



45.

EL USO DE LiDAR EN LA IDENTIFICACIÓN
DE LOS ANTIGUOS SISTEMAS AGRÍCOLAS MAYAS
DE LA CUENCA MIRADOR

Richard D. Hansen, Carlos Morales-Aguilar, Thomas Schreiner y Enrique Hernández

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:

Hansen, Richard D.; Carlos Morales-Aguilar, Thomas Schreiner y Enrique Hernández
2018 El uso de LiDAR en la identificación de los antiguos sistemas agrícolas mayas de la Cuenca Mirador. En *XXXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2017* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 583-590. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

EL USO DE LiDAR EN LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ANTIGUOS SISTEMAS AGRÍCOLAS MAYAS DE LA CUENCA MIRADOR

*Richard D. Hansen
Carlos Morales-Aguilar
Thomas Schreiner
Enrique Hernández*

PALABRAS CLAVE

Norte de Petén, El Mirador, Nakbe, Tintal, Sistemas Agrícolas, Preclásico.

ABSTRACT

In 2015, the Foundation for Anthropological Research and Environmental Studies (FARES), and the Mirador Conservation Fund carried out an aerial mapping in the central portion of the Mirador Basin using LiDAR technology covering an area of 700 km². The first analyses of the Digital Terrain Models revealed a high anthropization of the landscape with a great density of human settlements, which caused a strong impact on the territory. The result of these modifications reveals the presence of a series of constructions linked to agricultural systems and built on a large scale from the Middle Preclassic period. In this paper, we will discuss the use of high-resolution LiDAR images for the reconstruction of Preclassic agricultural models and their anthropogenic landscapes. In addition, a comparative analysis will be made with the results of the archaeological excavations carried out in the sites of Nakbe and El Mirador that will allow the validation and the characterization of these models. In short, the contribution of LiDAR mapping to Maya archaeology is crucial to understanding the ancient agricultural and subsistence systems, which are changing the perception of ancient Pre-Hispanic societies.

INTRODUCCIÓN

En décadas pasadas, muchos investigadores han dedicado sus esfuerzos por comprender los sistemas agrarios de los antiguos Mayas, principalmente aquellos que se ubicaron en las Tierras Bajas (Poe y Dahlin 1989; Healey *et al.* 1983). De acuerdo con Wittfogel (1957), el control centralizado de los sistemas agrarios fue fundamental para el desarrollo, permanencia y mantenimiento de la sociedad a nivel estatal. Tanto Matheny (1987) como Hansen (2016) concuerdan que El Mirador fue uno de los primeros estados en Mesoamérica y el primer estado de la Civilización Maya (Figura 1). Para lograr esta condición, los antiguos Mayas de El Mirador, y los sitios aliados del periodo Preclásico, tuvieron que realizar obras significativas a nivel hidráulico y agrario para garantizar la producción de

recursos capaces de mantener una población que iba en aumento.

Las investigaciones del análisis LiDAR muestran que los antiguos Mayas de la Cuenca Mirador emplearon una gran fuerza laboral para la construcción de terrazas y campos elevados. Por lo general, el terreno más alto de los principales sitios de la Cuenca Mirador, como Tintal, Wakna, Nakbe y El Mirador, sufrieron varias nivelaciones que permitieron el establecimiento de las primeras construcciones conformadas principalmente por plataformas de mampostería y apisonados de caliza con agujeros de poste. Por ejemplo, en Nakbe, se conoce que los primeros momentos de la fase Ox-equivalente a las fases más tempranas del Preclásico Medio (pre-Mamom (?) y Mamom)– estuvo relacionada con una fuerte base agrícola por la presencia de varias terrazas y suelos elevados. El mapeo terrestre y las excavacio-

nes en los sistemas agrícolas de la Cuenca Mirador han proveído datos valiosos comparativos sobre las prácticas agrícolas de los antiguos Mayas.

