



44.

FINALIZACIÓN DEL MAPEO DE UAXACTUN.
RESULTADOS DE LIDAR Y TOPOGRAFÍA
DE LA TEMPORADA 2016
DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO REGIONAL
UAXACTUN

Tomáš Drápela, Tibor Lieskovský y Milan Kovác

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:

Drápela, Tomáš; Tibor Lieskovský y Milan Kovác

2018 Finalización del mapeo de Uaxactun. Resultados de LiDAR y topografía de la temporada 2016 del Proyecto Arqueológico Regional Uaxactun. En *XXXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2017* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 571-582. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

FINALIZACIÓN DEL MAPEO DE UAXACTUN. RESULTADOS DE LiDAR Y TOPOGRAFÍA DE LA TEMPORADA 2016 DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO REGIONAL UAXACTUN

Tomáš Drápela
Tibor Lieskovský
Milan Kovác

PALABRAS CLAVE

Uaxactun, datos de LiDAR, topografía, metodología.

ABSTRACT

The mapping of the Uaxactun site started at the beginning of the 20th century and is probably one of the longest topographic works in the Maya area. During the last year, the mapping program was continued which allowed to complete the knowledge about its settlement pattern and to establish its general map complemented and finalized. We will present here the results from different types of data obtained by various methods and by means of technologies such as the georeferencing of the previous planes and their direct verification in the field, topographic works with total station, which were implemented by the flight of LiDAR. The updated general map contains two urban nuclei and smaller residential groups dispersed. In addition, it includes for the first time the peripheral settlements and thus represents the system of spatial relations between all the units. The purpose of this presentation is to clarify the relationship of the Uaxactun site with its satellites and other urban entities in all their complexity for the first time.

INTRODUCCIÓN

Durante la temporada 2016 del Proyecto Arqueológico Regional Uaxactun (PARU) se realizaron los trabajos topográficos necesarios para precisar la topografía de los dos núcleos del sitio resultante de los trabajos anteriores (Ricketson y Ricketson 1937, Smith 1950). Al mismo tiempo se realizaron los recorridos a partir de los cuales se llevó a cabo un mapeo (de las áreas periféricas y de los sitios satelitales) que precisó los planos anteriores de algunos grupos menores (Acevedo 2012) y aumentó el conocimiento espacial sobre los satélites (p. ej. Drápela, Kovác, Lieskovský 2017). Como resultado obtuvimos un registro topográfico capturando la mayor parte de los conjuntos arquitectónicos del área y permitió entender la extensión y delimitación aproxi-

mada del sitio de Uaxactun (Figura 1). Sin embargo, la totalidad del paisaje urbano- formado por los sitios de diferentes categorías- se quedó desconocida bajo de la vegetación de la selva.

En el mismo tiempo, durante el mes de julio de 2016, se realizaron vuelos de LiDAR sobre el polígono Uaxactun de 160 km² realizados dentro de PLI (Pacunam LiDAR Initiative). El 1 de marzo 2017 obtuvimos los datos de LiDAR y de inmediato se empezó a digitalizarlos (procesar la visualización por medio de varios filtros) y analizarlos. En base a este análisis, a excepción de elementos de pequeño tamaño o de chultunes, pozos o cuevas (invisibles en los datos del LiDAR), se pudieron registrar casi todos los elementos del paisaje urbano visibles en la superficie del terreno geomorfológico. Los datos procesados se vinculan a sitios grandes

(Uaxactun y El Jimbal, y a sitios satelitales de Uaxactun: Dos Torres, Sunsál, Sakapuk, La Juventud y Buena Vista; además de varios sitios pequeños dispersos en el área) y permiten un registro sistemático y resultados cartográficos completos de una microregión Petenera caracterizada por una red extensiva de los asentamientos prehispánicos.

CONFRONTACIÓN DE LOS DATOS

Como paso inicial han podido realizarse las pruebas de calidad de los datos obtenidos (ISO 19157: Información geográfica - calidad de datos), gracias a la posibilidad de compararlos con los datos resultantes de los trabajos topográficos realizados. Particularmente, se trata de dos áreas específicas, las cuales han estado en el centro de interés de las mediciones 3D. Estas son el Núcleo Sur del sitio Uaxactun y el Grupo A del sitio Dos Torres. A partir de la comparación de los datos de LiDAR con los datos topográficos obtenidos por medio de la estación total se puede verificar su precisión, presentada en dos maneras espaciales.

Precisión espacial y vertical

El modelo 3D del Núcleo Sur del sitio de Uaxactun (con extensión aproximada de 29.5 hectáreas, obtenida por medio de 18,144 puntos) y el Grupo A del sitio de Dos Torres (con extensión aproximada de 4.2 hectáreas, obtenida por medio de 5,239 puntos) muestran divisiones que dependen del método de “punto a superficie” y “superficie a superficie”, produciendo divisiones promedio y estándar. Aunque en un sentido estadístico se puede hacer constar que los datos muestran una precisión más alta en el área del sitio de Dos Torres, generalmente se trata de una precisión espacial y vertical muy alta.

Precisión geométrica en la topografía

La comparación con el modelo 3D muestra que los perfiles son muy similares en una manera morfológica, al igual que los cálculos horizontales o azimutales realizados por medio de los modelos mencionados (Figura 2). La situación cambia de una manera significativa cuando se realiza la comparación con los datos producidos por los mapas históricos o los planos preliminares de los recorridos del PARU. La precisión azimutal de LiDAR es incomparablemente mejor. De manera general, con el LiDAR se pueden detectar las imprecisiones

en la rotación, escala diferente, adelantamiento espacial o se detectan elementos anteriormente no registrados (Figura 3).

El uso de los datos obtenidos por el vuelo de LiDAR tiene una gran ventaja en cuanto a la extensión cubierta. Estos abarcan un área geográficamente amplia, obtenida en un tiempo incomparablemente más corto. Sin embargo, dicha tecnología tiene también sus límites y durante la recolección de datos ocurren también errores. A pesar de los errores artificiales, en los datos crudos influye el ruido sistemático. Por supuesto, también se ven afectados por la presencia de rasgos contemporáneos.

