



48.

**IDENTIFICACIÓN DE RASGOS CULTURALES
CON TECNOLOGÍA LiDAR EN EL PILAR:
CREANDO BASES DE DATOS CONFIABLES
PARA LA INTERPRETACIÓN DE PATRONES
DE ASENTAMIENTO DEL ÁREA MAYA**

Anabel Ford, Paulino Morales y Sherman Horn III

XXXII SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA

MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA Y ETNOLOGÍA
23 AL 27 DE JULIO DE 2018

EDITORES

BÁRBARA ARROYO
LUIS MÉNDEZ SALINAS
GLORIA AJÚ ÁLVAREZ

REFERENCIA:

Ford, Anabel; Paulino Morales y Sherman Horn III
2019 Identificación de rasgos culturales con tecnología LiDAR en El Pilar: creando bases de datos confiables para la interpretación de patrones de asentamiento del área Maya. En *XXXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2018* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 603-612. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

IDENTIFICACIÓN DE RASGOS CULTURALES CON TECNOLOGÍA LiDAR EN EL PILAR: CREANDO BASES DE DATOS CONFIABLES PARA LA INTERPRETACIÓN DE PATRONES DE ASENTAMIENTO DEL ÁREA MAYA

Anabel Ford
Paulino Morales
Sherman Horn III

PALABRAS CLAVE

Bajos Maya, El Pilar, Protocolo de Validación LiDAR, Clásico.

ABSTRACT

Debates about the place of LiDAR imagery in settlement pattern studies have intensified as the technology has been widely adopted and applied across the Maya Lowlands. The power of LiDAR to reveal aspects of ancient Maya settlement is apparent, but it is important to remember that LiDAR is a tool and not a “magic wand.” Proper validation and documentation of remotely identified features – the ground-truthing done by archaeological surveyors in the field – must be used to construct reliable, comparative databases to realize the full potential of LiDAR technology and advance ancient Maya land-use and settlement studies. The El Pilar Project integrates survey results – comprising field maps created with GPS and traditional reconnaissance methods – with LiDAR imagery in a Geographic Information System database to construct more complete pictures of settlement distribution, landscape modification, and human-environment interactions. We present the results of 5 years of LiDAR-guided survey and the protocol our project developed to systematize the recording of field data. Our protocol has proven effective for investigating Maya settlement patterns and invaluable for dealing with the large datasets these investigations generate.

ANTECEDENTES: BREVE HISTORIA DEL PROYECTO LiDAR EL PILAR

El sitio arqueológico El Pilar fue reencontrado arqueológicamente en 1983. El Proyecto de investigación LiDAR El Pilar es producto del esfuerzo y cooperación internacional e intersectorial. La intención de conservar y proteger el Patrimonio Cultural y Natural de este sitio condujo a la formulación de acuerdos binacionales entre Guatemala y Belice. Estos incluyen la Declaración de Santa Elena, Petén 8 marzo 2008 y el Memorandum de Entendimiento para Promover la Cooperación entre las Instituciones de Herencia Cul-

tural de Belice y Guatemala del 16 de mayo 2008.

El área protegida de El pilar cubre 20 km², el polígono de protección fue establecido en 1998 y las brechas que lo delimitan son reconocidas por la concesión comunitaria El Esfuerzo. Su delimitación es con respecto al polígono denominado como Monumento Cultural El Pilar y reconocido como Reserva Arqueológica El Pilar para la Flora y Fauna Maya (Ford 1994, 1998, 2001; FNPV 2004). El “Estudio Técnico Monumento Cultural El Pilar” ya se encuentra en proceso de revisión, su aprobación por parte del congreso de la República de Guatemala permitirá su inclusión en la lista oficial del Sistema de Áreas Protegidas -SIGAP, y definirá las

políticas de manejo, la conservación y manejo de los recursos culturales y naturales de El Pilar.

Las investigaciones realizadas en el Pilar iniciaron hace 25 años: Estas comprenden actividades de reconocimiento de superficie, mapeo topográfico, excavaciones, sondeos, e intervenciones de consolidación de edificios, y estudios de materiales arqueológicos entre 1993-2004. Los trabajos de campo se iniciaron en 1993 en Belice y en 1994 en Guatemala (Fig.1). Los trabajos de consolidación en Belice fueron realizados por el Proyecto BRASS/El Pilar (1993-2004) y en Guatemala por el programa PROSIAPETEN, estos incluyeron la definición de vestigios monumentales, construcciones habitacionales, la calzada que interconecta el sector monumental, aguadas y canteras. Las excavaciones determinaron la presencia de vestigios de construcción y ocupación desde Preclásico Medio hasta el Clásico Terminal (Ford y Morales 2017a).

CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL EN EL PILAR

El Monumento Cultural El Pilar pertenece a la plataforma de Yucatán, es una zona kárstica del periodo Cretácico/Eoceno. Las colinas de la zona sur se elevan hasta los 250 msnm, la pendiente es suave hacia el noreste, donde el terreno desciende hasta los 170 msnm. Hacia el este hay un área escarpada mayor a 50 metros.

Ecología: El Pilar es una zona inmersa dentro de un mosaico compuesto por parches de recursos culturales y naturales, de comunidades locales y de distintos regímenes de tenencia y uso de la tierra.