En este estudio de carácter inicial y preliminar, se enfocará en presentar los rasgos agrícolas identificados en la Cuenca Mirador, basados en el análisis de los datos LiDAR, tomando como caso central de estudio la Isla Gavilán situada a 7 km al sur de El Mirador (Figura 2). También se expondrán los procedimientos técnicos para la identificación de los antiguos sistemas agrícolas, principalmente de la época preclásica.

MÉTODOS Y ANÁLISIS

Entre los años 2003 y 2015, se realizó el mapeo pedestre del sitio arqueológico El Mirador liderado por un equipo de arqueólogos e ingenieros liderado por Morales-Aguilar quienes lograron registrar numerosos rasgos culturales asociados a los sistemas agrarios del sitio. Las terrazas de El Mirador, aquellas que fueron identificadas en el terreno, presentan muros de piedra por lo general, de tamaño megalítico. Aunque hay varios ejemplos que solamente muestran una declinación del terreno sin piedras como las halladas al sur de Nakbe. El mapeo terrestre realizado de manera sistemática con estación total fue fundamental al momento de comparar los datos con los obtenidos por el sobrevuelo LiDAR. De esta manera, se pudo correlacionar ambos métodos cartográficos de capturas de datos y los resultados son muy eficaces.

No obstante, las áreas en donde no se habían realizado prospecciones pedestres era necesario crear metodologías capaces de producir modelos predictivos que permitiesen conocer las áreas potenciales para la agricultura. A continuación, se describirán los métodos y procedimientos empleados a partir de los datos LiDAR para la detección de los sistemas agrícolas.

MODELIZACIÓN Y CAPTURA DE DATOS

Previo a generar los diferentes modelos de elevación, existen diferentes parámetros para la predicción de los modelos agrícolas, principalmente aquellos que se encuentran en las laderas de las mesetas kársticas. Para realizar los mapas de pendientes, se tomó de base la metodología: *Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso: Aplicación de una metodología para Tierras de la República de Guatemala*, publicado por el Instituto Nacional de Bosques (INAB 2000). De acuerdo con este estudio, la Cuenca Mirador se encuentra dentro

de las Tierras Calizas Bajas del Norte y es una región donde las variables físicas como la pendiente, la profundidad del suelo, la pedregosidad y el drenaje son importantes para la estimación de las zonas agrícolas. Con los parámetros establecidos (véase INAB 2000:32) se pueden generar mapas de pendientes lo suficientemente preciso para poder determinar las zonas con mayor potencialidad agrícola.

Otro elemento importante para identificar aspectos agrarios es el análisis de la vegetación actual, en donde se realizan transectos de 200 a 300 m con la finalidad de ver los cambios en la vegetación de acuerdo con la elevación y al tipo de suelo. Por más de quince años, el Proyecto Cuenca Mirador ha impulsado la identificación y la generación de inventarios forestales en estrecha relación con los vestigios arqueológicos, esto con la finalidad de caracterizar el antiguo uso del suelo sin que se requiera realizar excavaciones. Asimismo, se realizan tomas de muestras de suelos a través de una nucleadora a cada 50 m para tener un perfil pedológico de los transectos. Todos estos datos son fundamentales para compararlos con los obtenidos por la tecnología LiDAR, y tener una validación inicial de los rasgos interpretados.

Además, para poder determinar los elementos agrarios, es necesario realizar un registro minucioso de los rasgos asociados tales como canales, aguadas, reservorios, diques, chultunes, con la finalidad de caracterizar dichos elementos.

ANÁLISIS POR ORDENADOR

Se han generado múltiples modelos digitales de terreno basados en los datos LiDAR para detectar rasgos agrarios. Previo a ello, se aplicaron varias técnicas de visualización que permiten observar dichos elementos. Al menos cuatro procedimientos fueron aplicados y estos son: PCA (Principal Component Analysis); SVF (Sky View Factor); LRM (Local Relief Model, y Slope Gradient.