METODOLOGÍA

Los datos crudos están afectados por el ruido específico (*high frequency noise*) porque la precisión vertical es más alta que la precisión horizontal y así produce la distorsión de los datos. Por la aplicación de *mDenoise* (Sun *et al.* 2007) pueden visualizarse los datos por medio de varios filtros establecidos para la detección de elementos y geomorfologías diferentes. El uso del filtro no produce ningún elemento nuevo, sino pone énfasis a sus aspectos diferentes. Por ejemplo, para aumentar la posibilidad de detectar las trincheras de saqueo, se utiliza el filtro de tipo *Positive openness* (Kokalj *et al.* 2011) (Figura 4), para la indicación de las aguadas o posibles canteras, o bien las depresiones en el terreno, de manera general se utiliza otro filtro particular (Figura 5). O para la visualización de los elementos de elevación mínima en el bajo, se derivan filtros específicos que revelan las particularidades invisibles artificiales y naturales. Por supuesto, el carácter geomorfológico de las áreas dentro del polígono de los datos de LiDAR varía desde los cerros abruptos hasta las planadas y el bajo; el área elevada al oeste requiere otro tipo de visualización, al igual que el área llana del bajo al este.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Para definir los elementos detectados, dándoles una interpretación apropiada, es necesario elegir qué tipo de elementos queremos recolectar y a su vez, de que manera lo vamos a definir. Para interés estadístico se prefiere a los elementos definidos por un punto. Por otro lado, los elementos definidos por áreas, podrían contener más información o atributos.

Asímismo es importante tomar en cuenta el origen de cada elemento y los datos secundarios que se po-

drían obtener. Por ejemplo, la presencia de los metadatos podría clasificar de una manera clara elementos hipotéticos o ya conocidos pero modificados y distinguibles de los demás.

PATRÓN DE ASENTAMIENTO Y AGRICULTURA

Una parte de nuestro trabajo se concentra en la comparación del nivel de conocimiento del área, realizado por PARU (antes del uso de LiDAR) y acerrorestual (después del uso de LiDAR). Todos los sitios analizados suman en total 72. Dentro de los recorridos “clásicos” de PARU, se detectaron anteriormente 46 de estos. Al final, se observaron 26 nuevos sitios gracias al LiDAR (Figura 6). Sin embargo, en muchos casos de recorridos PARU se trató de un reconocimiento parcial del sitio o solamente de su núcleo o área central. Debido a ello aumentó bastante el número de estructuras. Anteriormente, reconocidas por los recorridos se conocían aproximadamente 1300, actualmente gracias al LiDAR esperamos tener evidencia de alrededor de 3500 estructuras en el área analizada.

Los datos de LiDAR nos permiten crear una tipología del asentamiento regional con base en áreas geomorfológicamente distintas. Por eso en el territorio de Uaxactun actualmente reconocimos cuatro zonas con patrón de asentamiento particular: Los cerros al oeste, las elevaciones a sus pies al sureste y área del bajo al este, que podemos entender en dos variantes - como bajo superior y bajo inferior.

Cada uno dispone de patrones diferentes de estructuras urbanas y diferentes posibilidades de agricultura. El área de Uaxactun contiene y une todos los cuatro tipos.

ASENTAMIENTOS EN CERROS

Los asentamientos en los cerros ocupan un territorio amplio porque sus “grupos” corresponden a las colinas de serranías que fueron niveladas o modificadas y que no están muy cerca una a otra. Los caminos en este tipo de asentamiento copian las crestas de las elevaciones y juntan las colinas ocupadas (Figura 7). Así un sitio parece muy disperso y sorprende que a veces en un área muy limitada muestra rasgos como juego de pelota, Grupo tipo E etc. Realmente sus otras partes ocupan colinas alrededor que a la vista parecen no estar vinculadas con su centro. Algunos de estos sitios presentan calzadas en una cantidad muy elevada (Sunsal), otros tienen juegos de pelota (Dos Torres, Atalaya, Buena

Vista y Sunsal), otros, presentan estelas y altares (Dos Torres, Buena Vista, RNO8). En el caso de Dos Torres (cerca del sitio denominado como RSO7) también se podría proponer la existencia de un área fortificada y presuponer que este sitio funcionó como un refugio y fortaleza de Uaxactun durante tiempos bélicos.

Así mismo, se observaron algunas terrazas, pero su tamaño y frecuencia no corresponde a número posible de población. Especialmente en el sitio de Dos Torres se observa un tipo de terrazas posiblemente dedicadas a la agricultura (Figura 8). En este caso, corresponderían más probablemente a jardines que a los campos de cultivo principales. El mismo fenómeno podría interpretarse también como un sistema de atajaderos en un río temporal. En los sitios Dos Torres y Sunsal aparecen aguadas asociadas a sus núcleos y se trata de depósitos de agua posiblemente artificiales. Al pie de los cerros en el área elevada se detectaron terrazas extensivas que se utilizaron muy probablemente como campos de cultivo principal.

LAS ÁREAS ELEVADAS

El área de las elevaciones se encuentra en la orilla de los cerros o en un área entre los cerros y el bajo. Se trata de elevaciones no muy altas. No forman una serranía continua sino entre ellos se encuentran bajos. A veces se encuentran uno cerca de otro, como en el caso de Uaxactun los Grupos A, B, C, D, E, F, H que así forman los grupos arquitectónicos vecinos de un sitio compacto. En otros casos son dispersos y así forman las llamadas “islas” en el bajo – pequeños cerros aislados en un bajo, intensivamente ocupados. De todos modos, este patrón permite formar una ciudad grande y compacta con sus grupos arquitectónicos sobre las elevaciones vecinas como en el ejemplo del sitio Uaxactun, de Jimbal o de Sakapuk. En este sitio puede verse un sistema de circulación urbana ortogonal.

AL PIE DE LAS ELEVACIONES

La agricultura en este medio ambiente está mayormente relacionada con el bajo o con un área intermedia entre los cerros y el bajo superior. Se encontraron unas líneas que delimitan un terreno elevado y modificado artificialmente y que no presenta evidencia de hogares o plataformas junto al Grupo H. Así mismo, al Norte del Grupo C se detectaron evidencias de posibles canales artificiales conectados con el cauce del río temporal (Figura 9). Presuponemos que representa un área de

agricultura intensiva para la cual se utilizó el terreno de un abanico aluvial (o cono de deyección). Un abanico se origina a partir de la sedimentación de la carga sólida transportada por una corriente fluvial donde ésta pierde súbitamente fuerza debido a la brusca disminución de la gradiente topográfica.