Hidrología: En el área protegida existen únicamente cuencas invernales, las cuales drenan hacia la laguna Yaloch y hacia el río Belice. No existe un sistema hidrológico permanente, pero hay manantiales en la zona.

Clima: El clima en esta zona es cálido húmedo. Aunque no hay registros climáticos en el sitio, los de Central Farm, Cayo, Belice, refieren temperaturas en invierno de 16-17° centígrados y en verano de 24-25° centígrados.

OCURRENCIA DE FENÓMENOS NATURALES EXCEPCIONALES

Los vecinos del área indican que, en la época de invierno, se presentan vientos muy fuertes, estos relacionados básicamente con los huracanes que azotan la zona.

Vegetación: En esta zona existen cuatro tipos de comunidades vegetales: 1) bosque de serranía, montaña bien drenada; 2) bosque de planicie, montaña poco drenada; 3) bosque de bajos de palmas, pobre drenada como escobal y corozal; y 4) Áreas pequeñas de bosque secundario o en regeneración resultado de ocupaciones en el pasado.

a) Bosque de serranía y planicie: Este se distribuye siguiendo el relieve escarpado de la parte sur (250-190 msnm). Son agrupaciones forestales densas, la altura promedio del dosel es de 25 metros. El bosque en la montaña posee las 20 especies de árboles dominantes de la selva Maya (Tabla 1).

b) Bosque de “bajos” o coroceras: La mayor parte de esta comunidad vegetal se encuentra alrededor del sitio, en el área central y hacia el noreste. Las palmas de corozo (*Attelea cohune*) se consideran indicadoras de parches susceptibles a inundaciones en época lluviosa. Aunque la altura media del dosel está entre 15 y 20 metros, en algunos lugares sobrepasa los 25 m de altura.

c) Bosque secundario o en regeneración: En la zona hay comunidades vegetales que ya han sufrido algún tipo de perturbación antropogénica o como consecuencia de incendios forestales. Estos presentan diferentes estados sucesionales (desde 1-20 años de edad) y se encuentran dispersos en toda el área. Las especies florísticas dominantes varían con la edad de la comunidad y son parte de la sucesión de la selva desde los claros hasta un dosel alto.

LAS IMÁGENES LIDAR Y DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS DE EL PILAR

En 2012 la empresa Anfield/Mayaniquel donó el registro por medio de sensores remotos (Tecnología LiDAR, Light Detection And Ranging) de la cobertura de los 20 km² que conforman el polígono de protección del sitio El Pilar. La recolección de datos LiDAR en El Pilar fue realizada por el contratista Airborne Imaging el 19 de abril de 2012 utilizando un escáner láser Leica ALS50 con una precisión horizontal reportada (95%) de 0.45 m, una precisión vertical (95%) de 0.30 m y una tasa de escaneo de 120 kHz. La unidad fue volada en un helicóptero Bell 206 B Jet Ranger III a una altura sobre el nivel del suelo de 330 m con un espacio entre líneas de 144 m. En general, el área muestreada fue de aproximadamente 25.8 km² y dentro de esta área hubo 581.7 millones de rebotes, lo que arrojó una densidad media de punto global de 23.7 retornos por metro cuadrado. Estos retornos se cuadrícularon a un DEM de resolu-

ción de 1 m, donde solo se retuvo el valor mínimo, eliminando así una gran parte de los retornos del dosel.

Este registro produjo imágenes de alta resolución, en la que cada pixel mide un metro por lado. La utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG) y del software ArcMap se han integrado a estas imágenes los mapas previamente levantados del sitio El Pilar desde 1998 hasta el presente año. Tenemos transectos desde el Río Belice al norte que incluye uno desde Bullet Tree Falls hacia El Pilar hecho en 1984 para el primer reconocimiento (Fig.2). Para El Pilar, los mapas topográficos levantados con estación total (Fig.3) y las brechas de reconocimiento del núcleo de El Pilar hecho en 2000-01. Ahora, nuestro trabajo de reconocimiento conjunto con LiDAR ya cubre cerca de 13 km² que equivalen al 65 % del total (Fig.4). La corroboración de los rasgos culturales observados desde las 1990s y 2000s a través de distintos métodos de mapeo se ha vaciado en una base de datos general con georeferenciación exacta. La exactitud y estandarización de la misma sirve de base para realizar estudios comparativos a nivel local y regional.

El análisis espacial de las imágenes LiDAR, y la sobre posición de los mapas arqueológicos permite comprender con mayor claridad la superficie terrestre de El Pilar, los asentamientos humanos, y su relación con la vegetación existente dentro y en los alrededores del polígono de protección. Los investigadores del Proyecto LiDAR El Pilar reconocen que “las imágenes LiDAR sólo constituyen una herramienta de gran utilidad en el estudio de un sitio o zona arqueológica. Y que, gracias a esta tecnología, y el sistema de geoposición global (GPS), se puede conocer con exactitud la localización de elementos de interés, sean rasgos naturales o culturales. El uso de standard-GPS Garmin 64s, facilita la visita de los puntos de interés, y contribuye considerablemente durante el reconocimiento del terreno, la creación de croquis y la realización de mediciones específicas.