El factor de vista del cielo (SVF) es la técnica más adecuada en terreno variable o accidentado y es particularmente útil para características complejas ya que es independiente de la orientación, y no tiene saturaciones. Ofrece además una clara diferencia entre las características sobresalientes y las depresiones y ayuda con datos ruidosos. Quizás es la técnica que mejor se adapta para la identificación de campos elevados y terrazas. El SVF estima la porción del cielo visible sobre un cierto punto y destaca el terreno plano, las cimas y las colinas que reciben más iluminación, mientras que las depre-

siones son oscuras porque reciben menos iluminación. La mayoría de las imágenes fueron generadas en cuatro softwares que son: LasTools, TerraModeler Scan, GlobalMapper, ArcGIS y QGIS+GrassGIS. Estas tienen una resolución que van entre los 0.30.

LA ISLA GAVILÁN: UN EJEMPLO DE ÁREA DE SOSTÉN DURANTE EL PRECLÁSICO

La Isla Gavilán se ubica a 7 km al sur de El Mirador y está conectada con este a través de la Calzada Mirador-Tintal. Ocupa un área de 8.5 km² y tiene una elevación que va de los 246 a 278 m SNM. Desde esta isla un segmento de la calzada Mirador-Tintal cruza el bajo aproximadamente 1.3 km en línea recta en dirección sur. Durante la exploración sobre la calzada se reconocieron cinco secciones de discontinuidad, las cuales fueron identificadas como canales o pasos de agua. También se realizó una trinchera para fechar e identificar el sistema constructivo de esta sección de la calzada.

Ya el bajo carrizal había llamado la atención por una fotografía aérea del arqueólogo George Stuart publicado en la edición del mes de diciembre de 1975, en la cual había notado la existencia de un patrón vegetativo bastante curioso adyacente a la calzada al momento de atravesar el Bajo Carrizal. Stuart sugirió que este patrón podría estar asociado con plataformas agrícolas a la misma usanza de las chinampas del centro de México.

La Isla Gavilán está rodeada por el Bajo Carrizal al sur, suroeste y sureste y el Bajo Pedernal al norte, noreste y noroeste. Puede dividirse en dos secciones, la oeste y la este. En la primera se encuentra la mayor concentración de terrazas escalonadas mientras que la este presenta pocas terrazas, pero contiene la mayor cantidad de plataformas habitacionales y un área de parcelas que ha sido interpretada por Hansen como corrales para la crianza de animales.

Las excavaciones sistemáticas realizadas en el 2007 mostraron una primera nivelación de la calzada inmediatamente sobre una capa de arcilla negra del bajo con grandes piedras de roca caliza como posible estabilizador a los movimientos naturales de contracción y expansión de dichas arcillas por los cambios de temporada de sequía y lluvia. Al analizar las imágenes de satélite y también desde helicóptero se podía observar algunos patrones de campos elevados en la parte sur de la Isla Gavilán. Un transecto realizado esa misma temporada desde el centro de la Isla en dirección suroeste buscando el centro del bajo y al oeste de la calzada permitió

realizar algunas excavaciones para tomar muestras de suelos. Todavía están en proceso de análisis en laboratorio para tener la certeza de la función de estos campos elevados pero las interpretaciones preliminares indican que pudo haber funcionado para la agricultura.

Tanto los bajos Pedernal como Carrizal fueron modificados intensamente durante la época preclásica. En cuanto al Bajo Pedernal se observa la presencia de un enorme dique de 280 m de largo, 50 m de ancho y 3 m de altura. Se encuentra conectando la calzada Mirador-Tintal y corre en una dirección este-oeste. Varios campos elevados se encuentran en esta zona, principalmente en el meandro del arroyo que drena hacia el Bajo La Jarrilla ubicado al norte, y el principal bajo que rodea El Mirador.

