



47.

UN NUEVO PANORAMA DE CEIBAL
Y SUS ALREDEDORES: RESULTADOS
DE LA VERIFICACIÓN DEL MAPA LiDAR,
SONDEOS EN GRUPOS E Y CONTINUACIÓN
DE EXCAVACIONES EN LA PLAZA CENTRAL

Flory María Pinzón González, José Luis Ranchos Cruz, Takeshi Inomata y Daniela Triadan

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:

Pinzón González, Flory María; José Luis Ranchos Cruz, Takeshi Inomata y Daniela Triadan
2018 Un nuevo panorama de Ceibal y sus alrededores: resultados de la verificación del mapa LiDAR, sondeos en Grupos E y continuación de excavaciones en la Plaza Central. En *XXXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2017* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 601-611. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

UN NUEVO PANORAMA DE CEIBAL Y SUS ALREDEDORES: RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN DEL MAPA LiDAR, SONDEOS EN GRUPOS E Y CONTINUACIÓN DE EXCAVACIONES EN LA PLAZA CENTRAL

*Flory María Pinzón González
José Luis Ranchos Cruz
Takeshi Inomata
Daniela Triadan*

PALABRAS CLAVE
Ceibal, LiDAR, Preclásico, Grupos E.

ABSTRACT

In 2015 the Ceibal-Petexbatun Archaeological Project applied the airborne LiDAR technology to map an area of 20 x 20 km including Ceibal and its surroundings. LiDAR revealed multiple E-Group assemblages and numerous structures, platforms, and other archaeological features. The 2016 field season involved a field verification, which examined 981 features, and test excavations during the 2016 and 2017 seasons targeted two sites with E-Group assemblages. In addition, project members continued excavations in the Central Plaza of Group A at Ceibal.

INTRODUCCIÓN

Durante la temporada de campo del año 2015 se realizó un levantamiento de mapa con la tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) de un área de 20 x 20 km incluyendo el sitio arqueológico de Ceibal y sus alrededores (Figura 1). La realización de este mapa tuvo como objetivos, además de poder abarcar un área más amplia que con el método de reconocimiento tradicional, verificar la efectividad de esta tecnología en diferentes tipos de vegetación y examinar los rasgos culturales y naturales dentro del centro de Ceibal. En este estudio se explica de un modo general cómo se obtuvieron los datos LiDAR, las técnicas de visualización y detección de rasgos arqueológicos además de una clasificación de vegetación.

Pinzón y Ranchos en la temporada de campo 2016 llevaron a cabo la verificación en campo de rasgos detectados en la imagen de LiDAR, entre ellos algunos

con configuración de Conjunto tipo Grupo E en la periferia de Ceibal. Entre 2016 y 2017 a partir de estas verificaciones se realizaron sondeos en los sitios de La Felicidad y El Edén, así como en la parte sur de la plataforma basal del Grupo A de Ceibal.

Además continuaron excavaciones en la Plaza Central del Grupo A con el objetivo de definir dimensiones de las dos primeras versiones de la plataforma este del Conjunto tipo Grupo E.

ADQUISICIÓN DE DATOS LiDAR

Los datos LiDAR fueron obtenidos por el equipo de National Center for Airborne Laser Mapping (NCALM) de la Universidad de Houston en Marzo 18-23 del 2015, el cual produjo un modelo digital de superficie (DSM, modelo incluyendo vegetación y estructuras) y un modelo de elevación digital (DEM, modelo de la superficie después de remover la vegetación y estructuras) con

una resolución horizontal de 0.50 m. NCALM utilizó Teledyne Optech Titan MW, un nuevo LiDAR multi-canal y multispectral que emite pulsos laser en 1550 (Canal 1), 1064 (Canal 2) y 532 (Canal 3) nm longitud de onda simultáneamente a través de un único espejo oscilante. Con estos tres canales Titan es capaz de operar a una mas alta frecuencia de repetición de pulsaciones (PRF) que el modelo anterior Gemini, lo cual permite emitir un mayor número de pulsaciones laser por unidad de tiempo. Titan puede mantener altos rangos de penetración del dosel arbóreo (canopy) por pulso cuando un PRF mayor es utilizado. En el área central de Ceibal se lanzaron vuelos de prueba para la penetración del dosel arbóreo que resultaron en 51 a 72 tiros de laser por m², mientras que líneas de vuelo de mapeo regular produjeron 15 a 19 disparos por m².

Los datos LiDAR obtenidos de los vuelos de prueba del dosel arbóreo fueron incluidos en la producción final del conjunto de datos LAS (un formato estándar para los puntos de reflejos de LiDAR de retorno discreto). Posteriormente Inomata analizó la imagen DEM y los puntos de reflejo utilizando ESRI ArcGIS, Trimble eCognition, y GeoCue LP360 para la clasificación de vegetación y la identificación de rasgos arqueológicos.