La exacta georeferenciación de los rasgos culturales y elementos naturales es la base de la validación. *La corroboración de datos en el terreno es fundamental para comprender de mejor manera el potencial en los estudios de los patrones de asentamientos bajo el dosel de la selva Maya.*

IMPORTANCIA DE MAPEO TRADICIONAL Y USO DE TECNOLOGÍA LiDAR

En los tiempos actuales, la prospección arqueológica en la selva Maya presenta retos para encontrar sitios

arqueológicos. Las estrategias para asignar áreas han implicado investigaciones enfocadas en el muestreo de paisajes (como Carr y Hazard, 1961; Ford 2003; Puleston 1983) que pueden ser proyectados a través de áreas más amplias (Ford *et al.* 2009).

La aplicación de la tecnología LiDAR en zonas arqueológicas extensas está creando una revolución en la Arqueología Maya (Chase *et al.* 2012). Las distintas visualizaciones de la superficie de la tierra que produce la tecnología LiDAR, como la adecuada interpretación de las mismas, enriquece la comprensión de locaciones específicas y comparaciones a nivel regional.

En El Pilar, se utilizaron las imágenes denominadas Bonemap (Pingel *et al.* 2015) y Bare Earth entre otros. Estas imágenes reproducen la morfología natural de la superficie de la tierra y elementos / rasgos culturales que corresponden a vestigios arqueológicos, conjuntos monumentales, estructuras habitacionales y elementos del paisaje que deben ser comprendidas adecuadamente.

El análisis de estas imágenes, y la utilización del SIG, sirven de base para crear una nube de puntos de interés, puntos “GoTo”. El conocimiento previo de las coordenadas de cada punto potencializa su utilidad. Esto además de facilitar la visitación de determinados lugares, sirve de base en la identificación de los rasgos culturales (edificios grandes, montículos, terrazas, etc.), y su entorno. Es precisamente el reconocimiento de campo, y la observación directa de estos vestigios la que permite la validación arqueológica.

TECNOLOGÍA LiDAR: PROCEDIMIENTO DE REGISTRO Y CREACIÓN DE IMÁGENES DE LA SUPERFICIE TERRESTRE DE EL PILAR

LiDAR es un método de detección remoto con capacidad para penetrar las cubiertas de vegetación y los bosques. Esta tecnología crea imágenes de alta resolución con precisión espacial extraordinaria. Las imágenes LiDAR simultáneamente capturan la parte superior de la copa de un árbol, su biomasa y la superficie de la tierra en una nube de puntos.

La investigación de campo El Pilar tiene como objetivo general verificar la presencia y ausencia de construcciones prehispánicas que se observan en las imágenes LiDAR. Las fotografías aéreas enmarcadas en los límites de la Reserva Arqueológica El Pilar reflejan variaciones del uso del suelo en tiempos modernos. Pero las imágenes LiDAR reflejan registran rasgos de construcción, modificaciones a la superficie del terreno, es

decir el antiguo uso del suelo. Los reconocimientos que se realizan en El Pilar además de generar mapas a detalle, producen una base de datos confiable para la evaluación de antiguos patrones de asentamiento, que podrán ser re-visitados y re-evaluados gracias a su integración al SIG.

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN EL PILAR

La utilización de las imágenes LiDAR en la investigación arqueológica, su aplicación en los reconocimientos de superficie de áreas extensas hace necesario la creación de un protocolo adecuado y confiable. Es decir, la realización de una serie de pasos que permitan la validación de los elementos/rasgos de interés, como el rechazo de otros que fueron registrados como puntos “GoTo” en las imágenes LiDAR. La validación es el objetivo fundamental de este estudio, por lo que no se puede prescindir de la realización de recorridos a pie y del uso de navegadores GPS. La confiabilidad de la información y su interpretación se consolidan mediante el uso del SIG.

El protocolo aplicado por el Proyecto LiDAR El Pilar

El proceso de validación de los elementos/rasgos de interés en la investigación de campo de El Pilar requiere de la realización de tres fases.

La primera fase es la del desarrollo/proyección de los puntos a visitar, nombraba puntos “GoTo”. Estos puntos se interpretan de manera remota en la imagen “Bonemap”. La visualización se hace con SIG. Eso es la teledetección de los elementos para revisar en campo y análisis de Imágenes con sus propios ojos (Fig.5).

La segunda fase corresponde a la visita de los puntos de interés en el campo. La búsqueda en el campo se realiza por medio del conocimiento previo de sus coordenadas geográficas, la navegación se hace con la ayuda de los denominados GPS. Se examinan las locaciones de los puntos de interés buscados. La aceptación o rechazo (AóR) de los elementos buscados se anota al realizar la visita de campo y se describen sus características. Los rasgos arqueológicos se dibujan en croquis, el registro exacto se indica por medio de las series de puntos enumerados automáticamente por el GPS, aquí se anota la dimensión, orientación y se describen sus rasgos particulares. También notamos los 20 árboles dominantes de la Selva Maya (Tabla 2). De manera complementaria se indica, examina y anota el

nombre de los árboles dominantes, y otras plantas. En fin, eso incluye la inspección de puntos “GoTo” en el campo con una visita al lugar de interés. Eso necesita la navegación con un GPS estándar para determinar si los elementos de teledetección representan evidencias culturales (Fig.6).