La imagen LiDAR muestra una enorme presencia de terrazas escalonadas en la sección suroeste de la Isla Gavilán, con alrededor de treinta niveles y algunas podrían alcanzar distancias de 1 km de longitud. Estas fueron construidas desde el bajo hasta las partes altas del terreno, así como varios canales fueron observados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados sugirieron que las principales ciudades de la Cuenca Mirador contenían densas poblaciones donde tenían sectorizadas los lugares de las prácticas agrícolas y las áreas de sustentación. Incluso, existen zonas que estuvieron bastante articuladas para el trasiego y transportación de los productos agrícolas hacia los centros urbanos, todos ellos se hacían mediante las calzadas y caminos elevados construidos a lo largo y alrededor de los principales sitios. De acuerdo con el análisis de la imagen LiDAR, se han identificado cuatro tipos de rasgos agrícolas: Terrazas Escalonadas, Campos elevados en Bajos, Campos elevados sobre Mesetas, Parcelas o Concentraciones parcelarias.

Las terrazas escalonadas están distribuidas a lo largo de la Cuenca Mirador, hallándose una mayor concentración alrededor del sitio El Mirador. Un total de 12 km² de áreas de terrazas han sido identificadas de los 700 km² de área de cobertura de LiDAR, aunque esta cifra es de carácter preliminar ya que solamente el 35% del total de área ha sido estudiada (Figura 3). Existen al menos tres áreas de aglomeración de terrazas y estas se encuentran en la Isla Gavilán, a 7 y a 9 km al noreste de El Mirador, en donde una calzada atraviesa dichas terrazas. Existen otras zonas que presentan gran cantidad de terrazas principalmente cerca de Nakbe y Wakna, pero aún está en proceso de análisis.

En términos morfológicos, las terrazas identificadas por el análisis LiDAR y el mapeo terrestre pueden clasificarse en dos tipos. El primero corresponde a terrazas lineales de pendiente suave, mientras que las segundas son terrazas lineales de pendiente pronunciada. La diferencia entre estas dos radica en el porcentaje de pendiente y para ello, y es notable que en ambas hay una diferencia constructiva, ya que las segundas tienden a sufrir más erosión y requieren de una utilización de piedras más grandes que las primeras.

Los habitantes preclásicos de la Cuenca Mirador construyeron muros de retención para evitar la erosión de los suelos y al mismo tiempo elevarlos para una mejor irrigación. La mayoría de las terrazas se encontraron asociados a unidades habitacionales probablemente del periodo Preclásico. Excavaciones en Nakbe han revelado que dicho sitio posee la evidencia más temprana de sistemas agrícolas en terrazas, específicamente proveniente de la sección sur del sitio. La importación de las arcillas provenientes de los bajos circundantes para la construcción de las terrazas y campos elevados sobre las mesetas fueron una condición recurrente a lo largo del periodo Preclásico.

Concerniente a los campos elevados en bajos, a la fecha se han registrado 6 km² de estos rasgos, aunque solamente el 15% del total de la zona cubierta por el LiDAR ha sido analizado. Existen al menos dos secciones en donde se han observado estos rasgos. El primero se encuentra directamente relacionado con el Bajo La Jarrilla, principalmente en las zonas de drenaje de Pedernal y Paixbancito (Figura 4). En este último, se han hallado numerosas construcciones elevadas que tienen un patrón similar a las chinampas de los Mexicas del Centro de México y a los waru waru de la Cultura Inca en América del Sur. Otra zona importante se encuentra al sur de la Isla Gavilán (Figura 5), si bien en las imágenes derivadas del tratamiento de los datos de LiDAR no muestran estos campos elevados, esto se debe principalmente a la erosión y sedimentación que ha sufrido el sector a lo largo de más de dos mil años luego del abandono de la zona. No obstante, en el terreno, los cambios de la vegetación que son bien notables, y son buenos indicadores que dichos rasgos se encuentran en el lugar, ya que la composición de los suelos es diferente. Cabe mencionar, que muchos rasgos que son visibles en las imágenes de vegetación e incluso, perceptibles por aire, no fueron detectadas por LiDAR debido a la gran cantidad de materiales de sedimentos.

