, la Fundación Pacunam, la compañía Perenco y el LabEx DynamiTe. Esta investigación fue posible gracias al permiso otorgado por el ministerio de Cultura y Deportes de Guatemala a través del Demopre y del IDAEH.

Referencias

Challis, Keith; Paolo Forlin y Mark Kincey
2011 A Generic Toolkit for the Visualization of Archaeological Features on Airborne LiDAR Elevation Data. *Archaeological Prospection* 18(4):279-289.

Chase, Arlen F.; Diane Z. Chase, Jaime J. Awe, John F. Weishampel, Gyles Iannone, Holley Moyes, Jason Yaeger y M. Kathryn Brown
2014 The Use of LiDAR in Understanding the Ancient Maya Landscape. *Advances in Archaeological Practice* 2(3):147-160.

Devereux, B.J.; G.S. Amable y P. Crow
2008 Visualisation of LiDAR terrain models for archaeological feature detection. *Antiquity* 82:470-479.

Hansen, Richard D.
2012 The Beginning of the End: Conspicuous Consumption and Environmental Impact of the Preclassic Lowland Maya. En *An Archaeological Legacy: Essays in Honor of Ray T. Matheny* (editado por J. C Janetski, G. Nielsen y D. G. Matheny), pp. 241-285. Utah Museum Peoples & Culture.

Hernández, Enrique; Thomas Schreiner y Carlos Morales-Aguilar
2013 Uso público, uso privado y mitos asociados a las calzadas y sacbeob de El Mirador. En *XXVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala 2012* (editado por B. Arroyo y L. Méndez Salinas), pp.939-950. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Lasaponara, Rosa y Nicola Masini
2011 On the Processing of Aerial LiDAR Data for Supporting Enhancement, Interpretation and Mapping of Archaeological Features. En *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2011. ICCSA 2011* (editado por B. Murgante, O. Gervasi, A. Iglesias, D. Taniar, y B.O. Apduhan), pp.392-406. Springer, Berlin, Heidelberg.

Morales-Aguilar, Carlos
2015 Operación III.6: Sondeos arqueológicos en la Calzada Balam y la Estructura XV del Grupo A, Naachtun, Guatemala. En *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: Informe de la Quinta Temporada de Campo 2014* (editado por P. Nondédéo, J. Hiquet, D. Michelet, J. Sion, y L. Garrido), pp.385-405. Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.

Morales-Aguilar, Carlos y Cyril Castanet
2016 Operación I.5: Análisis preliminares de la imagen LiDAR de la micro-región de Naachtun. En Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: Informe de la Séptima Temporada de Campo 2016 (editado por P. Nondédéo, D. Michelet, J.Hiquet y L. Garrido), pp.53-82. Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.

Morley, Sylvanus
1937-38 *The Inscriptions of Petén*. Carnegie Institution of Washington Publication 437. Washington, D.C.

Nondédéo, P.; A. Patiño, A. Lacadena, I. Cases, J. Hiquet, D. Michelet, C. Andrieu y L. Garrido
2015 El papel de Teotihuacán en la formación de una capital regional maya: el caso de Naachtun, Petén. Ponencia presentada en *XXIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Rangel, Martin y Kathryn Reese-Taylor (editores)
2005 *Proyecto arqueológico Naachtun: Informe No. 1. Primera temporada de campo Febrero-Abril de 2004 en el sitio arqueológico de Naachtun*. Instituto de Antropología e Historia de Guatemala.

Ruppert, Karl y John H. Denison Jr.
1943 *Archaeological reconnaissance in Campeche, Quintana Roo, and Petén*. Carnegie Institution of Washington, Publication 543, Washington, D.C.

Schreiner, Thomas; Enrique Hernández, Carlos Morales-Aguilar y Richard D. Hansen
n.d. *Resultados preliminares de las investigaciones arqueológicas en la Sección Sur del Bajo La Jarrilla, El Mirador, Guatemala: Calzada, dique y reservorio*. Manuscript in possession of the authors.

Siemens, Alfred H. y Dennis E. Puleston
1972 Ridged Fields and Associated Features in Southern Campeche: New Perspectives on the Lowland Maya. *American Antiguity* 37(2): 228-239.

Turner II, Bill L. y Peter D. Harrison
1981 Prehistoric raised-field agriculture in the Maya lowlands. *Science* 213: 399-405.

