

68.

# EL ANÁLISIS GEOESPACIAL Y TRIDIMENSIONAL DE UNA CAPITAL MAYA: CALAKMUL, CAMPECHE

Terance L. Winemiller, Virginia Ochoa-Winemiller y William J. Folan Higgins

XXIX SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA

Museo Nacional de Arqueología y Etnología 20 al 24 de Julio de 2015

> Editores Bárbara Arroyo Luis Méndez Salinas Gloria Ajú Álvarez

#### REFERENCIA:

Winemiller, Terance L.; Virginia Ochoa-Winemiller y William J. Folan Higgins 2016 El análisis geoespacial y tridimensional de una capital maya: Calakmul, Campeche. En XXIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2015 (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 835-843. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

# EL ANÁLISIS GEOESPACIAL Y TRIDIMENSIONAL DE UNA CAPITAL MAYA: CALAKMUL, CAMPECHE

Terance L. Winemiller Virginia Ochoa-Winemiller William J. Folan Higgins

PALABRAS CLAVE Campeche, Calakmul, Sistemas de Información Geográfica, Análisis Tridimensional, Preclásico Medio al Postclásico.

#### Abstract

Today, archaeologists employ geographic information systems as a tool to capture and analyze data from survey and excavations on either a 2D or 3D perspectives. This paper presents the application of a 3D geographic information system (GIS) as an archaeological tool for the geospatial analysis of Calakmul, Campeche. Data analyzed included 3D architecture, associated features, as well as, artifacts recovered by the Autonomous University of Campeche research and Dr. William H. Folan team. Results from the integration of data are revealing a novel and more detailed perspective on the spatial and temporal analysis of this Maya capital.

#### Introducción

🔽 n los últimos 50 años, el desarrollo de nuevas tec-L'nologías ha transformado dramáticamente el reconocimiento y mapeo arqueológico, especialmente en las áreas de sistemas laser y satelital. Así mismo, la ingeniería computacional y de programación ha avanzado substancialmente desde la introducción de computadoras personales de bajo precio. Las operaciones que dependían del uso de niveles, tránsitos o brújula y cinta ahora se llevan a cabo de manera extremadamente precisa utilizando sistemas de posicionamiento globales (GPS) y estaciones totales laser robóticas. El impacto a la arqueología ha sido trascendental y necesario para su integración al mundo digital a través de la recolección y manejo de las bases de datos que se han implementado en los últimos 20 años. En el caso de los estudios arqueológicos espaciales, esta revolución se ha destacado por el empleo de la tecnología y los recursos geoespaciales en la adquisición y almacenamiento de datos espaciales, así como en el manejo, análisis y visualización de la variabilidad espacial y temporal a escalas

múltiples (Fig.1). En el pasado, la representación en dos dimensiones de los rasgos arqueológicos, las estructuras, los artefactos así como de las concentraciones de los mismos se solían analizar manualmente y después con el auxilio de las computadoras; ahora, se pueden transformar en superficies tridimensionales que se ubican geográficamente en realidades virtuales así como analizar estos datos en términos de sus relaciones de superficie a diferentes escalas. El incremento en el volumen de datos que es posible integrar en un sistema de información geográfico tridimensional depende del aumento en la cantidad de fuentes de datos y la estandarización de sus estructuras. Así también, la visualización del almacenamiento de datos en la nube está transformando la forma en que los arqueólogos pueden diseminar la información geoespacial hoy en día.

Este nuevo y variado medio ambiente tecnológico trae consigo problemas que van más allá de la materialidad del objeto de estudio arqueológico. Actualmente, la preocupación de los arqueólogos incluye no solo el estar actualizados con los cambios constantes en las tecnologías y métodos espaciales sino también con los sistemas de manejo de extensas bases de datos y de las tecnologías por las instituciones de investigación a las que están asociados. Conjuntamente, un número considerable de agencias subsidiaras de becas externas está favoreciendo proyectos con componentes multidisciplinarios que incluyen la colaboración de varias instituciones. Fundamentalmente, la amplia disponibilidad de datos de código abierto y del patrimonio, generados fuera de la arqueología, promueve la participación y fomenta la colaboración interdisciplinaria con el fin de resolver tanto problemas prehistóricos como contemporáneos. El uso de estas tecnologías y practicas también ha resultado en cambios ontológicos y empíricos en el análisis de la variabilidad y de las relaciones geoespaciales.