EL BAJO SUPERIOR

Se identificó que en el área de Uaxactun el bajo tiene dos niveles, uno es inferior, prácticamente inundado la mayor parte del año. El otro sería unos metros más elevado y más pegado a las elevaciones a la línea de los cerros. Entonces este bajo superior representa una zona bien definida entre las montañas y el bajo inundado. Encontramos unas plataformas elevadas o edificios pequeños y elevados formando unos asentamientos de conjuntos arquitectónicos simples. Se trata del caso de Grupos P y R de Uaxactun y de sitios pequeños RNO₁₁, RNO₁₅ y RNO₂₂. Se trata también de dos áreas de la geomorfología formada por abanicos aluviales de una tierra fértil.

Se trataría de una zona más apropiada para la agricultura intensiva por la existencia de un abanico aluvial extenso. Así mismo, los campesinos contemporáneos actualmente realizan sus milpas exactamente en este lugar. En el bajo superior se podría confirmar una forma de agricultura intensiva prehispánica (Figura 10). En el área de RNO₂₀ encontramos un sistema de canales en ángulo recto (localizado en una depresión local que acumula las aguas, las lleva abajo de la tierra y conecta la superficie con el sistema de los ríos subterráneos por un hundimiento, localmente llamado “el resumidero”). Eso canales podrían evocar un sistema de campos elevados similares a las chinampas del México central. Sin embargo, podría tratarse también de un sistema de trincheras regadoras o de desagüe o de los dos mismos dependiendo del tipo de manejo del agua apropiado para los campos aprovechando un abanico aluvial o una depresión pantanosa.

EL BAJO INFERIOR

En el bajo inferior, que la mayor parte del año está inundado, no encontramos ningún rasgo de asentamiento. La única excepción la representan las “islas” que pertenecen a la tipología de las “elevaciones” o simplemente se trata de pequeñas partes más elevadas que el bajo a su alrededor, obviamente usadas para asentamientos pequeños pero extendidos hasta los límites de sus posi-

bilidades espaciales. Los sitios más grandes (RNO₁₁ y El Ceibo) se localizan sobre una línea confirmada por las elevaciones que limitan el bajo superior y en una parte forma una morfología que fue aprovechada para un sistema de terrazas largas creando una transición entre los niveles diferentes de los dos bajos.

Además de estas terrazas y debido a las inundaciones no se cuenta con evidencia de rasgos de agricultura en esta zona amplia. Sorprendentemente se encontró una red sistemática de canales que debería funcionar dentro de agricultura local. Las inundaciones probablemente borraron la mayoría de los restos de este sistema pero en algunas partes está todavía visible. No se ve tan claro como en el caso de rasgos en el bajo superior pero la probabilidad que se trate de modificaciones agrícolas prehispánicas es alta. Aparte de eso, la cantidad de población en el área requiere necesariamente que se considere el uso de la zona amplia del bajo inferior para algún tipo de agricultura intensiva.

CONCLUSIONES

Gracias al LiDAR confirmamos en el área detectada 72 sitios con una variedad alta de patrones de asentamiento. Hasta hoy no se acabó el procesamiento de algunas partes del polígono – esperamos la evidencia de más de 3500 estructuras en el área detectada. Las ciudades de Uaxactun y Jimbal tuvieron sus asentamientos vecinos en todos lados. En el borde sur del polígono en el rumbo a Tikal se localiza un asentamiento especialmente terracedo. En la cercanía, a unos pocos kilómetros se extiende el sitio mediano de Sakapuk y el sitio grande de Dos Torres sobre las colinas. Más al norte, sobre las crestas de los cerros, se ubica Sunsál, el asentamiento del Uaxactun y RNO₈, RNO₂₆, RNO₁₃, y sabemos que continúa hasta Achiotal, localizado afuera del polígono. En el bajo se encuentran unos asentamientos definidos por las islas elevadas de la planada y al este otros sitios medianos: La Juventud y Zompopal.

Las estructuras arquitectónicas prehispánicas que se podrían reconocer o confirmar son:

- Juegos de pelota
- Grupos triádicos
- Grupos palaciegos
- Grupos tipo E
- Estructuras en forma de C y L
- *Sachbes*
- Calzadas y caminos
- Terrazas

- Aguadas y evidencia de manejo del agua

También identificamos unas estructuras no esperadas:

- Canales utilizados para la agricultura
- Calles prehispánicas
- Fortaleza
- Plataformas de casas de los campesinos
- Atajaderos en los arroyos temporales

Una importancia especial tiene la posibilidad identificar las excavaciones de saqueo que afectan la estabilidad estructural de la arquitectura en montículos. Así se puede detectar el estado actual de protección del patrimonio cultural.

En algunos casos, el LiDAR se puede usar también para proponer la cronología preliminar del asentamiento analizado. Algunos rasgos arquitectónicos típicos para ciertos periodos de la historia Maya son reconocibles (Grupos E, Grupos Triádicos, edificios en forma de C y L, entre otros).

De todos modos, los datos de arquitectura y urbanismo de LiDAR en el área de Uaxactun son más apropiados para el estudio del periodo Clásico Terminal. La mayoría de rasgos arquitectónicos visibles provienen de este periodo final. Presuponemos que un análisis a largo plazo podría abrir nuevas perspectivas en la interpretación de grandes cambios sociales en este periodo.