La Tercera Fase corresponde a la descarga de la memoria de los navegadores, la digitación de las anotaciones hechas en campo y el dibujo a escala de los croquis. La consolidación de la información obtenida se realiza al examinar nuevamente la imagen LiDAR y corroborar que el mapa levantado a escala coincide con la visualización y la topografía, reflejada en el Bonemap (Ford 2014; Ford y Morales 2013, 2017b; Ford *et al.* 2016). Para cumplir esta fase se necesita compilar los datos de campo. Esto implica la descarga de la información de los navegadores GPS a la computadora que opera el SIG y la revisión y definición del mapeo que es la consolidación de información y validación final (Fig.7).

Capas temáticas

El protocolo del Proyecto LiDAR El Pilar lleva implícita la utilización de símbolos, una nomenclatura básica en los croquis de campo. Esta es trasladada a los mapas digitales para su visualización y cuantificación en las hojas electrónicas (Fig.7).

Visión de conjunto

La Reserva Arqueológica El Pilar para Maya Flora y Fauna incluyen una totalidad de 20 km². El centro con sus restos monumentales al este y oeste conforman el núcleo monumental de cinco partes desde esta al oeste: la Ciudadela, Nohol Pilar, Xaman Pilar, hacia Pilar Poniente (Fig.8). Hay una calzada que vincula estos conjuntos arquitectónicos con el conjunto monumental Pilar Poniente. En la parte media de la calzada hay un espacio hundido donde se localiza el tercer patio de juego de pelota del sitio.

Desde el 2013 al presente se ha realizado la validación de 1825 rasgos culturales presentes en ~13 km², que es el 65 % del área total de la reserva (Tabla 2). Estas se realizan a partir reconocimiento directo de una cuadrícula que reúne 475 segmentos de 200 m por 250 m por lado. Se identificaron 1,825 elementos distintos en el reconocimiento hasta 2018. Definidos seis complejos arquitectónicos de carácter monumental, 821 unidades residenciales (el promedio de 2.1 estructuras por unidad residencial y representan 49 unidades por km².),

82 *chultunob*, 114 trincheras de saqueo (la mayoría en sectores monumentales), 239 canteras, 86 aguadas/depresiones, 71 lugares de “túmulos” de pedernal, y 42 lugares de terrazas. Estos rasgos son semejantes a los que caracterizan las evidencias culturales de estructuras domésticas y complejos arquitectónicos administrativos observados en otras ciudades del área Maya.

CONSIDERACIONES FINALES

Comprender el potencial de LiDAR para la Arqueología en los trópicos será un proceso largo. La cobertura LiDAR viene con grandes cantidades de datos, las imágenes que hoy vemos en escalas de grises en nuestros datos. Son el reflejo de 25 retornos por láser por metro cuadrado, es decir un promedio de 25 millones de rebotes por kilómetro cuadrado. En una base de datos digital, esta información ocupa mucho espacio y resulta difícil de manipular con las computadoras promedio.

La experiencia adquirida durante nuestros análisis e interpretaciones de las imágenes LIDAR durante los últimos seis años nos permite decir que esta es una tecnología fabulosa. Estas imágenes han probado ser de gran utilidad en la búsqueda de rasgos culturales y naturales, pero de ninguna manera de ser considerada una vara mágica.

Su aplicación en la Arqueología de superficie requiere un plan de andar con las botas en el suelo. No cabe duda que estas imágenes facilitan la identificación de formas geométricas de escala monumental o arquitectura monumental y accidentes geográficos notables a simple vista con pirámides, ríos, y calzadas. Pero no ocurre lo mismo con la identificación de formas geométricas de escala menor que suelen corresponder a las unidades habitacionales, o rasgos de baja altura como los túmulos que son “berms” en inglés (berma en el campo) o agujeros tan pequeños como los chultunes y cuevas.

Es importante resaltar que las imágenes por si mismas no responden todas preguntas que plantean los estudios de antiguos asentamientos humanos. Y que las formas geométricas que estas registran en distintas escalas de manchas o elementos en el LiDAR deben ser observados directamente.

Hemos comprobado que los pixeles blancos pueden o no reflejar “espacios vacíos” o tan solo una parte de antiguas modificaciones hechas al terreno natural; suelo plano como en los bajos o la parte superior de una plataforma. En contraposición, también se observan zonas oscuras o grupos de puntos particulares que han sido nombradas “pox” que son anomalías que

pueden representar jambas de árboles muy altos, acumulación de semillas de corozo, troncos caídos, o datos malos en LiDAR. En otras palabras, los “falsos positivos” que sugieren las imágenes LIDAR, hacen necesaria la implementación de un protocolo de “validación”, que permita aceptar o rechazar “elementos ambiguos”, para ello es indispensable la observación directa del ojo humano.

El trabajo de campo no consiste simplemente en ingresar los puntos de destino en el GPS y luego navegar hasta dichos lugares. La adecuada identificación de los lugares visitados y de los rasgos observados, culturales o naturales, requieren de un protocolo estándar con procedimiento y registro estándar. La administración y ejecución de las tres facetas ya indicadas que incluye proyección de nube de puntos, visita de cada sitio, y su validación de clases de rasgos usando SIG.

Sin un protocolo definido, estos datos se vuelven rápidamente difíciles de manejar. Las grandes cantidades de datos que se generan a partir de proyectos LiDAR con datos de SIG y de campo se debe tener cuidado para garantizar su legitimidad.