Los campos elevados en mesetas son áreas en donde los antiguos Mayas importaron arcillas de los bajos

hacia las partes altas para erigir zonas agrícolas con una alta capacidad de producción. Estas áreas se ubican en zonas bien drenadas y se caracterizan por tener vegetación de bosques latifoliados bajos, entre ellas zacate, cival y navajuela, entre otros. En varias excavaciones realizadas en los epicentros de Tintal, Nakbe y El Mirador, se han encontrado estos estratos donde muestran gruesas capas de arcillas negras que fueron importadas a lo alto de las mesetas y que descansan sobre capas de rocas pequeñas de pedernal o de caliza que permite una mejor permeabilización y drenaje (Figura 6). Estos se encuentran sobre la roca natural. Generalmente, estos estratos aparecen desde el periodo Preclásico Medio, y a lo largo del Preclásico Tardío fue una característica constructiva.

El último tipo de rasgo agrario pertenece a las parcelas o concentraciones parcelarias, las cuales son atípicas de la región preclásica de El Mirador, pero que fueron detectadas al sur de Nakbe y cercana al bajo Ikmal, situado a 10 km al este de El Mirador. Tanto los campos elevados en mesetas como las parcelas agrarias son los tipos menos estudiados en la arqueología maya y el Proyecto Mirador emprenderá en el futuro programas comprensivos con la finalidad de determinar su naturaleza constructiva y sus probables funciones y asociaciones con los asentamientos asociados.

COMENTARIOS FINALES

El resultado de los análisis de los datos LiDAR relacionados con los rasgos agrarios mayas, revelaron que el territorio central de la Cuenca Mirador fue altamente explotado y su paisaje fue considerablemente antropizada. Los diferentes asentamientos humanos relacionados con los sistemas agrarios reflejan que existieron aldeas agrícolas que pudieron estar directamente vinculadas con la producción y distribución de los productos. Estos pudieron haber sido transportados a lo largo de la red de calzadas hacia los diferentes centros urbanos al menos, para el periodo Preclásico Tardío.

Al realizar imágenes de alta resolución se logró detectar una alta cantidad de rasgos agrarios los cuales en total cubren un área de 32 km² lo que indica que casi el 5% del total del área cubierta por el LiDAR presenta este tipo de elementos. Hay que tomar en cuenta que no se ha completado el análisis y que, además, depende en gran medida de la validación de campo y excavación, pero, en definitiva, estos datos muestran un alto potencial que la Cuenca Mirador tiene en el tema agrícola y que aporta valiosos datos de los sistemas de producción

y de subsistencia de los antiguos Mayas principalmente de la época preclásica. Finalmente, un total de 250 km lineales de terrazas han sido detectadas y esta cantidad aumentará a medida que avance y se culmine el análisis de los datos LiDAR.

REFERENCIAS

HANSEN, Richard D.

2016 Cultural and Environmental Components of the First Maya States: A Perspective from the Central and Southern Maya Lowlands. En *The Origins of Maya States* (editado por L. P. Traxler y R. J. Sharer), pp.329-416. University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, Philadelphia.

HEALY, Paul F.; John D. H. Lambert, J. T. Arnason, y Richard J. Hebda

1983 Caracol, Belize: Evidence of Ancient Maya Agricultural Terraces. *Journal of Field Archaeology* 10(4):397-410.

MATHENY, Ray T.

1987 Early States in the Maya Lowlands During the Late Preclassic Period: Edzna and El Mirador. En *City States of the Maya: Art and Architecture* (editado por E. B. Benson), pp.1-44. Rocky Mountain Institute for Precolumbian Studies, Denver.

WITTFOGEL, Karl A.

1957 *Oriental Despotism a Comparative Study of Total Power*. New Haven: Yale University Press.