TÉCNICAS DE VISUALIZACIÓN

La visualización de datos topográficos es un paso crítico en el análisis de LiDAR, por ello los investigadores han desarrollado varias técnicas. El uso de imágenes de Hillshade o combinaciones de estas con imágenes DEMs es el enfoque más comúnmente utilizado por los arqueólogos. El método que se utilizó en Ceibal y que se consideró el más efectivo fue la Imagen de mapa en relieve rojo (RRIM) desarrollado por Chiba *et al.* (Chiba *et al.* 2008). La imagen RRIM utiliza las medidas de “apertura” topográfica originalmente desarrollado por Yokoyama *et al.* (Yokoyama *et al.* 2002), y los combina con la gradiente de pendientes (Slope Gradient). Apertura positiva es un concepto más o menos similar al análisis de factor de vista del cielo (SVF, representa la cantidad de cielo visible desde una ubicación particular) (Bennett *et al.* 2012; Challis *et al.* 2011; Pingel *et al.* 2015) y se mide como la media de los ángulos cenit de las líneas tangentes a la superficie sobre el suelo dentro de un radio especificado desde un punto dado, donde apertura negativa consiste en los ángulos nadir de las líneas tangentes a la superficie subterránea. Para cada celda RRIM expresa la gradiente de pendiente como la intensidad de rojo mientras que las diferen-

cias entre los valores de la apertura positiva y la negativa son expresadas por tonos específicos, variando desde amarillo para apertura positiva a verde para apertura negativa. En productos finales de RRIM, puntos convexos, como colinas y cumbres de montículos, muestran un amarillo brillante blanquecino mientras que puntos cóncavos, como el fondo de valles y depresiones, se muestran en verde oscuro. Pendientes pronunciadas se muestran con un rojo intenso, y áreas planas en colores de blanco a gris. De esta manera, RRIM visualiza efectivamente rasgos naturales y culturales en pequeña escala así como relieves topográficos de mayor escala. Para la producción de RRIM se utilizó la imagen DEM con una resolución horizontal de 0.5 m.

IDENTIFICACIÓN DE RASGOS ARQUEOLÓGICOS EN DATOS LiDAR

Se identificaron y guardaron probables rasgos arqueológicos, primeramente con una inspección visual en la visualización del RRIM y cuando fue necesario se utilizaron otros datos de visualización LiDAR (particularmente Hillshades con ángulos variados), elevación de perfiles y puntos de reflejo de perfiles. Entre los rasgos arqueológicos se incluyen estructuras, plataformas, terrazas y depresiones. Estos rasgos fueron marcados manualmente con ArcGIS. Con el propósito de evaluar la efectividad de los datos LiDAR en la detección de rasgos arqueológicos bajo diferentes tipos de vegetación, esta ponencia se enfoca en las dos clases más comunes identificadas, estructuras y plataformas.

En el área de 460 km² en la región de Ceibal cubierta por LiDAR, se registraron 10,208 estructuras, 4,538 posibles estructuras, 724 plataformas y 253 posibles plataformas (Inomata *et al.* 2017).

RECORRIDO DE VEGETACIÓN

El recorrido de verificación de vegetación fue realizado al mismo tiempo que se llevó a cabo la verificación de rasgos arqueológicos por Pinzón y Ranchos y en la última semana de campo 2016 por Hiroo Nasu. Se tomaron datos alrededor de los sitios que fueron visitados y en algunos casos en los caminos hacia ellos. Esto previo a una clasificación como tal de la vegetación.

En base a los datos de verificación en campo de 199 áreas, se desarrolló una clasificación de vegetación, utilizando el método de análisis de imágenes basado en objetos (OBIA, object-based image analysis) con el programa de eCognition. Como resultado se obtuvo la si-

guiente clasificación: bosque primario, bosque parcialmente cortado, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria alta cortada, vegetación secundaria media, vegetación secundaria media cortada, vegetación secundaria baja, pasto alto, pasto bajo, milpa, plantación de palma, bosque húmedo alto, bosque húmedo bajo.