En el estudio de patrón de asentamiento de El Proyecto LiDAR El Pilar, Hasta el día de hoy, hemos desarrollado y tratado de perfeccionar nuestro protocolo para validar en campo los puntos “GoTo” generados en el laboratorio, donde los puntos se identifican en visualizaciones LiDAR en el contexto de GIS, Nuestra estrategia de visualización usa el Bonemap, identificamos características en el paisaje como nuestros destinos de mapeo de campo.

Nuestra confianza en LiDAR crece con nuestras botas en el suelo. La experiencia adquirida proporciona una nueva forma de apreciar la naturaleza del bosque Maya y la importancia de comprender la Arqueología bajo el dosel. Nuestro nuevo Maya Forest Atlas (<http://marc-ucsb.opendata.arcgis.com/>) proporciona una vista de escala única, con nuestro LiDAR de El Pilar en la escala del sitio, datos geográficos a escala local del Río Belice y vistas a escala regional de todo el bosque Maya, estos datos se actualizarán a medida que trabajamos para completar la validación de la Reserva Arqueológica El Pilar para la Flora y Fauna Maya.

La verdad es que LiDAR no es hacer magia, la información que genera nuestra encuesta se ha favorecido en gran parte con esta tecnología. Hoy sabemos que hay mucho trabajo por hacer y podemos ver que nuestro trabajo en El Pilar será una base sólida para el arduo trabajo que los futuros arqueólogos del área Maya emprenderán en el futuro.

REFERENCIAS

- CARR, R. F. y J. E. Hazard.
1961 *Tikal Report 11: Maps of the Ruins of Tikal, El Petén, Guatemala*. University Museum Monographs. Philadelphia: University Museum University of Pennsylvania.
- CHASE, A. F.; D. Z. Chase, C. T. Fisher, S. J. Leisz, y J. F. Weishampel.
2012 Geospatial revolution and remote sensing LiDAR in Mesoamerican archaeology. *Proceedings of the National Academy of Science* 109:12916-12921.
- FORD, Anabel
1994 *Informe sobre el Mapa de El Pilar Guatemala*. IDAEH.
1998 *Una Ventana a la Distribucion de Asentamiento*. IDAEH.
2001 *Huellas a Traves del Paisaje: Informe de Campo El Pilar Temporada 2001*. IDAEH.
2003 *Crecimiento de Población y Complejidad Social: Asentamiento y Medio Ambiente en las Tierras Bajas Mayas. Vol. Monográfica 14. Miami: Plumsock Mesoamerican Studies/CIRMA*.
2014 Using Cutting-Edge LiDAR Technology at El Pilar Belize-Guatemala En *Discovering Ancient Maya Sites-There is Still a Need for Archaeology*. Research Reports in Belizean Archaeology 11:271-280.
- FORD, Anabel; Keith C. Clarke y Gary Raines
2009 Modeling Settlement Patterns of the Late Classic Maya with Bayesian Methods and GIS. *Annals of the Association of American Geographers* 99(3):496-520.
- FORD, Anabel y Paulino Morales
2013 Reconocimiento Arqueológico El Pilar: pruebas de LiDAR en el paisaje maya 2013. *Reporte de temporada 2013*. Instituto de Antropología e Historia. Ministerio de Cultura y Deportes.
2017 *Reporte de temporada*. Instituto de Antropología e Historia. Ministerio de Cultura y Deportes.
2017a El Pilar: 33 1/3 años de esfuerzo para la protección y conservación de una ciudad maya. En *XXIX Simposio De Investigaciones Arqueológicas, Guatemala*. e.p. (2017b) *Reconocimiento Arqueológico El Pilar: Un Nuevo Protocolo para reconocimientos con LiDAR*.
- FORD, A.; P. Morales y J. López
2016 Una Nueva Visión de Arqueología Bajo el Dose: Beneficios de la Tecnología LiDAR. En *XXIX Simposio De Investigaciones Arqueológicas, Guatemala*.
- FORD, Anabel y Sherman Horn III.
2017 El Pilar Monuments Retrospective and Prospective: Re-discovering El Pilar. *Research Reports in Belizean Archaeology* 14:87-95.
- FUNDACION NATURALEZA PARA LA VIDA (FNPV)
2004 *Plan Maestro Monumento Cultural El Pilar en la Reserva de la Biósfera Maya*. Protegidas: CONAP, Guatemala.
- PULESTON, D. E.
1983 *Tikal Report No.13: The Settlement Survey of Tikal. Vol. No. 13*. University Museum Monograph 48. Philadelphia: University Museum University of Pennsylvania.
- PINGEL, T. J.; K. C. Clarke y A. Ford
2015 Bonemapping: A LiDAR Processing and Visualization Technique in Support of Archaeology Under the Canopy. *Cartography and Geographic Information. Science* 42(S1): S18-S26.