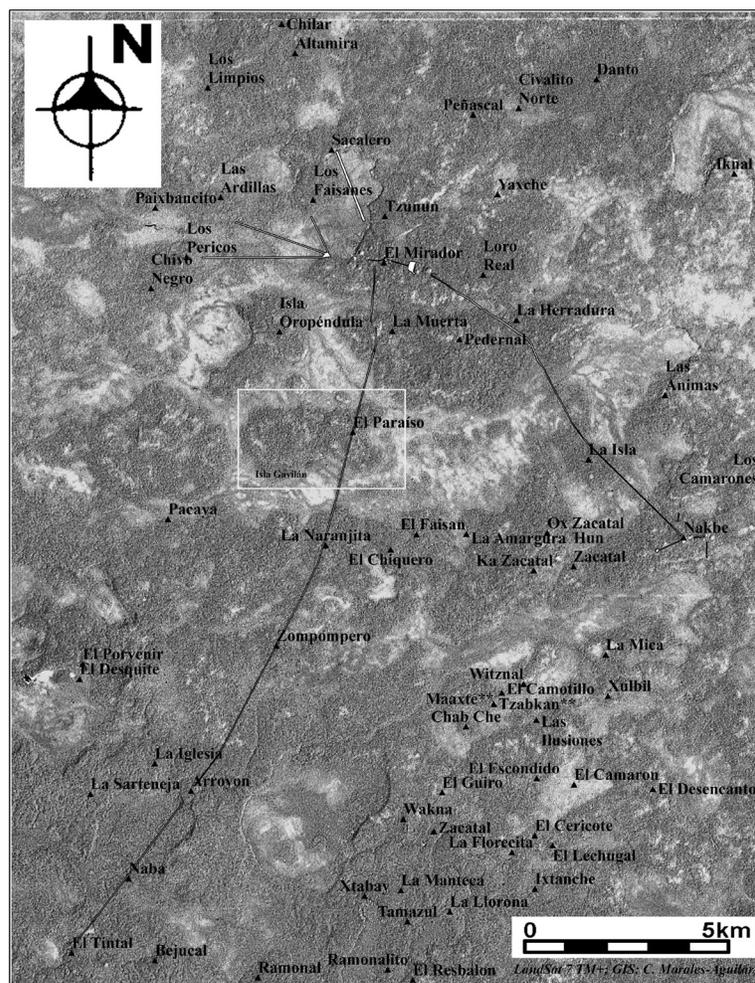


Figura 1. Imagen infrarroja de satélite Landsat 7 de la región central de la Cuenca Mirador que muestra la ubicación de la Isla Gavilán (Cartografía: C. Morales-Aguilar).