VERIFICACIÓN EN CAMPO DE RASGOS ARQUEOLÓGICOS

Aunque se registró un pequeño número de discrepancias entre los datos LiDAR y el mapa de Harvard, se decidió realizar el recorrido de verificación en campo en las zonas periféricas aún sin conocer. El mayor objetivo de la temporada de campo 2016 fue no solamente verificar los datos LiDAR sino además obtener información arqueológica de sitios sin conocer a través de la observación de métodos de construcción, recolección de material de superficie y pozos de sondeo. La mayoría de los recorridos fueron realizados entre el 7 de febrero al 9 de marzo de 2016. Para el desarrollo de los mismos se escogieron diferentes áreas de vegetación en las zonas periféricas además de elegir configuraciones ceremoniales del periodo Preclásico Medio (1000-350 AC) como focos de importancia (Figura 2). No obstante, fuera de las áreas de los parques de Ceibal y El Rosario todos los demás sitios arqueológicos se encontraban en propiedades privadas por lo que esto dificultó fuertemente la verificación de estas zonas.

La verificación de los rasgos arqueológicos fue llevada a cabo por Pinzón y Ranchos quienes recorrieron áreas de muestras verificando asentamientos arqueológicos en Sayaxché, La Nueva Libertad y El Cedral. En el área de Sayaxché se tuvo acceso mayormente en las aldeas de El Paraíso y La Felicidad además del caserío El Ceibalito, gran parte debido al apoyo del personal operativo del proyecto que reside en dichas aldeas. En La Nueva Libertad se buscaron directamente a los dueños o vaqueros de las fincas, teniendo éxito para acceder en algunas ocasiones. Por último en el área de El Cedral fue más difícil pero aun así se lograron algunos permisos. En los recorridos en campo se lograron verificar 12 sitios en un 70%-80%, algunos de ellos el 100%, así como siete zonas arqueológicas con varios grupos menores, estos últimos en su mayoría pertenecientes al periodo Clásico Tardío-Terminal. Entre los sitios verificados se encuentran El Edén, La Felicidad, El rodeo, La Vereda, El Aislado y El Cedral los cuales tenían configuraciones con posibles Grupos E y por lo tanto ocupación en el periodo Preclásico Medio (Figura 3).

Al tener acceso a las diferentes zonas y sitios arqueológicos uno de los objetivos fue verificar si efectivamente se trataba de remanentes arqueológicos, registrar los materiales de construcción y recolectar materiales de superficie y de los diferentes saqueos encontrados. Además se realizó un recorrido de los alrededores inmediatos con el objetivo de revisar y encontrar de ser posible, estructuras o rasgos arqueológicos no identificados en los datos LiDAR como terrazas, depresiones y muros.

En tres casos se recorrieron sistemáticamente áreas de pasto de aproximadamente 100 x 200 m a 130 x 400 m, caminando en intervalos regulares y en otros casos se caminó alrededor de rasgos detectados, concentrándose más en los datos de materiales de construcción y recolección de material de superficie.

En 2015 cuando se obtuvo la imagen LiDAR se observó una vegetación secundaria media-baja muy densa en el intersección entre la aldea El paraíso camino hacia Ceibal, en donde no se pudieron registrar vestigios arqueológicos, no obstante desde 2016 esta área fue utilizada para pasto de ganado y toda la vegetación fue cortada, así es que quedó descubierto el terreno casi en su totalidad. En marzo 2017 finalmente se tuvo acceso a dicho terreno y se pudo corroborar la presencia de más de 20 estructuras bajas que no pudieron ser reconocidas con la imagen LiDAR debido a la densidad de la vegetación.

Para verificar las zonas periféricas arqueológicas se utilizó el sistema de posicionamiento global GPS Garmin GPSMAP 64 GPS el cual generalmente tiene una exactitud horizontal de 3 a 15 m en áreas libres o con vegetación alta esparcida. En muchos casos se pudo comparar las medidas del GPS con la imagen RRIM descargadas en el dispositivo y corregir manualmente las medidas erróneas siempre y cuando se pudieron observar los rasgos arqueológicos de la referencia de los datos LiDAR. En total se pudieron verificar 981 rasgos que habían sido detectados como estructuras o posibles estructuras en la examinación de los datos LiDAR.

VERIFICACIÓN DE RASGOS ARQUEOLÓGICOS DETECTADOS EN LOS DATOS LiDAR CON LA CLASIFICACIÓN DE VEGETACIÓN

Como resultado de la verificación en campo se obtuvieron los porcentajes de falsos positivos de 0 a 8 % para los rasgos registrados como "estructuras" bajo diferentes tipos de vegetación. Esos resultados significan que la mayoría de estructuras detectadas en las imágenes de LiDAR son realmente rasgos arqueológicos. Además,

el recorrido identificó estructuras adicionales que no habían sido detectadas previamente en los datos de LiDAR. La mayoría de estos rasgos fueron de dimensiones horizontales pequeñas (alrededor de 10 m o menos de longitud) y en relieves verticales bajos (de 30 cm o menos de altura). Los porcentajes de estas estructuras agregadas (negativos falsos) son relativamente altos en los bosques primarios (31 %) y disminuyen en las vegetaciones secundarias más bajas y abiertas (30 % para vegetación secundaria alta, 19 % para vegetación secundaria alta cortada, 0 % para vegetación secundaria mediana y 14 % para vegetación secundaria mediana cortada) (Figura 4).