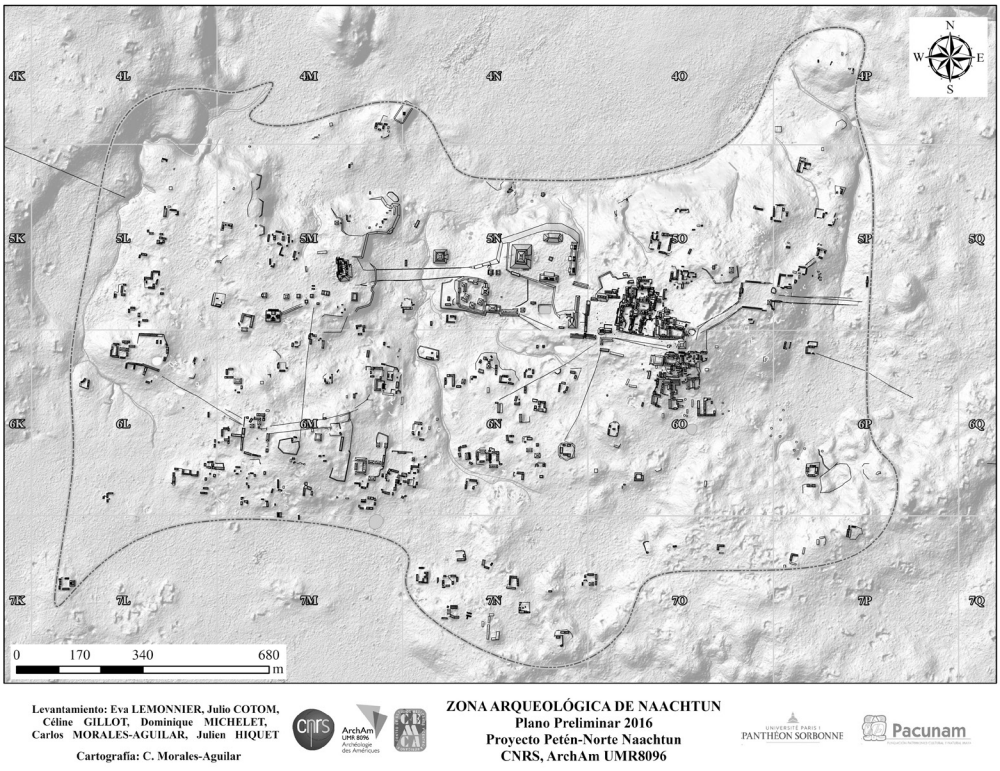

Figura 1. Mapa arqueológico de Naachtun sobrepuesto en la imagen LiDAR (C. Morales Aguilar).

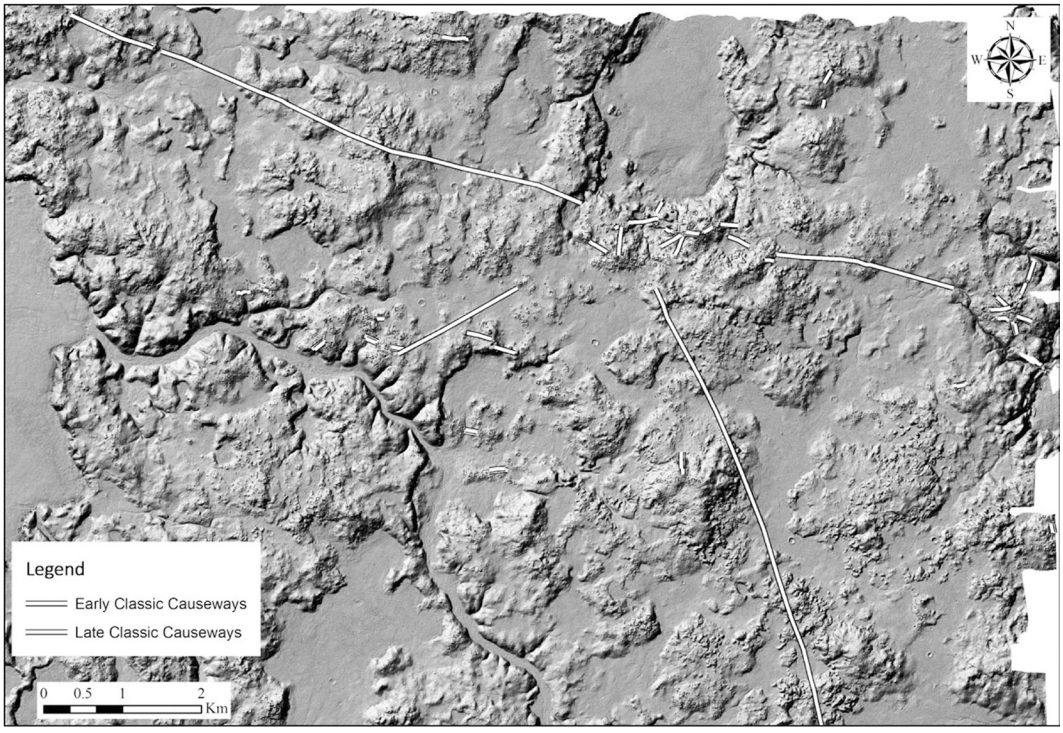

Figura 2. Imagen de la cobertura LiDAR de 140km² mostrando las calzadas identificadas en un trabajo preliminar (C. Morales Aguilar).