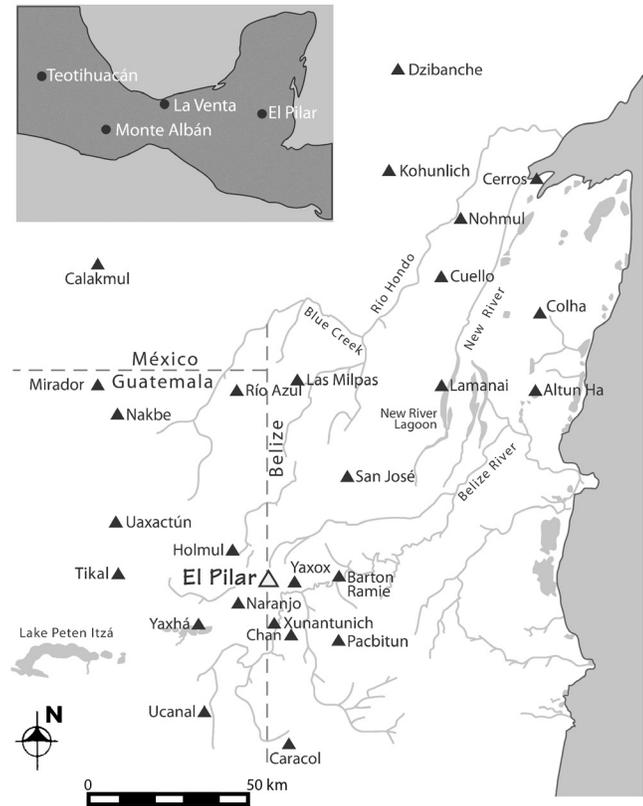


Fig.1. Ubicación de El Pilar en la Selva Maya.

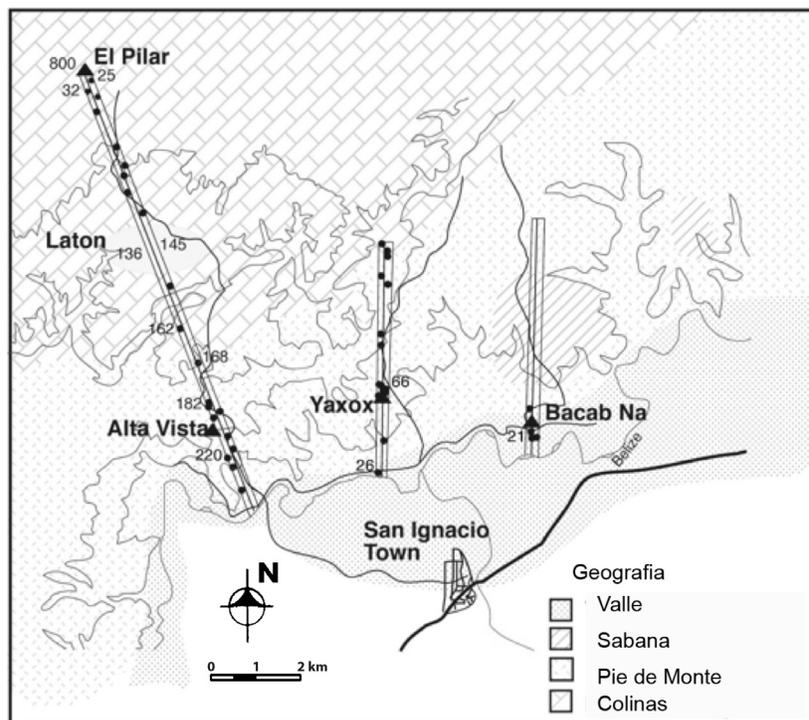


Fig.2. Geografía del Área de El Pilar con Transectos de Reconocimiento y Unidades Residenciales Excavados en Escala Grande.

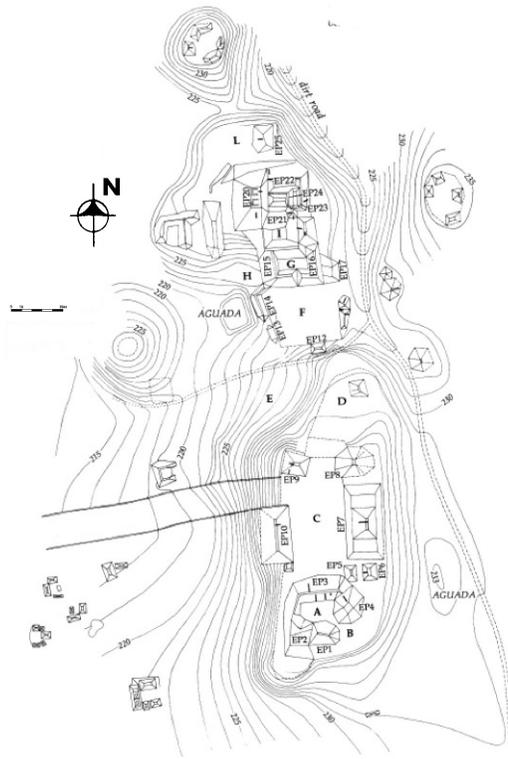


Fig.3. Mapa de El Pilar Desarrollado en 1986.