En bosque primario y vegetación secundaria alta, el rango bajo de penetración de láser y la baja densidad de los puntos de superficie fueron principalmente los responsables por el mayor número de pequeños rasgos perdidos en éstas áreas. La identificación en la base de LiDAR de rasgos arqueológicos es más confiable para el tipo de vegetación secundaria parcialmente cortada con una mayor penetración en el dosel arbóreo.

El menor número de estructuras perdidas se registran en la vegetación media-alta y baja, sin embargo, puede ser erróneo. A pesar que los recorridos de superficie de estas áreas requerirían de una limpieza sustancial de vegetación, los permisos para realizar esta acción fueron difíciles de obtener. Varios investigadores han señalado la poca efectividad de LiDAR en vegetación secundaria densa y corta, y el recorrido en 2017 en una de esas áreas reveló múltiples estructuras pequeñas que no habían sido detectadas en los datos de LiDAR.

Para campos descubiertos y áreas con pastos bajos, LiDAR provee una alta resolución de datos que permite identificar muchos de los rasgos sutiles. La investigación en campo demostró que la precisión vertical de LiDAR de más de 0.02 m permitió identificar rasgos culturales que miden entre 0.10 a 0.20 m de altura en condiciones ideales. Estas bajas estructuras consisten comúnmente en alineaciones de piedra de 0.10 a 0.30 m de altura que fueron parcialmente enterradas en el suelo. Por ejemplo, la Estructura E que se muestra en la Figura 5 c y d tuvo una altura de 0.20 m más alta que el área de patio, y la Estructura F fue de 0.10 m de altura. La calibración de los errores en LiDAR resultó en discrepancias verticales de 0.2 a 0.8 m entre diferentes caminos de vuelo, que es visto como líneas este-oeste en las visualizaciones de DEM y ondulaciones sutiles en norte-sur de elevación de perfiles. Aunque las Estructuras E y F fueron aún identificables, estos errores hacen la detección de rasgos menores de 10 cm casi im-

posible. Las configuraciones de grupos de estructuras usualmente alrededor de un patio, también ayudan a la identificación de estructuras bajas. Debido a que los Mayas casi siempre construían estructuras en ubicaciones elevadas para un mejor drenaje, el lado posterior de los edificios usualmente formaban declinaciones. La Estructura D, sin embargo, no mostraba diferencia reconocible en elevación desde el área de patio, pero sus bordes bien definidos en los laterales y posterior, facilitó su detección. No obstante, cuando los bordes de una estructura y los de una plataforma coinciden o cuando las estructuras están ubicadas sobre una cuesta, algunos errores de identificación pueden ocurrir. Cuando estructuras bajas no muestran una configuración regular de grupos de patio su identificación puede ser muy difícil (Inomata *et al.* 2017).

En cuanto a las plantaciones de palma, éstas se han esparcido en el área de estudio durante la última década y significan un reto importante. Los perfiles de puntos de reflejo indican que las ondas de pulsos laser penetran en los árboles de palma en intervalos regulares de 0.9 a 0.10 m y en la maleza debajo de los mismos, pero son bloqueados por maleza extremadamente densa de alrededor de 1.5 m de altura que cubre el área entre los árboles de palma. Bajo estas condiciones el DEM basado en los datos LiDAR muestra una apariencia de panal de abejas. En campo no se pudo verificar ningún área con plantaciones debido a que no se obtuvieron permisos de acceso. Sin embargo, los puntos de reflejo sugieren que la identificación de estructuras más bajas de 1 m son difíciles de detectar.

SONDEOS EN LA PARTE SUR DE LA PLATAFORMA BASAL EN EL CENTRO DE CEIBAL

Desde las primeras investigaciones del Proyecto Arqueológico Ceibal-Petexbatun en el sitio de Ceibal se realizaron excavaciones que revelan una fuerte ocupación desde el periodo Preclásico en el área del Grupo A. Posteriormente a partir de la definición de la dimensión y ensamblaje de la plataforma basal con la imagen LiDAR sobre la cual se encuentra el mencionado grupo, es posible que este periodo corresponda a la etapa constructiva de la plataforma, pero para su confirmación se decidió realizar sondeos en la parte sur de la misma y así tener más clara esta hipótesis.

En la temporada de campo de 2017 se realizaron siete sondeos divididos entre las suboperaciones CB225A; CB226 A, B y C; CB227A y CB228A y B, las cuales fueron ubicadas en áreas altas para así poder definir su

construcción y disposición de roca madre (Figura 6).