Los análisis de datos de LiDAR deben concluirse por medio de excavaciones que averigüen la cronología presupuesta de los asentamientos. Por la cantidad de sitios identificados, se propone una selección de sitios significativos. Ante todo planeamos la verificación de cinco rasgos especiales ya en la Temporada 2017:

- Averiguar la función de las terrazas en Dos Torres
- Averiguar la función de la elevación artificial en el Grupo H
- Averiguar la función de los atajaderos en Dos Torres
- Confirmar la existencia de un área fortificada en Dos Torres
- Confirmar los canales dedicados a la agricultura en el bajo superior

El Proyecto Arqueológico Regional Uaxactun dispone con resultados de 100 años de investigaciones del sitio que podrían, juntos con las excavaciones actuales servir como una base sólida para la comparación de los resultados de LiDAR. Los datos averiguados por excava-

vaciones podrían ayudar a crear un modelo nuevo de patrones de arquitectura y urbanismo Maya que directamente se vincule con la política, historia y vida social del sitio y la zona adyacente. Recomendamos seguir con las excavaciones de verificación y también con otros vuelos de LiDAR en la zona de prospección del Proyecto Arqueológico Regional Uaxactun. La próxima zona de interés apropiada sería en el Petén Norte en el eje de los sitios Ch'anah -Tz'ibatnah donde disponemos de excavaciones sistemáticas, mapeo adecuado y recorridos amplios preliminares. Así podríamos comparar el modelo obtenido con otro verificado por las excavaciones y así recuperar datos más relevantes para complementar los datos de historia maya en general.

RECOMENDACIÓN

Debido a la continua destrucción y saqueo de los sitios arqueológicos en el Petén recomendamos restringir el uso de los datos completos de LiDAR exclusivamente para los expertos y arqueólogos y excluir su uso público para preservar los sitios nuevos recientemente identificados del crimen organizado. Las publicaciones científicas deberían respetar el objetivo de no permitir la orientación completa de la ubicación de los sitios nuevos para personas no autorizadas y así prevenir depredación del patrimonio cultural.

AGRADECIMIENTOS

Los datos de LiDAR fueron obtenidos gracias del programa de PACUNAM denominado PLI: Pacunam LiDAR Initiative. El procesamiento adicional e interpretación se realizó gracias a la cooperación de la Slovak University of Technology y la Comenius University en Bratislava. Notas de cronología permitió el proyecto VEGA 1/0858/17 e interpretaciones astronómicas posibles se realizaron gracias del proyecto APVV-0864-12.

REFERENCIAS

- ACEVEDO, Renaldo
2012 *Patrón de asentamiento en Uaxactun, Petén, Guatemala*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Historia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- DRÁPELA, Tomáš; Tibor Lieskovský y Milan Kováč
2017 Recorridos en Uaxactun. En *Nuevas excavaciones en Uaxactun VIII. Temporada, 2016* (editado por

M. Kovác, S. Ventura y M. Díaz), pp.70-104. CMS, Bratislava.

Kokalj, Z., K. Zakšek y K. Oštir

2011 Application of Sky-View Factor for the Visualization of Historic Landscape Features in LiDAR-Derived Relief Models. *Antiquity* 85(327):263-273.

RICKETSON, Oliver G. y Edith Bayles Ricketson

1937 *Uaxactún, Guatemala. Group E – 1926-1931*. Publication n° 477. Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington.

SMITH, A. Ledyard

1950 *Uaxactún, Guatemala: Excavations of 1931-1937*. Publication n° 538. Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington.

SUN, *et al.*

2007 Fast and Effective Feature-Preserving Mesh Denoising IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 13(5).

ZAKŠEK, K., K. Oštir y Z. Kokalj

2011 Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique. *Remote Sensing* (3):398-415. ISO 19157 „Geographic information - Data quality“. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19157:ed-1:v1:en>.

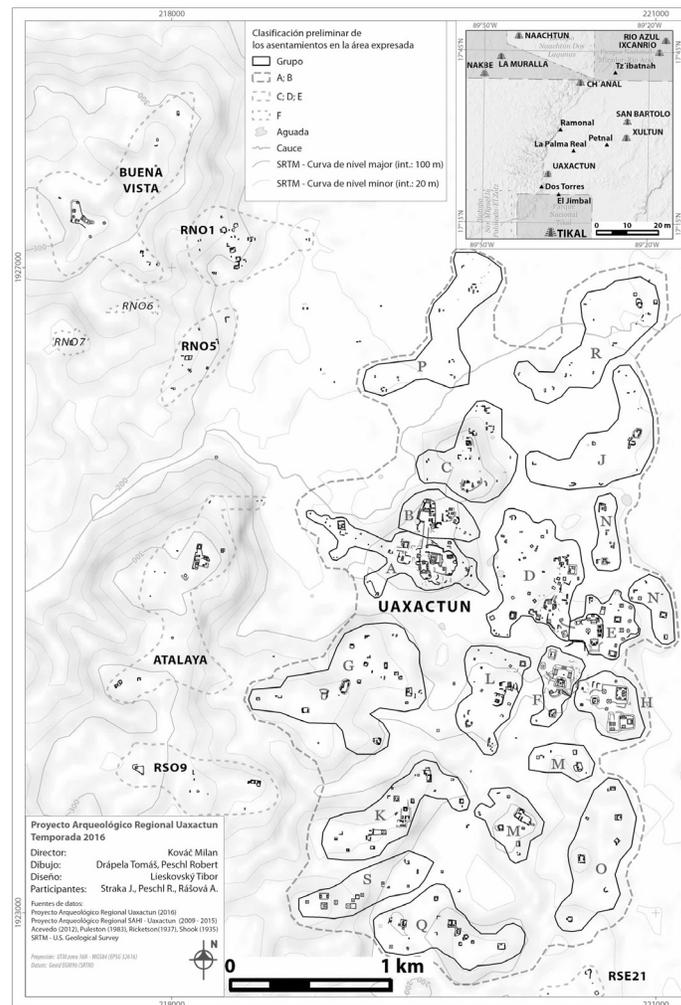


Figura 1. Mapa de Uaxactun dividido por grupos urbanos (dibujo por Tomáš Drápela, Robert Peschl y Tibor Lieskovský).