Sin embargo, ¿cómo los avances en la tecnología y perspectiva geoespacial han mejorado los análisis de los patrones de asentamiento arqueológico a nivel de sitio y regional y particularmente, como dichos avances facilitan el discernimiento de la distribución en patrón o al azar de la arquitectura, el medio ambiente constructivo y los recursos naturales en el sitio de Calakmul?.

# EL ESTUDIO DE LOS PATRONES DE ASENTAMIENTO

Como concepto, el patrón de asentamiento se define ampliamente como la uniformidad que se forma como resultado de la distribución de múltiples lugares donde la gente vive o vivió y desempeñó actividades; asimismo, incluye las regularidades en las relaciones de dichos sitios y sus actividades con ellos mismos y con otros rasgos en el medio ambiente (Kowalewski 2008). Para los arqueólogos, los lugares son frecuentemente sitios, que pueden representar áreas de actividad o asentamientos permanentes donde la gente modificó el medio ambiente con propósitos rituales, agrícolas u otros. Por lo menos, dos ramas científicas, la geografía y la antropología, proporcionan orientación teórica a las actividades que los arqueólogos llevan a cabo cuando investigan los patrones de asentamiento tanto al nivel micro como macro. En las Tierras Bajas Mayas, la perspectiva regional en el análisis de patrones de asentamiento permite vincular los patrones y las relaciones de sitios particulares dentro de un modelo regional de interacción. Actualmente, el medio ambiente teórico está aglomerado con modelos fallidos que constantemente tratan de entender el desarrollo de los asentamientos y el origen de la complejidad social en términos de modelos dominantes que se emplean en áreas culturales o regiones enteras sin considerar las particularidades de los sitios. Estos enfoques teoréticos han fallado porque no revelan un conjunto de condiciones comunes que ayuden a pronosticar la complejidad social.

Gordon Willey (1991) argumentó que el cambio vasto y simultáneo así como los horizontes comunes son parte de la arqueología del Nuevo Mundo. Sin embargo, históricamente los estudios de patrón de asentamiento en Mesoamérica han revelado trayectorias de desarrollos particulares e independientes que progresaron simultáneamente mientras que los sitios interactuaban con otros a un nivel regional. Un denominador común une todas las decisiones de localización humanas, esto es su relación con los medios ambientes físicos y sociales. Por lo tanto, la ecología cultural ayuda a entender las razones prácticas por las que los sitios surgieron, se desarrollaron y declinaron en ciertos lugares dentro de las regiones (Folan 1981; Folan et al. 1995; Gunn et al. 1995, 2002; Scarborough 1993; Winemiller 2003, 2007a, 2007b, 2011: Winemiller y Ochoa-Winemiller 2006, 2010). Igualmente, la tecnología en términos de las modificaciones al medio ambiente puede indicar la naturaleza de las sociedades que ocuparon localidades particulares (Siemens 2009; Siemens y Puleston 1972; Vargas Pacheco 1999; Benavides-Castillo 2001 y Matheny et al. 1983).

Un sistema de información geográfica (SIG) puede revelar la compleja relación entre la ubicación y los medios ambientes físicos y sociales. Los atributos significativos en el análisis bidimensional, a nivel intra e inter sitio de los patrones de asentamiento, incluyen la arquitectura, el volumen, la ubicación, el agrupamiento, los grupos característicos, la colindancia, el esparcimiento, la distribución de artefactos, las relaciones entre los rasgos físicos y las redes de interacción definidas por los vínculos de las calzadas. La escala tridimensional integra a los estudios de patrones de asentamiento la línea de visión, la cuenca visual, los patrones de drenaje así como el análisis volumétrico y las secuencias cronológicas. Además, en un sistema de información geográfica tridimensional, el investigador puede determinar interactivamente su perspectiva virtualmente desde cualquier posición en el sitio así como emplear la línea de visión y la cuenca visual para revelar las relaciones jerárquicas o de otro tipo que pudieron ser significativas para los antiguos habitantes de estas comunidades. El empleo de sistemas de información geográfica tridimensionales que preservan todas las características topológicas logra proporcionar puntos de vista así como experiencias interactivas que permiten entrever los paisajes constructivos de los antiguos Mayas en los cuales lo sagrado y lo secular eran uno y el mismo (Fig.2).