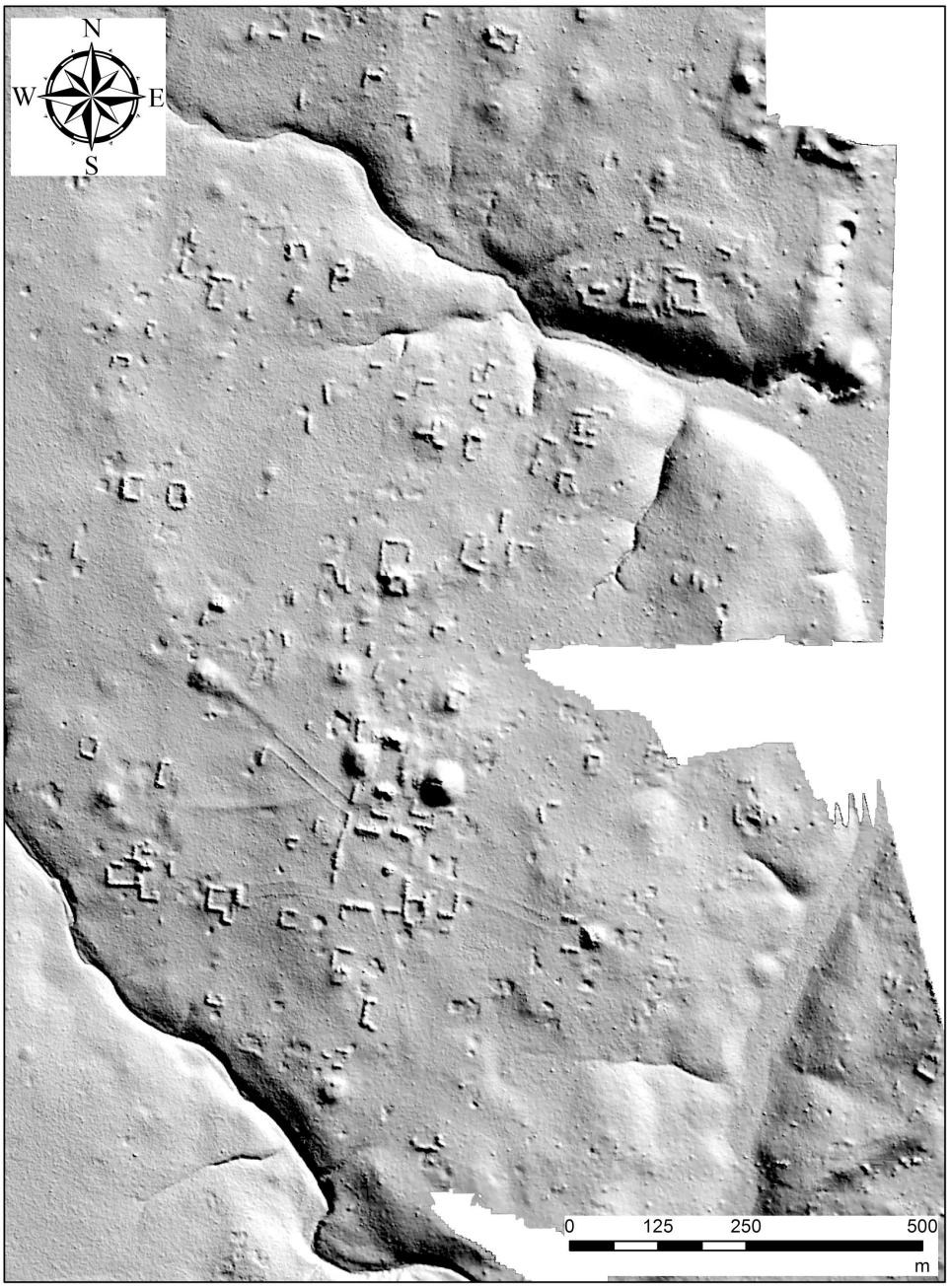

Figura 3. Imagen del centro secundario de Kunal, detectado por primera vez en la imagen LiDAR.