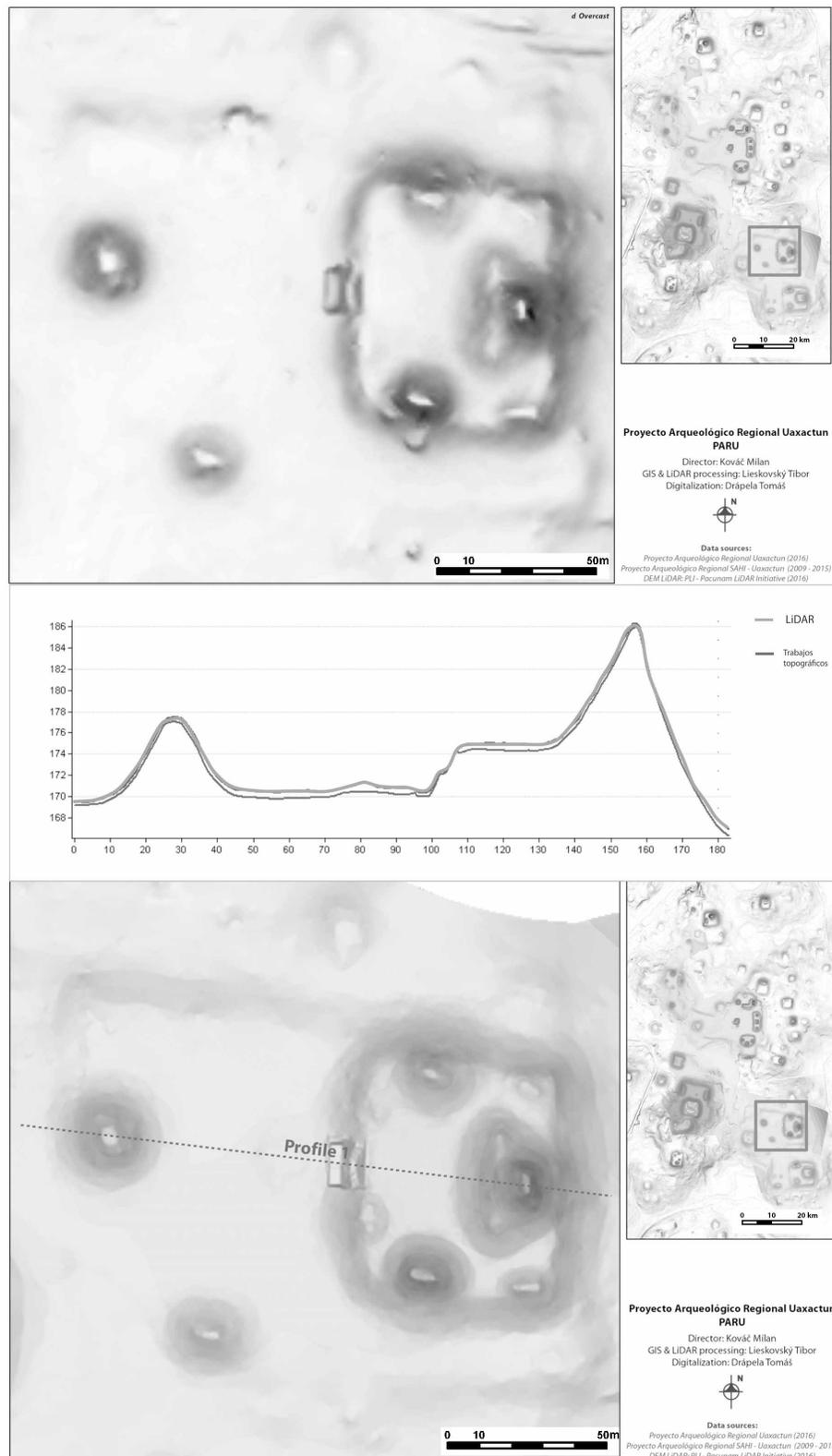


Figura 2. Comparación entre modelos obtenidos por estación total y LiDAR sería cuanto a la precisión - similar (digitalización Tomáš Drápela y Tibor Lieskovský).

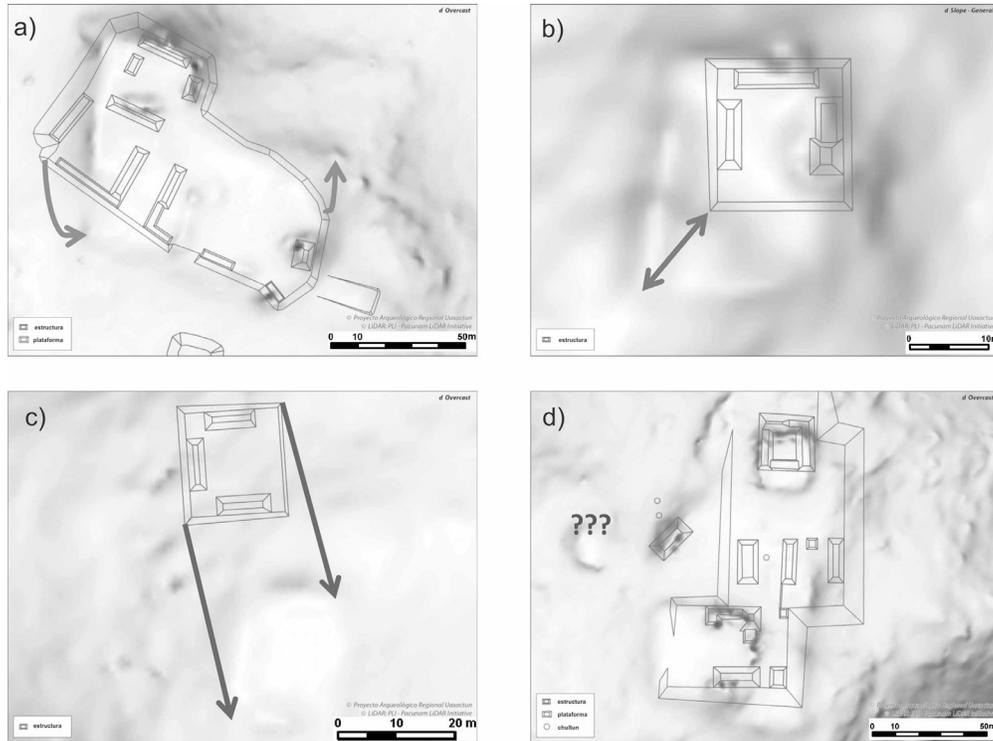


Figura 3. Gracias a LiDAR se pueden detectar a) las imprecisiones en la rotación, b) escala diferente, c) adelantamiento espacial, d) elementos anteriormente no registrados (dibujo por Tomáš Drápela, Robert Peschl y Tibor Lieskovský).