# LA BASE GEOESPACIAL DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

En un sistema de información geográfica analítico, las clases de objetos o rasgos existen como puntos, áreas o líneas. Dado que cada rasgo representa una entidad única y tiene un valor geométrico –X, Y así como múltiple valores Z- los datos relacionales pueden unirse a los rasgos en el sistema de información geográfica a través de un atributo común. Los valores de elevación se pueden registrar a nivel de nodos los cuales representan elementos significativos en la arquitectura del sitio como esquinas, escaleras y/o niveles. Si los datos originales se colectaron con una unidad GPS (sistema de posición global) que registra elevaciones sobre el nivel del mar -lo cual requiere un mínimo de cuatro satélites- la topografía del sitio se puede derivar de dichas posiciones. Una vez que los valores relativos de elevación se unen a los nodos de los objetos, los valores resultantes sirven para cubrir rasgos sobre el terreno plano en visualizaciones tridimensionales del sistema de información geográfica (Fig.3). Cuando se carece de elevaciones de nodo, los rasgos pueden extrudirse o derivarse sobre el terreno llano utilizando el aporte del usuario. Es en este momento del proceso de desarrollo de la visualización que se decide exagerar la elevación de los rasgos a derivarse sobre el terreno plano.

Los atributos como el estilo arquitectónico, los elementos arquitectónicos presentes, los entierros así como los artefactos asociados se pueden unir a entidades únicas del mapa. Para ese fin, los objetos del mapa, ya sean puntos, líneas o áreas, se codifican a fin de representar categorías variadas de arquitectura o rasgos. Esto permite al arqueólogo el crear un modelo de sitio a escala en un espacio virtual el cual preserva componentes reales cuantificables incluyendo las asociaciones significativas y el contexto. En esencia, el sistema de información geográfica proporciona un laboratorio virtual donde los investigadores pueden comparar características conocidas o ambientales, ya sea natural o cultural, con unidades del asentamiento específicas a varias escalas. El análisis se lleva a cabo a través de cuestionamientos espaciales o de atributo, o empleando funciones estadísticas que generan valores de nuevos atributos basados en variables de reciente derivación.

La naturaleza topológica del sistema de información geográfica permite a los usuarios el identificar las características de los asentamientos que de otra manera hubieran permanecido sin detectar con el uso tradicional de métodos visuales y gráficos en la identificación de patrones y agrupamientos. Cuando un sistema de información geográfica ha sido adecuadamente diseñado, los rasgos culturales tienen la misma relación situacional y dimensional que sus homólogos en el mundo real. Hoy en día, los arqueólogos utilizan el diseño de los sistemas de información geográfica para lograr dos objetivos: el análisis espacio-temporal así como su visualización.

Los sistemas de información geográfica tradicionales crean capas correspondientes con las fases cronológicas, mientras que la transformación 4D integra las clases de objetos constituyentes en una sola capa preservando la integridad topológica de la transformación. Así también, los investigadores pueden crear visualizaciones tridimensionales de los sitios arqueológicos o agregados de sitios en el espacio virtual, los cuales preservan o no las relaciones geo-espaciales del mundo real. Si el análisis geo-espacial es el elemento esencial dentro de los objetivos de investigación, los rasgos se pueden integrar totalmente en un medio ambiente topológicamente estructurado que preserva la convergencia, la conectividad y continuidad, así como la veracidad vertical y horizontal de sus homólogos en el mundo real. Dentro de este modelo, la escala vertical puede exagerarse a fin de mejorar y al mismo tiempo preservar las medidas de proporción dentro de la geometría de nodo-arco.

Actualmente, el uso de los sistemas de información geográfica basados en objetos proporcionan a los arqueólogos la habilidad de construir composiciones analíticas o visualizaciones independientes que facilitan las representaciones artísticas de los rasgos del sitio además de la posibilidad de cuestionar remotamente las relaciones o aproximaciones entre diferentes formas de datos físicos o sociales tanto a la escala de grupo residencial, agrupamiento, sitio y/o regional. El diseño referido anteriormente como topológicamente estructurado tiene el potencial de revelar asociaciones y relaciones no identificadas, hasta el momento, entre las unidades de asentamiento y su contexto físico o cultural.