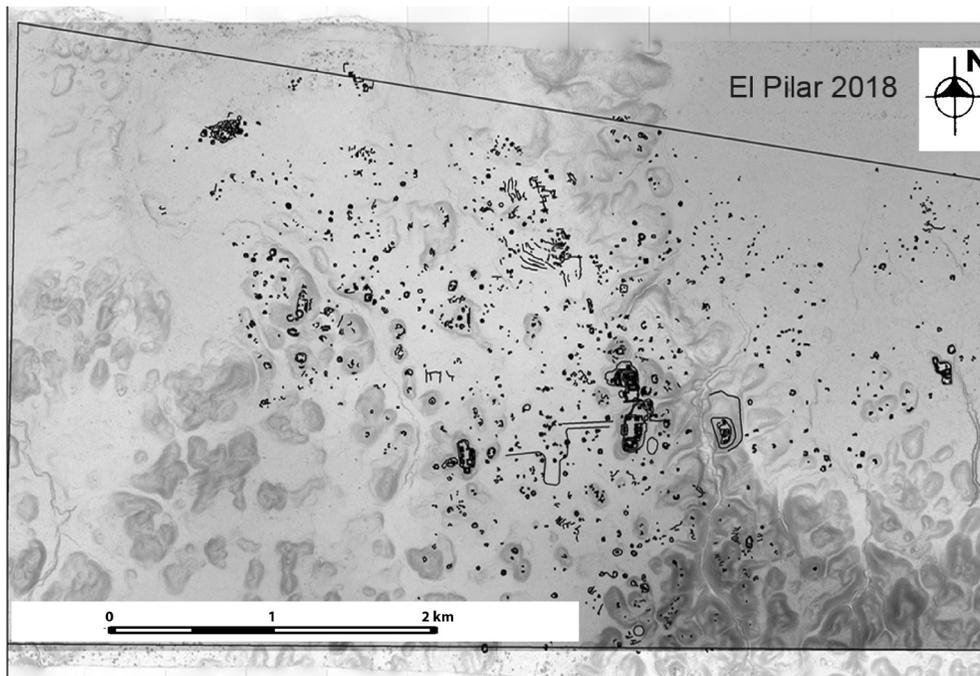


Fig.4. Imagen LiDAR de la Reserva Arqueológica El Pilar con la Cubertura desde 2018.

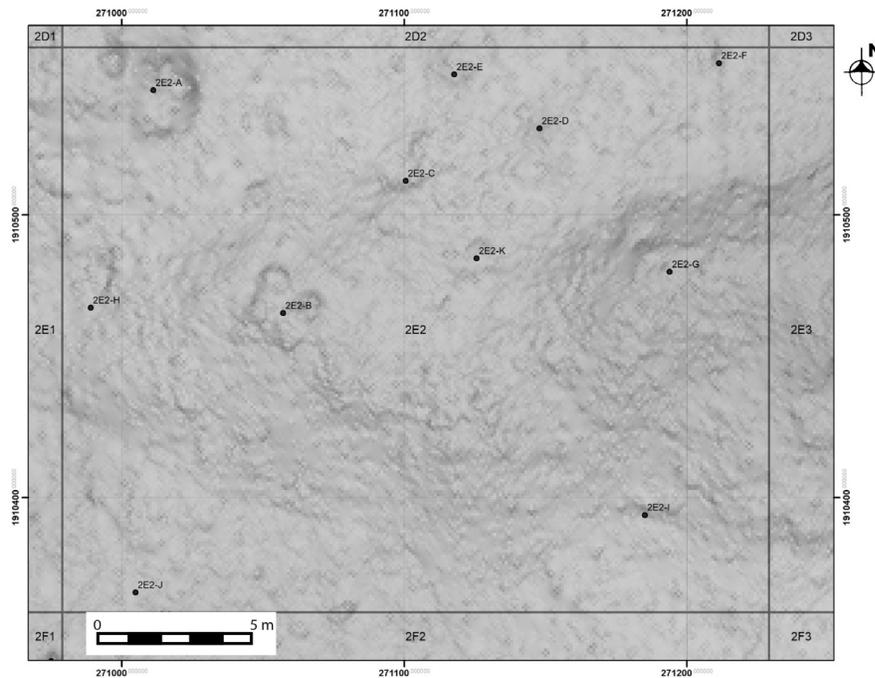


Fig.5. Cuadro 2E2 con los Puntos “GoTo” indicados.