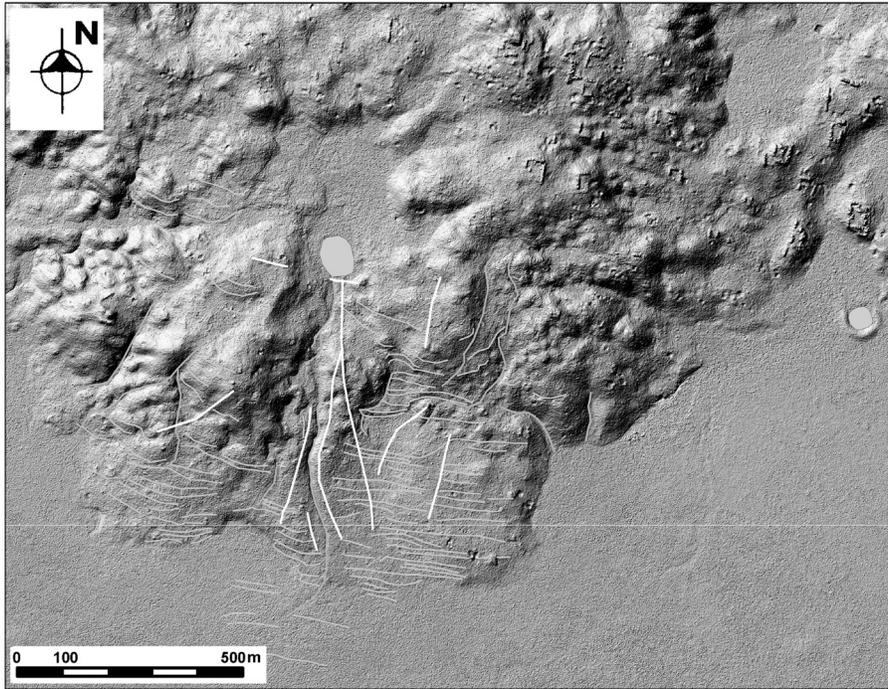


Figura 2. Imagen LiDAR de la Isla Gavilán donde se observan las terrazas detectadas (Cartografía: C. Morales-Aguilar; ©FARES).

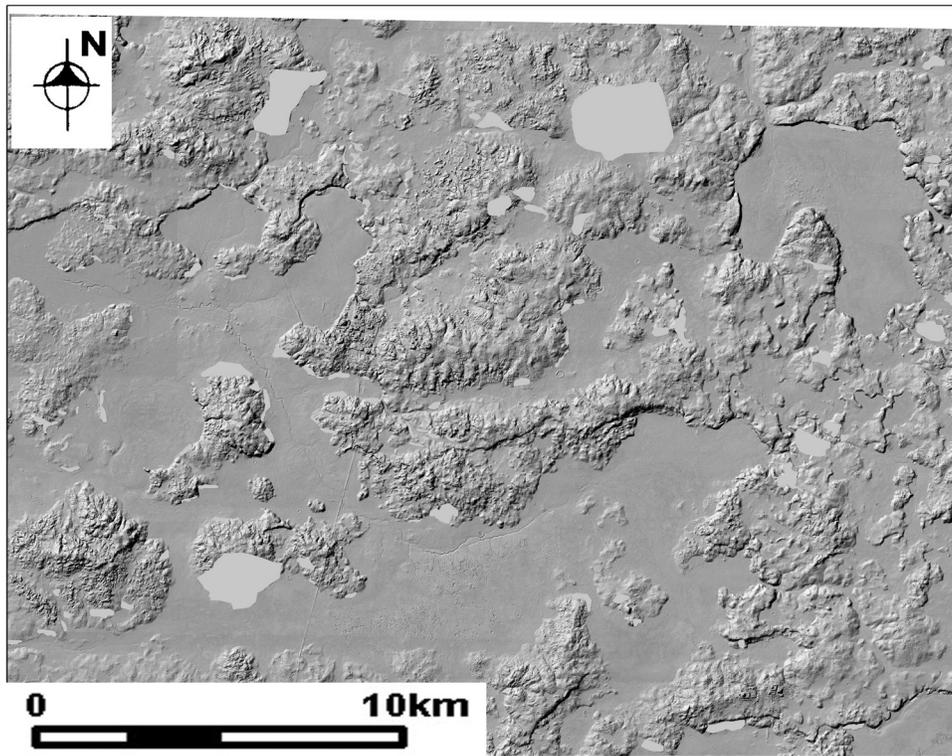


Figura 3. Imagen LiDAR que muestra la localización de terrazas alrededor de El Mirador (Cartografía: C. Morales-Aguilar; ©FARES).