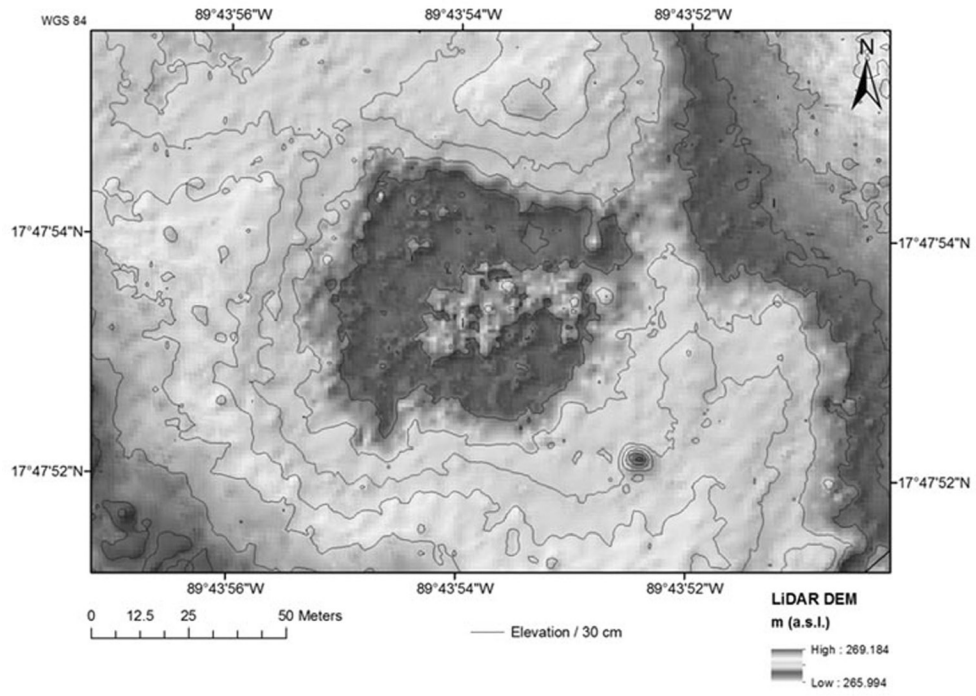

Figura 4. Imagen LiDAR de la aguada localizada en el bajo Norte de Naachtun (C. Castanet).

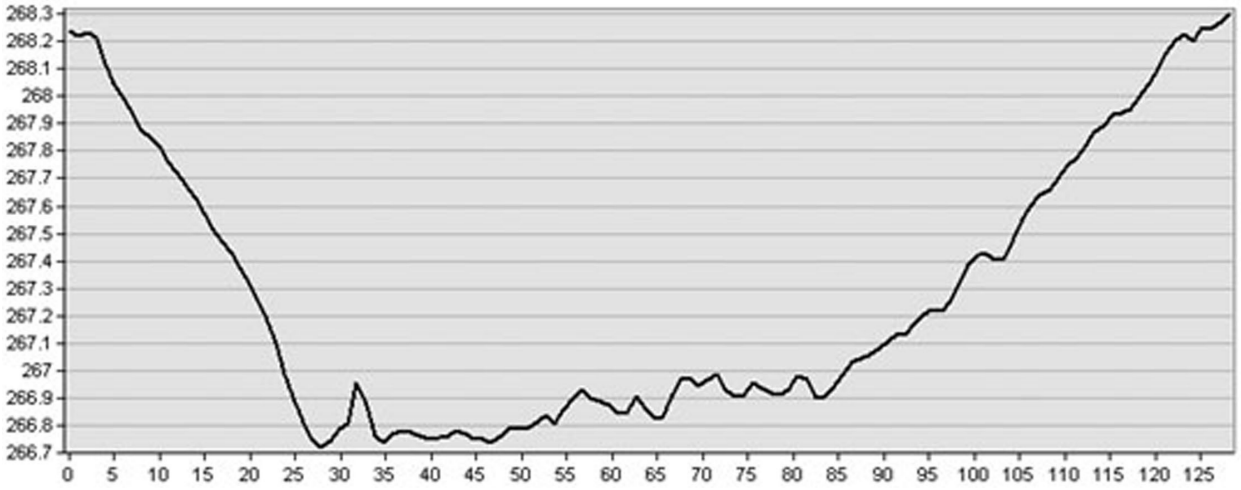

Figura 5. Perfil topográfico de la aguada localizada en el bajo Norte de Naachtun (C. Castanet).