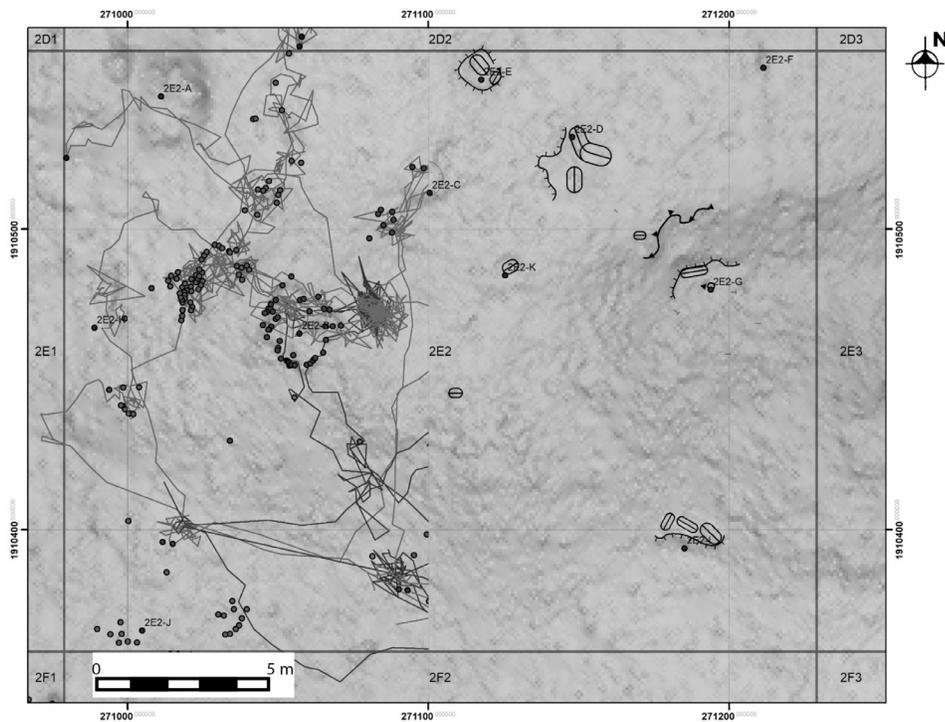


Fig.6. Líneas del trayecto de los GPS buscando los Puntos “GoTo” y Puntos de Mapeo a los Lugares Aceptadas en Cuadro 2E2.

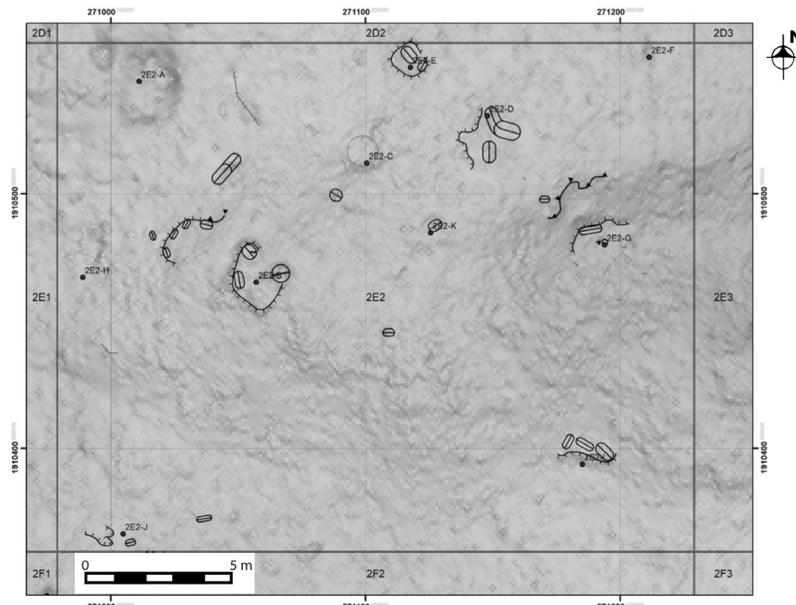


Fig.7. Ejemplos de Mapas de Cuadro 2E2.

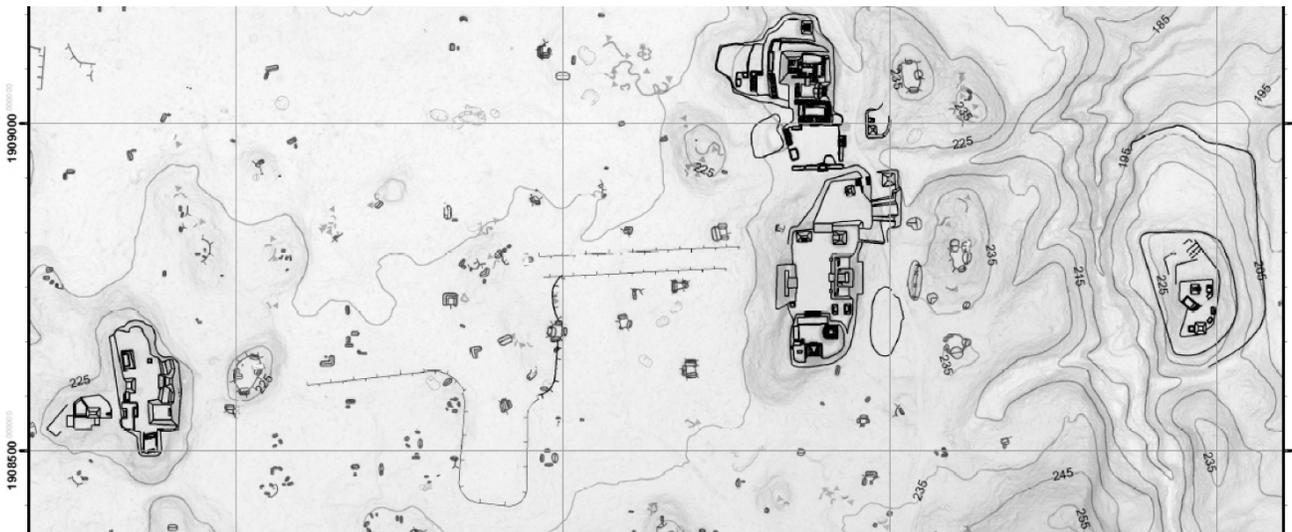


Fig.8. El Núcleo Monumental de la imagen LiDAR del sector monumental de El Pilar: al oeste El Pilar Poniente (Guatemala), al oeste el sector Xaman y Grupo La Ciudadela (Belice).