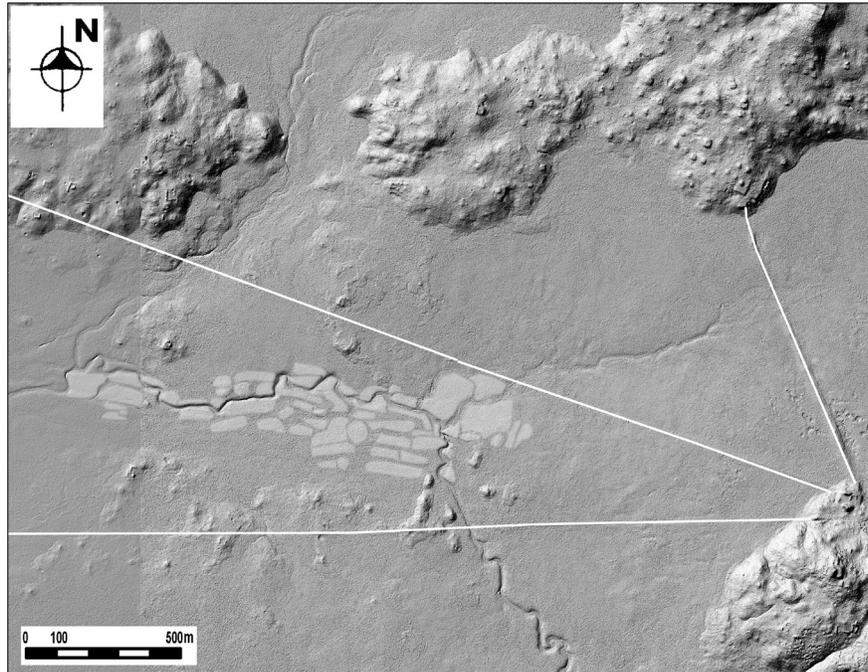


Figura 4. Campos elevados detectados en el Bajo La Jarrilla hacia Paixbancito, El Mirador (Cartografía: C. Morales-Aguilar; ©FARES)



Figura 5. Campos elevados en el Bajo Carrizal, El Mirador (Dibujo: G. Valenzuela y H. Hernández; ©FARES).

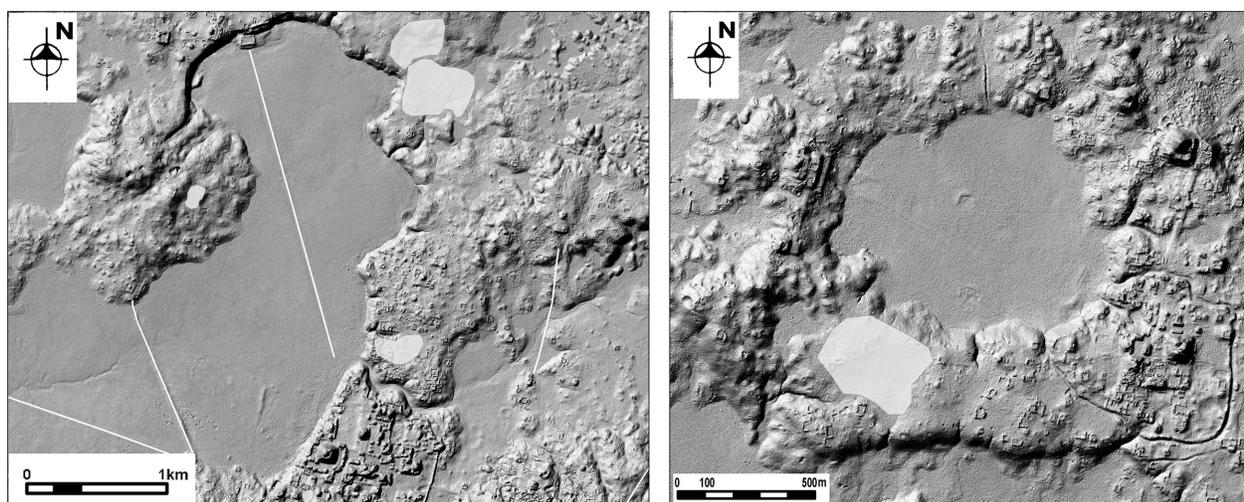


Figura 6. Campos elevados en mesetas en El Mirador y Tintal detectados en campo y en LiDAR (Cartografía: C. Morales-Aguilar; ©FARES).