Las excavaciones mostraron construcciones desde el periodo Preclásico Medio al Terminal (700 AC-200 DC), con una secuencia de construcción hasta el Clásico Tardío – Terminal (600-900 DC). La construcción fue baja y escasa en la parte intermedia de la plataforma a cercanías de otros grupos en donde la roca madre se encontró a un poco más de 1 m de profundidad, pero fue más consistente en el límite sur de la plataforma basal demostrando una gran masa constructiva desde el periodo Preclásico Medio al Terminal.

Esto indica una vez más que el aprovechamiento de la disposición de la roca madre fue aplicado para la planificación de las grandes dimensiones de la plataforma basal y que esta fue construida desde los inicios de Ceibal.

SONDEOS EN LOS SITIOS DE LA FELICIDAD Y EL EDÉN

En los sitios de La Felicidad y El Edén se registra un fuerte deterioro debido a los saqueos que poseen, no obstante, estos saqueos fueron utilizados para conocer a detalle la cronología de algunas estructuras con el objetivo de no dañar otras áreas y tener datos de las ocupaciones más tempranas. Estos sitios se ubican respectivamente en las aldeas de La Felicidad y El Paraíso en Sayaxché, Petén. Los dos sitios tienen configuraciones de Conjuntos de tipo Grupo E y fueron detectados en la imagen LiDAR.

La Felicidad y El Edén son sitios que se encuentran en propiedades privadas y quedan a una distancia de entre 5 y 7 kilómetros del centro de Ceibal.

Las investigaciones en La Felicidad se llevaron a cabo en el año 2016 por Pinzón realizando tres pozos de sondeo. La sub-operación FE1A-1 fue ubicada a inmediaciones de la estructura lateral a la pirámide central al este en el Grupo E; FE1A-2 en un grupo habitacional cerca del Grupo E y FE1A-3 en una terraza a cercanías del Río La Pasión (Figura 7). Este último para investigar una posible ocupación temprana.

Como resultado se obtuvieron datos de una ocupación desde la fase Real-Xe 3 (775-700 AC) en el Grupo E hasta la fase Bayal en el Clásico Terminal, sin embargo, se registra una mayor ocupación del Preclásico Medio al Terminal (700 AC-200 DC), así mismo, en el grupo habitacional se encontró una ocupación desde el periodo Preclásico Terminal en la fase Xate hasta el Clásico Terminal (75 AC-950 DC) y en la terraza se definió una ocupación en el Clásico Terminal sin encon-

trar información de periodos más tempranos (Inomata y Pinzón 2016).

En el sitio de El Edén se realizaron investigaciones de sondeo hasta la temporada de campo 2017 con la participación de Ranchos. Los pozos de sondeo fueron distribuidos al centro de la plaza del Grupo E con la sub-operación ED1A-1; detrás de la pirámide central al este con ED1A-2; al centro de un grupo habitacional como ED1B-1 y detrás de la estructura norte del grupo habitacional con el pozo ED1B-2 (Figura 8).

En el Grupo E se registró una ocupación desde la fase Escoba en el Preclásico Medio hasta el Clásico Tardío – Terminal (700-950 DC), sin embargo, su mayor ocupación se registra hasta el Preclásico Tardío, mientras que la ocupación en el grupo habitacional sucede desde esta última fecha finalizando en el Clásico Tardío.

Tanto el sitio de La Felicidad como El Edén pudieron haber tenido una configuración de un Conjunto tipo Grupo E en sus etapas constructivas más tempranas, sin embargo, el sitio de La Felicidad es aún más temprano. Estos sitios pudieron ser centros ceremoniales de importancia en los alrededores de Ceibal con una ocupación más o menos continua hasta el Clásico Terminal. Nuevamente se tiene evidencia de una fuerte ocupación durante el periodo Preclásico Tardío con la expansión de varios grupos como sucedió en las periferias en el centro de Ceibal en grupos con templos menores.

EXCAVACIONES EN LA PLAZA CENTRAL DEL GRUPO A

Las investigaciones en la plaza central del Grupo A de Ceibal dieron inicio desde el año 2009 a partir de la hipótesis de que en esta área se encontraba un Grupo E y de las investigaciones realizadas por la Universidad de Harvard en la década de 1960 (Tourtellot 1988; Willey *et al.* 1975) donde indica una ocupación desde el periodo Preclásico Medio. Con el paso de los años se realizaron hallazgos de suma importancia comprobando que efectivamente existía una configuración de tipo Grupo E y que además es uno de los más tempranos de la región (1,000 AC) (Inomata y Pinzón 2015). No obstante, a pesar del gran esfuerzo invertido en la posible definición de este grupo aún no se había logrado conocer las dimensiones de longitud de las dos primeras versiones de la plataforma este denominadas por el Proyecto Arqueológico Ceibal-Petexbatun como Xa'an y Saqpusin (Figura 9).