# DESARROLLANDO UNA VISIÓN TRIDIMENSIONAL PARA CALAKMUL

Los cartógrafos de la Institución Carnegie de Washington, D.C., llevaron a cabo el reconocimiento y mapeo

de porciones de Calakmul en abril de 1932 (Ruppert y Denison Jr. 1943) (Fig.4). 50 años después un proyecto bajo la dirección de William J. Folan continúa y finaliza el mapeo del sitio. El mapa representa un total de 87 meses de trabajo de campo entre abril de 1983 y julio de 1989. Una versión final del mapa de Calakmul se publicó en 2001 por Folan (Folan et al. 2001). El mapa de Calakmul completado por Folan et al. (2001) es considerado como una de las representaciones más completas de una antigua comunidad Maya. Además de la cartografía, los miembros del proyecto recabaron datos de elevación de más de 6,500 estructuras y rasgos. Folan y su equipo también obtuvieron una gran cantidad de datos de atributos en forma tabular los cuales se han integrado en el sistema de información geográfica para la elaboración de representaciones tridimensionales más precisas de los rasgos arquitectónicos.

La habilidad de visualizar complejas relaciones geoespaciales desde la perspectiva original de los antiguos habitantes de Calakmul y en algunas instancias cuantificar esas interrelaciones es lo que distingue un sistema de información geográfica tridimensional de otras herramientas analíticas que los arqueólogos pueden utilizar en el análisis de asentamientos prehistóricos. El sistema de información geográfica diseñado para Calakmul puede llevar a cabo operaciones de visualización en 3D y 4D que preservan la fidelidad geo-espacial de las entidades proyectadas en el mapa y permiten preservar la capacidad iterativa diseñada en las tecnologías modernas.

# Métodos para la creación del Sistema de Información Geográfica Tridimensional de Calakmul

El mapa de Calakmul elaborado por Folan et al. (2001) se compone de varias imágenes fusionadas en mosaico (Fig.5). Las operaciones principales necesarias para llevar a cabo este procedimiento incluyen la recolección de un número suficiente de puntos de control precisos a fin de orientar los mapas de papel, el escaneo y geo-referencia de los mapas de sitio existentes y el establecimiento de ligas ("links") dinámicas entre los datos espaciales y no espaciales en la base de datos relacional. La geo-referencia o registro significa el incorporar la proyección y las coordenadas geográficas de los rasgos tanto en las imágenes del mapa como en la colección de datos tipo vector. La geo-referencia de los mapas depende de la veracidad geo-espacial de los datos originales. Por ejemplo, si un mosaico de una imagen de

satélite cubre una vasta área, el error en la veracidad se distribuye sobre un área más extensa y probablemente también en altitud.

El método desarrollado por Winemiller (2003) para la identificación de puntos de control tiene el potencial de producir veracidad a nivel de centímetros para todas las posiciones geográficas recolectadas dentro de una región o sitio de interés. Si el mapa utilizado para el desarrollo de la base cartográfica en el sistema de información geográfica contiene errores, los mismos impactarán negativamente la integridad Geoespacial del proyecto.

El mapa impreso que sirve de base para el sistema de información geográfica 3D de Calakmul se completó bajo la dirección del William J. Folan et al. (2001). Los hojas cartográficas se escanearon y almacenaron como archivos TIFF para ser geo-referenciados utilizando coordenadas recolectadas por Winemiller en 2001 durante las operaciones de campo en Calakmul. Se utilizó una unidad recolectora de datos GPS tipo Trimble GeoXT para registrar posiciones por cada punto de control en el terreno previamente seleccionado (Winemiller 2003). En el paso final del proceso de registro, las posiciones de control se igualaron con sus homólogos en la imagen del mapa, el mapa se registró y exportó como archivo tipo Geotiff. Finalmente, se digitalizaron todo los rasgos de los mapas registrados como clases de objeto y se convirtieron a formato raster en GeoMedia Grid.