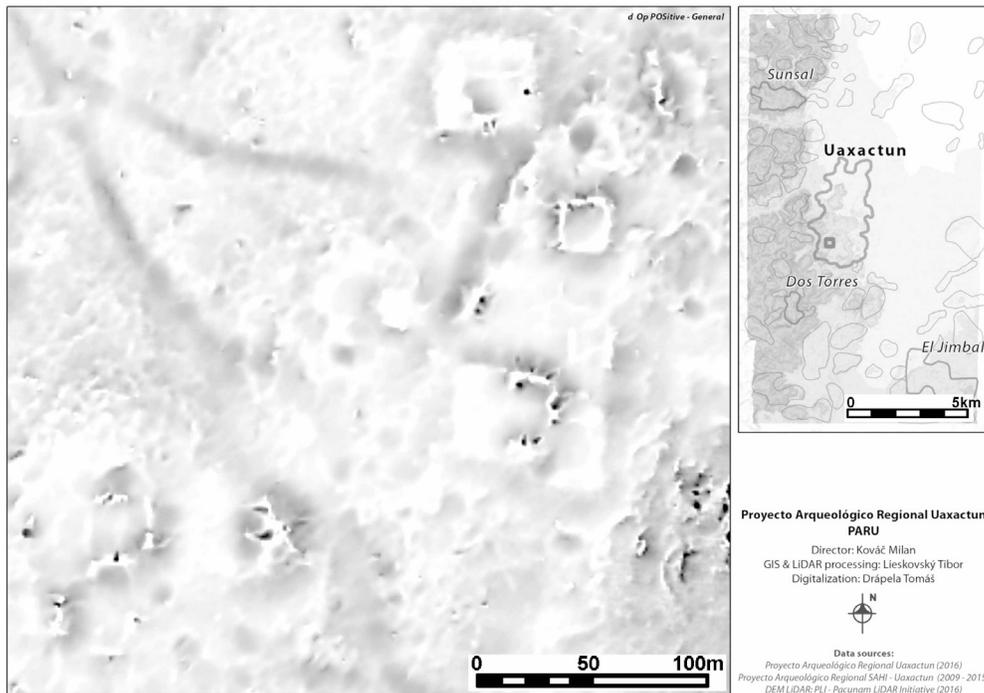


Figura 4. Uso del filtro tipo Positive openness (digitalización Tomáš Drápela y Tibor Lieskovský).

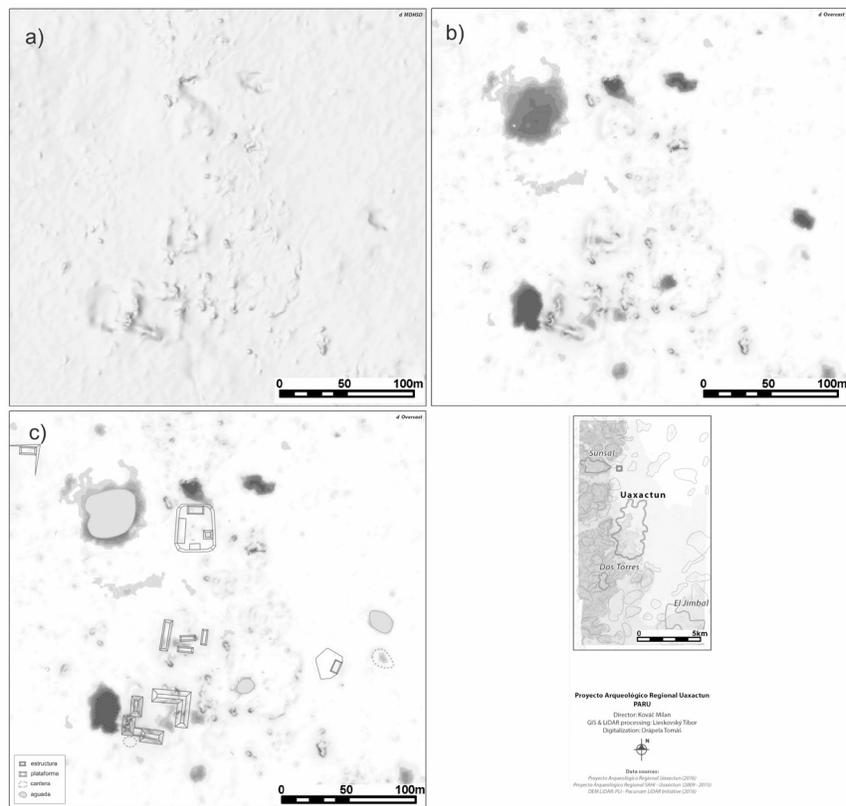


Figura 5. Filtro diferente usado para indicación de las aguadas, posibles canchales o depresiones en el terreno (digitalización Tomáš Drápela y Tibor Lieskovský).

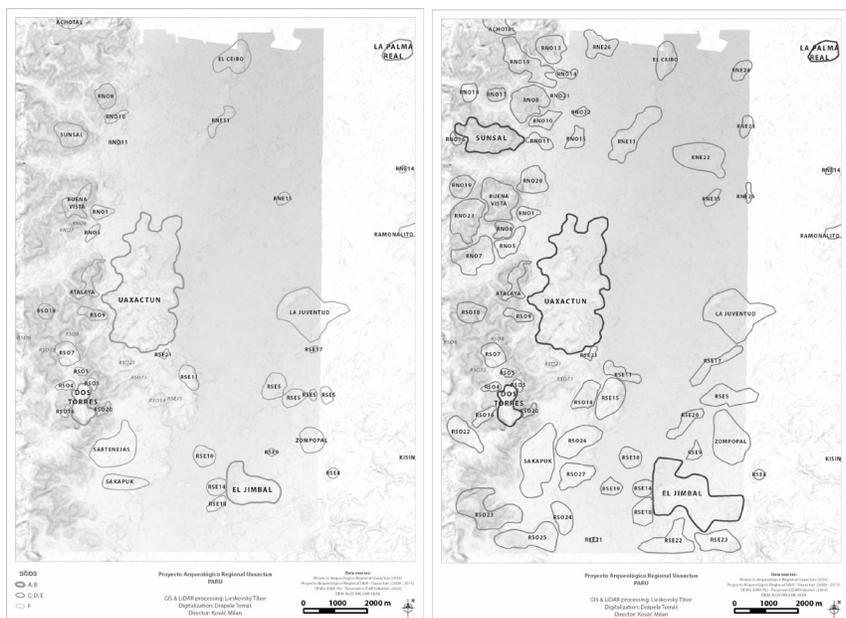


Figura 6. Comparación entre el mapa de la región de Uaxactun antes y después del uso de LiDAR (dibujo por Tomáš Drápela, Robert Peschl y Tibor Lieskovský).