Fue hasta en la temporada de campo 2017 que se logró conocer las dimensiones de estas estructuras a través del descubrimiento de sus esquinas noroeste. La Estructura Xa'an fue trabajada en la roca madre y conforma juntamente con la Estructura Ajaw al oeste, la primera versión de un Conjunto tipo Grupo E en Ceibal que corresponde a las fases Real Xe 1 y 2. La Estructura Xa'an midió 16 m en ancho, y aunque no se encontró su extremo norte, esta plataforma parece haber tenido una longitud casi igual a la de la Estructura Saqpusin.

La Estructura Saqpusin consiste en una construcción de arcilla gris y corresponde a la fase Real Xe 3. Se pudo definir el extremo norte de esta estructura a través de la excavación la cual midió 10 m de ancho, y asumiendo su forma simétrica, se estima su longitud de alrededor de 80 m.

Las investigaciones en la Plaza Central revelan esta ocupación importante en el Preclásico Medio siendo esta área el inicio de la ocupación en el sitio. Desde su comienzo se observa una fuerte religiosidad reflejada en los muchos escondites encontrados que se convertirían en una larga tradición con el paso de los años. Es posible que esta área haya sido manejada por gente de élite y fue el centro ceremonial de Ceibal hasta el Preclásico Tardío.

CONCLUSIONES

En cuanto al tema LiDAR, la efectividad de la imagen RRIM en estudios arqueológicos deriva de la buena visualización tanto en pequeños como en grandes relieves topográficos utilizando graduación en colores y brillos. Esta técnica además muestra una apariencia relativamente natural de la topografía, facilitando la identificación de rasgos culturales y naturales de diversa morfología, incluyendo estructuras, plataformas, muros, terrazas, senderos, canales y depresiones. Las imágenes de SVF sobre las gradientes de pendientes producen un efecto similar. Sin embargo, SVF usualmente genera valores cerrados para puntos convexos y áreas planas aunque provee valores distintos para los puntos cóncavos. Este estudio indica que la imagen RRIM distingue pequeños rasgos mejor que la imagen SVF en áreas cubiertas por bosque denso.

LiDAR detecta casi todas las estructuras mayores a 1.5 m bajo la mayoría de las condiciones y una porción significativa de estructuras mayores a 0.3 m en óptimas condiciones. Sin embargo, el bosque tropical primario denso en esta región con alta precipitación así como

vegetación secundaria media a baja y plantaciones de palma, presenta problemas para la identificación de rasgos pequeños.

En cuanto al tema de los sondeos, en el centro de Ceibal se confirma la construcción de la gran plataforma basal durante el periodo Preclásico mientras que los resultados de los sondeos en los grupos con configuraciones de Conjunto tipo Grupo E indican una ocupación desde el periodo Preclásico Medio y una expansión en el Preclásico Tardío al igual que en las áreas periféricas en el centro de Ceibal. Estos sitios pudieron ser centros ceremoniales de importancia en los alrededores de Ceibal con una ocupación más o menos continua hasta el Clásico Terminal.

En la Plaza Central con las excavaciones realizadas al norte, se define las dimensiones de las estructuras Xa'an y Saqpusin primeras dos versiones de la plataforma este del Conjunto tipo Grupo E fechado para 1,000 AC, uno de los más tempranos de la región.

REFERENCIAS

- BENNETT, Rebecca; Kate Welham y Andrew Ford
2012 A Comparison of Visualization Techniques for Models Created from Airborne Laser Scanned Data. *Archaeological Prospection* 19(1):41-48.
- 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.
- CHIBA, Tatsuhiro; Shin-ichi Kaneta y Yusuke Suzuki
2008 Red Relief Image Map: New Visualization Method for Three Dimensional Data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 37(B2):1071-1076.
- INOMATA, Takeshi; Flory Pinzón, José Luis Ranchos, Tsuyoshi Haraguchi, Hiroo Nasu, Juan Carlos Fernández-Díaz, Kazuo Aoyama y Hitoshi Yonenobu.
2017 Archaeological Application of Airborne LiDAR with Object-Based Vegetation Classification and Visualization Techniques at the Lowland Maya Site of Ceibal, Guatemala. *Remote Sensing* 9(6) 563 10.3390/9060563.
- INOMATA, Takeshi; Flory Pinzón, José Luis Ranchos, Kazuo Aoyama, Hiroo Nasu, Hitoshi Yonenobu y Juan

Manuel Palomo

2017 Investigación Arqueológica a través de LiDAR en el área de Ceibal. En *XXX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2016* (editado por B. Arroyo y Gloria Aju). Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

INOMATA, Takeshi y Flory Pinzón

2015 *Proyecto Arqueológico Ceibal-Petexbatun, Informe de la Temporada de Campo de 2015*. Informe entregado al Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.