El primer paso de la elaboración de un modelo 3D es convertir las curvas de los niveles de elevación a un modelo de elevación digital (DEM). Los montículos fuera del centro del sitio también se integraron al modelo DEM. Los rasgos sustractivos como por ejemplo aguadas y canales se convirtieron a valores negativos y se fusionaron con el DEM. Debido a la gran cantidad de montículos fuera del núcleo del sitio, se desarrolló un procedimiento para su integración en el DEM como objetos positivos. Se le proporcionó al proyecto una base de datos en formato Microsoft Excel conteniendo las dimensiones horizontales y verticales. Los valores de elevación derivadas de los datos de Folan et al. (2001) fueron utilizados para elaborar la zona de amortiguamiento negativo, la cual se alisó con varios algoritmos y fusionó con el modelo de elevación digital. Dado que la escala en un sistema de información geográfica es variable, no se necesita incorporar la exageración vertical en la representación. Los objetos se proyectarán en términos de sus dimensiones reales en relación a otros objetos en el sistema de información geográfica a cualquier escala. Utilizando el mapa de Folan et al. (2001) así como las medidas incluidas en la base de datos, la arquitectura monumental y los montículos en el centro del sitio fueron extruidas o cubiertas sobre el modelo. Folan y su equipo proporcionaron un mapa adicional mostrando la posición conocida de una calzada localizada entre Calakmul y el Mirador, rasgo que también se integró en el sistema de información geográfica. El producto final es la visualización interactiva del sitio que se visualiza en Terra Explorer (TE), en el cual se puede observar con precisión la longitud, la latitud y la elevación de los rasgos.

# COMENTARIOS FINALES

Al inicio de esta presentación, se propuso que los estudios de los patrones de asentamiento deben enfocar cada asentamiento dentro su espacio físico e historia social particular. El sistema de información geográfica es un documento vivo que puede modificarse a fin de incluir las futuras investigaciones. Mientras nueva información se descubre y añade a la base de datos relacional, las pruebas de relaciones funcionales facilitarán el desarrollo de un mejor entendimiento de los asentamientos tanto a la escala micro como macro.

El sitio de Calakmul presenta problemas únicos relacionados principalmente con el número sustancial de estructuras y plataformas –en exceso de 6,000– que requieren digitalización así como el codificado de sus atributos esenciales (Fig.6). Sin embargo, el SIG de Calakmul está funcionalmente completo y proporciona a los investigadores la oportunidad para el análisis y la visualización tridimensional del sitio lo cual no estaba disponible previamente a su incepción.

En el estudio de los patrones de asentamiento, el sistema de información geográfica de Calakmul proporciona una base para la investigación de los elementos físicos y sociales, ya documentados o en espera de serlo, que pudieron tener un impacto significativo en la vida de los antiguos habitantes del sitio o que quizás influyeron su modo de dispersión residencial así como el de la cultura material en el paisaje. Las aplicaciones del sistema de información geográfica con capacidad tridimensional como el creado para Calakmul son un recurso que está permitiendo entender la naturaleza de las decisiones que influenciaron la selección de sitios, la definición del significado de lugar, su trayectoria de desarrollo, las relaciones entre sitios y regiones y la decadencia de los mismos.

Actualmente, los autores están colaborando con investigadores de tecnología tridimensional interactiva

a fin de darle al público en general la oportunidad de abrir el sistema de información geográfica e interactuar virtualmente con los rasgos y estructuras del sitio. En este medio ambiente virtual, los visitantes podrán subir las escaleras de la estructura 2 y apreciar el sitio en su totalidad tal y como se percibiría en la realidad desde cualquier ámbito en la estructura.

#### **AGRADECIMIENTOS**

El sistema de información geográfica (SIG) de Calakmul es un proyecto colaborativo que incluyó el apoyo de varias personas e instituciones. Se agradece particularmente a Jacinto May Hau, Raymundo Gonzalez Heredia, Maria del Rosario Domínguez Carrasco, y Larraine Fletcher por sus aportaciones y comentarios durante el escaneo y digitalización del mapa de Calakmul. Así también, es necesario reconocer el apoyo institucional de la Universidad Autónoma de Campeche (UAC), el programa de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Organización de Normas Científicas de Bélgica (BELSPO), GIM y Auburn University Montgomery (AUM).

#### REFERENCIAS

BENAVIDES-CASTILLO, A.