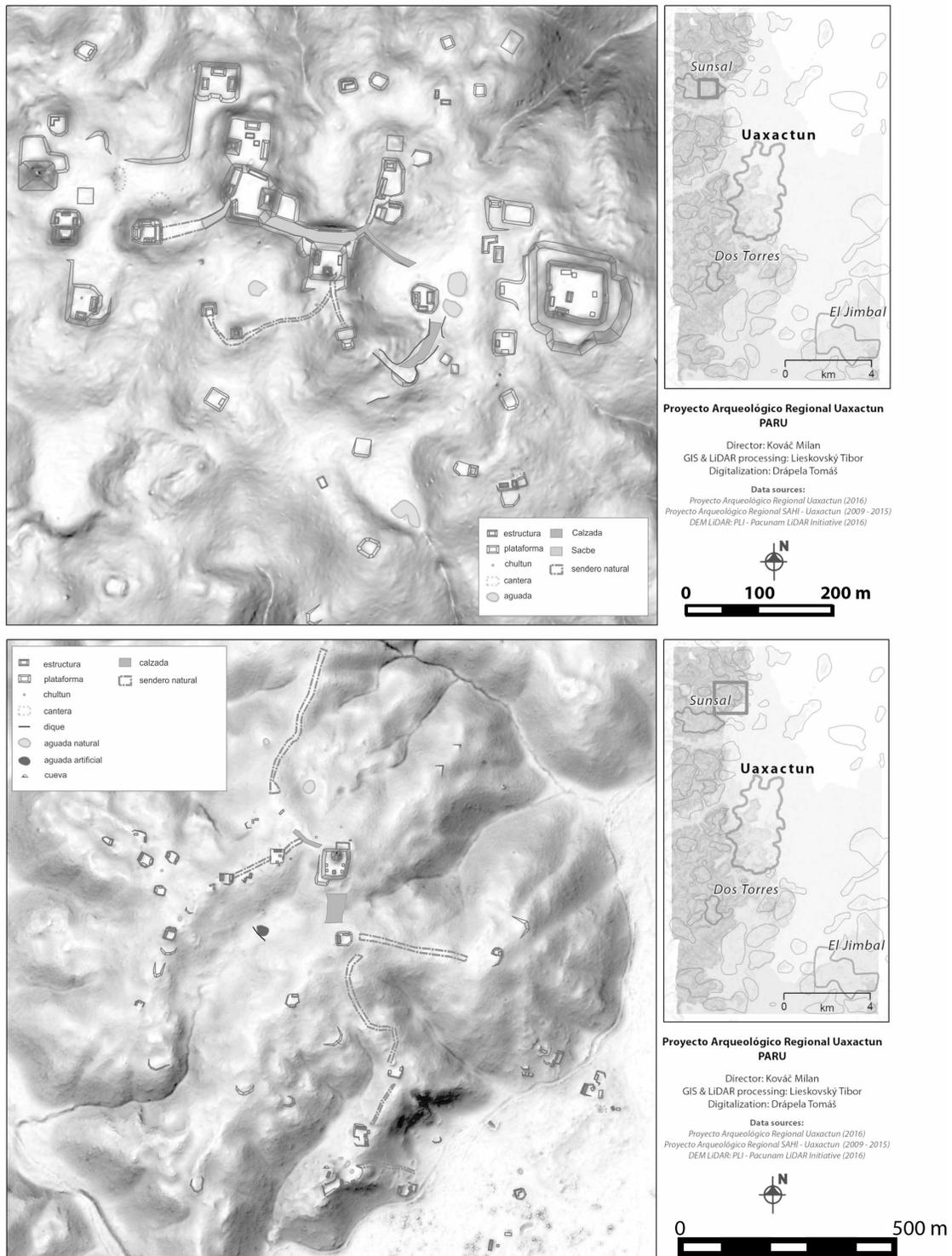


Figura 7. Caminos que copian las crestas de las elevaciones y juntan las colinas con asentamiento prehispánico (digitalización Tomáš Drápela y Tibor Lieskovský).

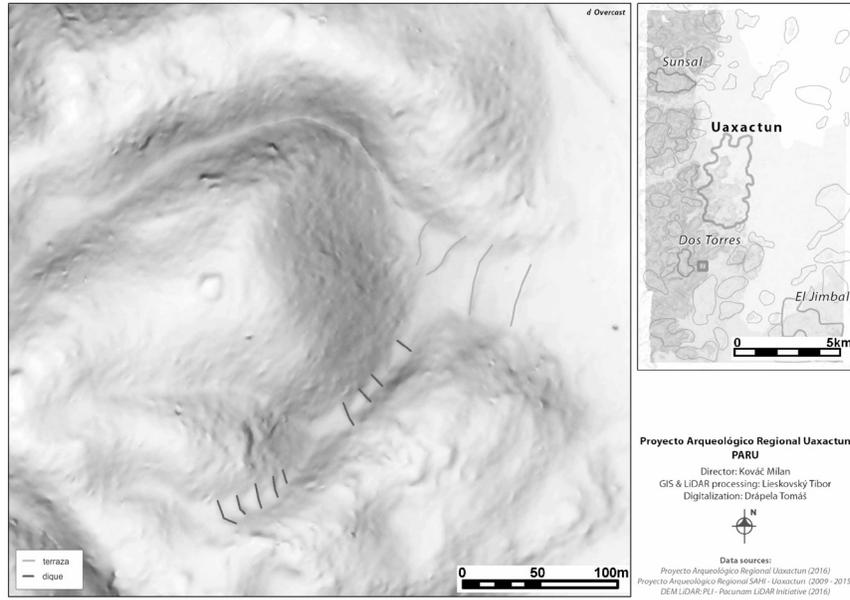


Figura 8. En el sitio de Dos Torres se observa un tipo de terrazas agrícolas (digitalización Tomáš Drápela y Tibor Lieskovský).