INOMATA, Takeshi y Flory Pinzón

2016 *Proyecto Arqueológico Ceibal-Petexbatun, Informe de la Temporada de Campo de 2016*. Informe entregado al Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.

PINGEL, Thomas J.; Keith Clarke y Anabel Ford

2015 Bonemapping: A LiDAR Processing and Visualization Technique in Support of Archaeology Under the Canopy. *Cartography and Geographic Information Science* 42(sup1):18-26.

TOURTELLOT, Gair, III

1988 *Excavations at Seibal, Department of Petén, Guatemala: Peripheral Survey and Excavation, Settlement and Community Patterns*. Memoirs of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Vol. 16. Gordon R. Willey, series editor. Harvard University, Cambridge, MA.

WILLEY, Gordon R.; A. Ledyard Smith, Gair Tourtellot III, e Ian Graham

1975 *Excavations at Seibal, Department of Petén, Guatemala: Introduction: The Site and its Setting*. Memoirs of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Vol. 13, No. 1. Gordon R. Willey, series editor. Harvard University, Cambridge, MA.

YOKOYAMA, Ryuzo; Michio Shirasawa y Richard J. Pike

2002 Visualizing Topography by Openness: A New Application of Image Processing to Digital Elevation Models. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 68(3):257-266.

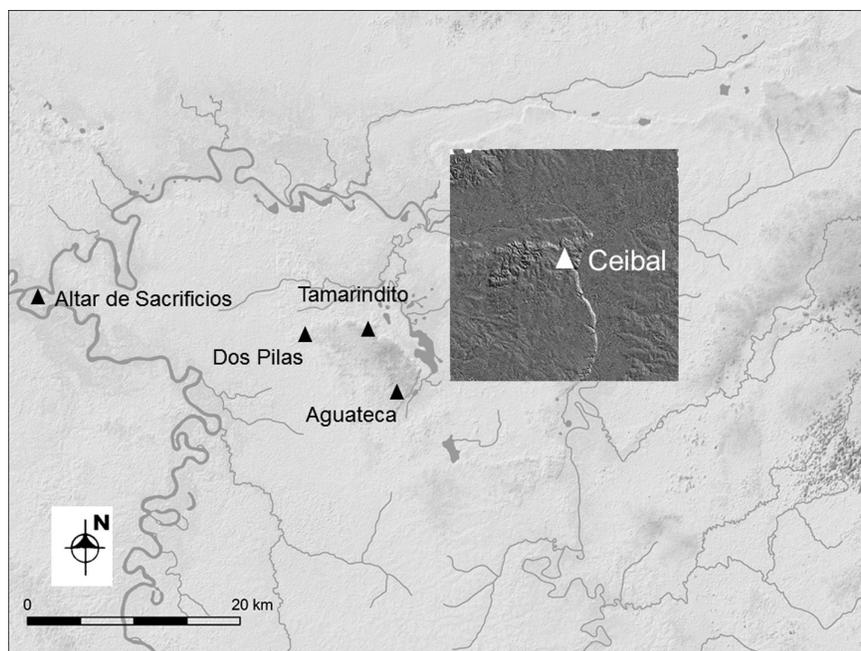


Figura 1. Mapa de LiDAR del área de 20x20 km.

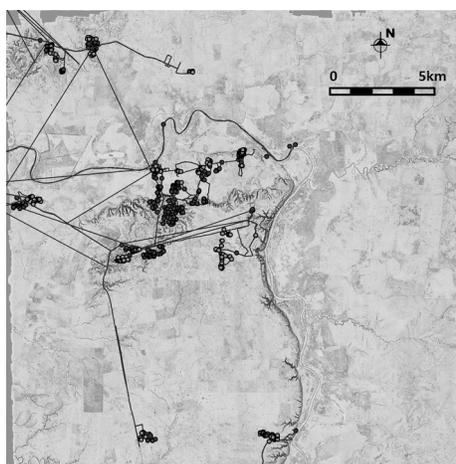


Figura 2. Recorrido Temporada 2016.