2001 La Temporada 2000 del Proyecto Edzna. En XI Encuentro Internacional Los Investigadores de la Cultura Maya, Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, Mexico.

FOLAN, William J.

1981 Comments on the Late Postclassic Eastern Frontier of Mesoamerica: Cultural Innovation along the Periphery by J. Fox. *Current Anthropology* 22:336-337.

FOLAN, Willam J.; Joyce Marcus, Sophia Pincemin, Maria del Rosario Dominguez Carrasco, Larraine Fletcher y Abel Morales Lopez

1995 Calakmul: New Data from an Ancient Maya Capital in Campeche, Mexico. *Latin American Antiquity*, 6(4):310-334.

FOLAN, William J.; Larrane A. Fletcher, Jacinto May Hau, y Lynda Florey Folan

2001 Las Ruinas de Calakmul, Campeche, México: Un Lugar Central y su Paisaje Cultural. Centro de Investigaciones Históricas y Sociales. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

Gunn, Joel D.; W. J. Folan y H. R. Robichaux

1995 A Landscape Analysis of the Candelaria Watershed I Mexico: Insights into Paleoclimates affecting Upland Horticulture in the Southern Yucatan Peninsula Semi Karst. *Geoarchaeology* 10:3-42.

Gunn, Joel D.; E. Foss, W. J. Folan, M. d. R. Dominguez Carrasco y B. B. Faust

2002 Bajo Sediments and the Hydraulic System of Calakmul, Campeche, Mexico. *Ancient Mesoamerica* 13:297-315.

# KOWALEWSKI, Stephen A.

2008 Regional Settlement Pattern Studies. *Journal of Archaeological Research* 16(3):225-285.

MATHENY, Robert T.; D. L. Gurr, D. W. Forsyth y R. Hauck

1983 Investigations at Edzna, Campeche, Mexico: The Hydraulic System. Papers of the New World Archaeology Foundation, No. 46, Brigham Young University Press, Provo.

# RUPPERT, Karl y J. L. Denison Jr.

1943 Archaeological Reconnaissance in Campeche, Quintana Roo, and Peten. Carnegie Institution of Washington Publication 543. Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C.

## SCARBOROUGH, Vernon L.

1993 Water Management in the Southern Maya Lowlands: An Accretive Model for the Engineered Landscape. Research in Economic Anthropology 7:17-69.

## SIEMENS, A. H.

2009 Un Río en Tierra Maya. En IX Encuentro Internacional Los Investigadores de la Cultura Maya, Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, Mexico.

# SIEMENS, A. H. y D. E. Puleston

1972 Ridged Fields and Associated Features in Southern Campeche: New Perspectives on the Lowland Maya. *American Antiquity* 37(2):228-239.

Vargas Pacheco, E.

1999 Itzamkanac y Acalan: Tiempos de Crisis, Anticipando el Futuro. Tesis de Doctorado, Instituto Nacional de Antropología e Historia, SEP, México, D.F.

## WINEMILLER, Terance L.

2003 Water Resource Management by the Ancient Maya of Yucatan, Mexico. Ph.D. Dissertation, Department of Geography and Anthropology, Louisiana State University, UMI.

2007a The Chicxulub Meteor Impact and Ancient Locational Decisions on the Yucatán Peninsula, Mexico: The Application of Remote Sensing, GIS, and GPS in Settlement Pattern Studies. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, 2007 Annual Proceedings, pp. 80-90. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Washington, D.C.

2007b La Investigación de Asentamientos Prehistóricos en Yucatán, México: El uso de los Sistemas de Información Geográfica Para Resolver Problemas Arqueológicos. Los Investigadores de la Cultura Maya 15, Tomo II: 421-434. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

2011 Recovering Past Perspectives: Using Intergraph GeoMedia Professional, Grid, and GeoMedia 3D to Integrate Historical Data into 3D GIS. Hexagon International Conference 2011, Orlando, FL.

WINEMILLER, Terance L. y Virginia Ochoa-Winemiller 2006 GIS in Archaeology: The Human - Environment Interface of Maya Settlements. Geomatics Information and Management International 20(1): 47-49.