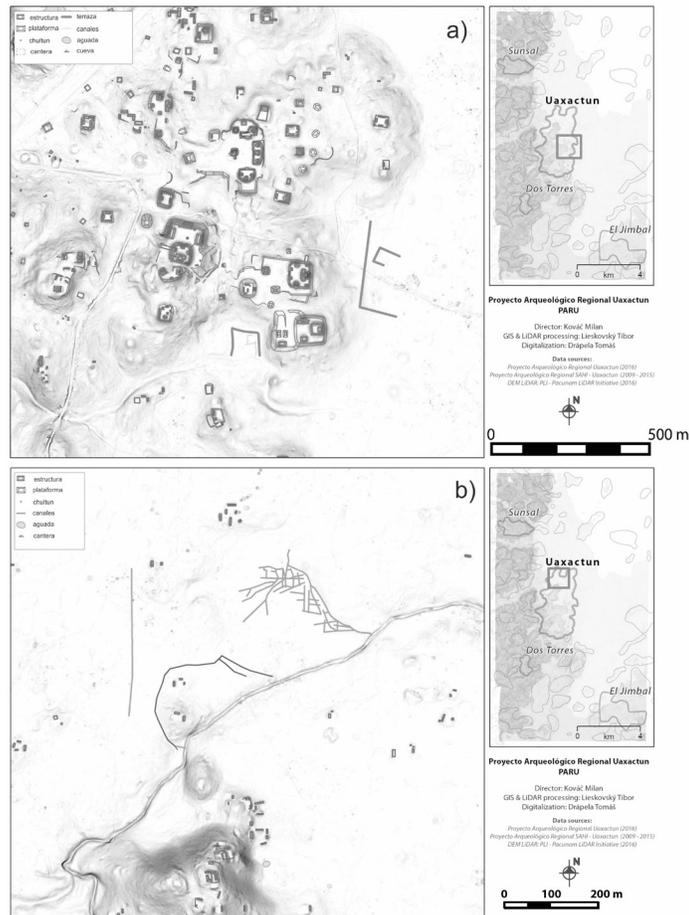


Figura 9. Evidencias de posibles canales artificiales conectados con el cauce del río temporal (digitalización Tomáš Drápela y Tibor Lieskovský).

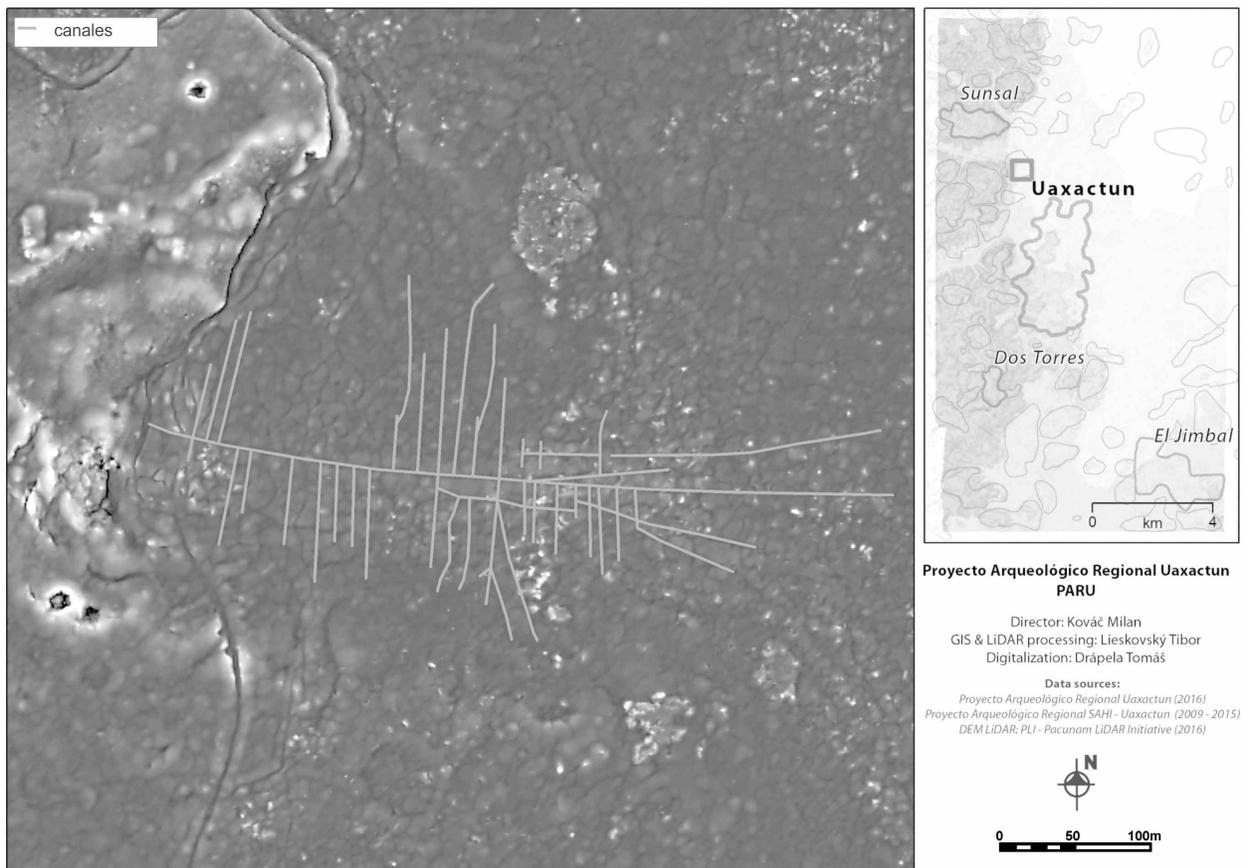


Figura 10. En el bajo superior se encontró un sistema de canales que representan una evidencias clara de agricultura intensiva prehispánica (digitalización Tomáš Drápela y Tibor Lieskovský).