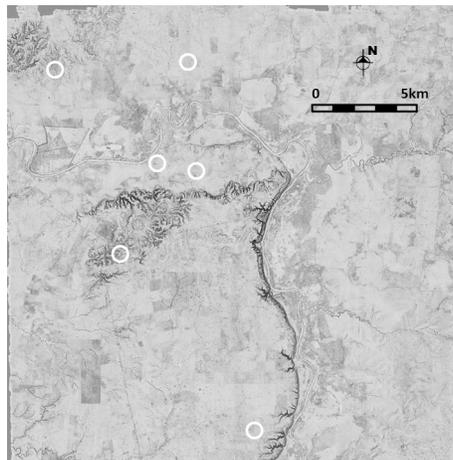


Figura 3. Posibles Grupos E.

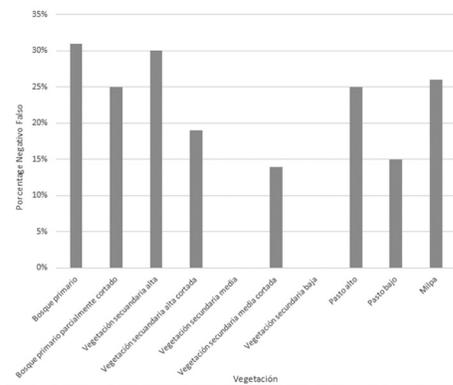


Figura 4. Gráfica de porcentajes, negativo y falso.

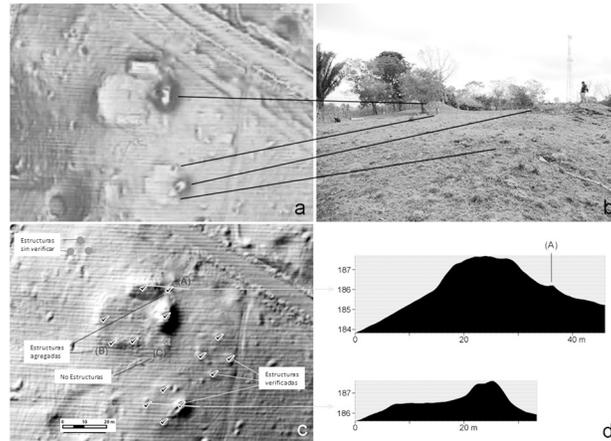


Figura 5. Verificación de rasgos arqueológicos detectados con datos LiDAR.

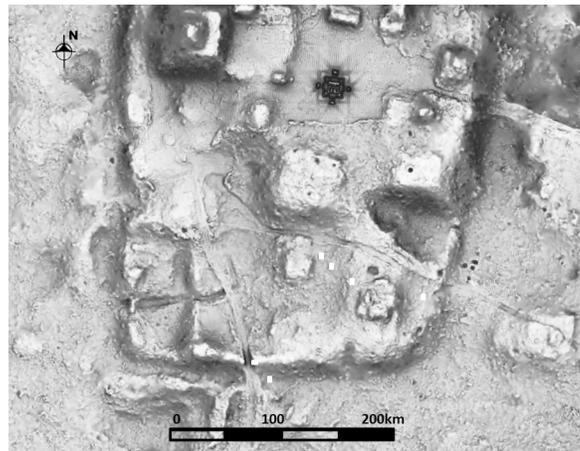


Figura 6. Sondeos al sur de la plataforma basal en el centro de Ceibal.

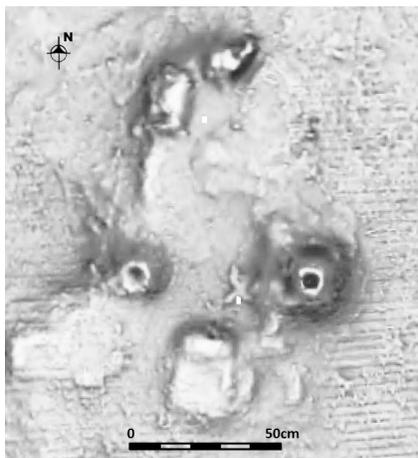


Figura 7. Sondeos en el sitio La Felicidad.

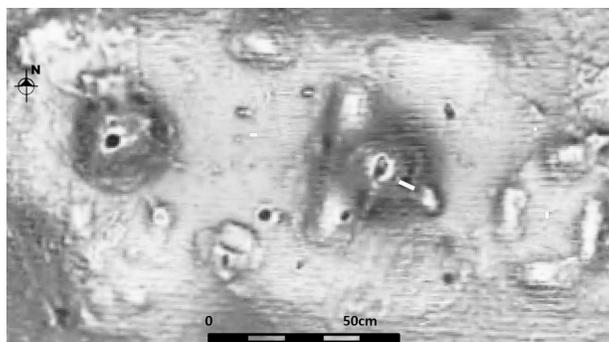


Figura 8. Sondeos en el sitio El Edén.