2010 Archaeological Survey of Peripheral Settlements on the Southern Margins of Mesoamerica: Using Laser Total Stations, GPS, and GIS to Map Ancient Settlements in Eastern Honduras, C.A. Proceedings of the 2009 Technical Conference ASPRS American Society for Photogrammetry and Remote Sensing – MAPPS Management Association for Private Photogrammetric Surveyors, Digital Mapping: from Elevation to Information. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Washington, D.C.

## WILLEY, G. R.

1991 Horizontal Integration and Regional Diversity: An Alternating Process in the Rise of Civilization. *American Antiquity* 56:197-215.

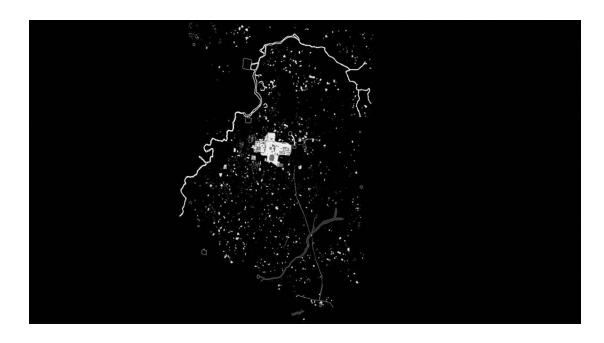


Fig.1: Sistema de Información Geográfica bidimensional (2D) del Sitio de Calakmul.

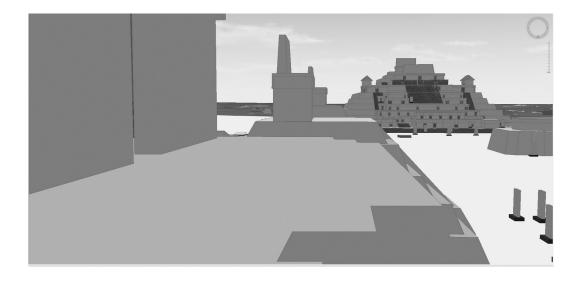


Fig.2: Perspectiva geoespacial del Sitio de Calakmul en el Sistema de Información Geográfica.



Fig.3: Asignación de los Valores Z de los Vértices en el SIG 3D utilizando Intergraph GeoMedia.

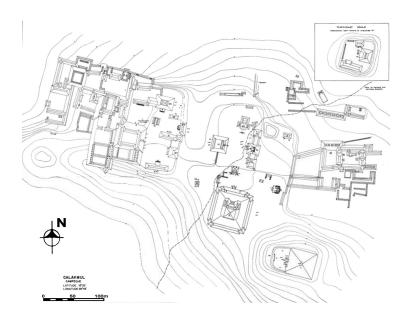


Fig.4: Mapa de Calakmul, elaborado por los miembros de la Expedición Carnegie circa 1920 (Carnegie Institution, Washington, D.C).

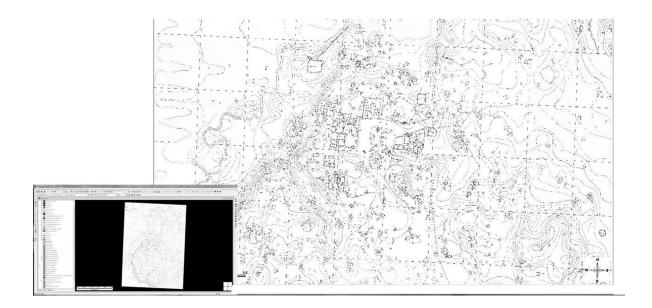


Fig.5: Mapa del sitio de Calakmul (Tomado de Folan et al. 2001).

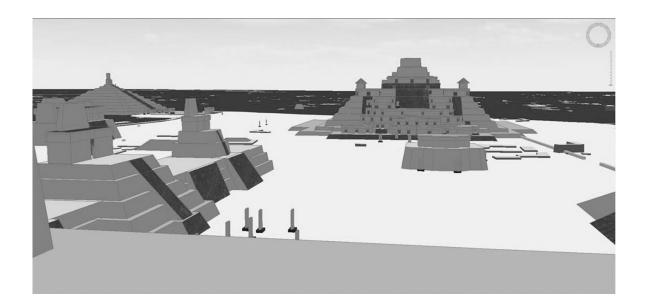


Fig.6: Sistema de Información Geográfica 3D de Calakmul, la escala es variable.