



8.

**LA APLICACIÓN DE SISTEMAS
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS (SIG)
EN LA CUENCA MIRADOR, PETÉN,
GUATEMALA**

Josué Roberto García Valdez y Edgar Suyuc Ley

XXX SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA

MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA Y ETNOLOGÍA
18 AL 22 DE JULIO DE 2016

EDITORES
BÁRBARA ARROYO
LUIS MÉNDEZ SALINAS
GLORIA AJÚ ÁLVAREZ

REFERENCIA:

García Valdez, Josué Roberto y Edgar Suyuc Ley
2017 La aplicación de Sistemas de Información Geográficos (SIG) en la Cuenca Mirador, Petén, Guatemala.
En *XXX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, 2016 (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas
y G. Ajú Álvarez), pp. 119-136. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS (SIG) EN LA CUENCA MIRADOR, PETÉN, GUATEMALA

Josué Roberto García Valdez
Edgar Suyuc Ley

PALABRAS CLAVE

Área Maya, Cuenca Mirador, Sistemas de Información Geográfica, Herramientas CAD, modelo vectorial, modelo raster.

ABSTRACT

The spatial study is one of the most important issues of archeology today, in guatemalan archeology he is slowly ceasing to be a “non-traditional archeology”, the implementation of computer systems for archaeological administration and management is increasingly essential; in this sense within the spantial study GIS have become a necessary tool. The area known as The Mirador Basin it has so far 137 archaeological sites, this amount of this sites and the dimensions of many of them driving to propose a methodology GIS, with the objective of generating discussion and understanding of what this territory.

Los SIG son: “Una tecnología... para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y presentar datos espaciales referenciados” (Moreno 2008:4). Dentro del ámbito bibliográfico su definición es diversa y su atinada enunciación dependerá de su fin último, es decir; si se acentúa en su carácter de representación gráfica de los datos georreferenciados, como medio de análisis puntual, como medio de análisis predictivo o como base datos para la gestión pública, económica, de salud, de patrimonio para este caso en específico, etc.

Más allá de entender que es un SIG, por ser un término muy amplio, es mejor entender qué no lo es. Su homólogo más cercano son las herramientas CAD, a pesar que en la actualidad se puede referenciar objetos, su mayor diferencia es su lógica inicial; un CAD no está pensado para manejar la información de todo un país, continente o el planeta entero, ni tampoco para gestionar esta información. La lógica principal de un CAD es crear y lo almacena como dibujo, por lo que un CAD no puede trabajar los datos provenientes de una teledetección; como por ejemplo: trabajar las distintas bandas de una imagen infrarroja. En ambos casos se puede

importar y exportar la información, pero no toda la información SIG la puede reconocer un CAD. Lo importante es tener claro que ninguna de estas herramientas es superior una de otra, lo importante es tener claro los objetivos de trabajo para saber que herramienta utilizar.

Es esta necesidad de representar un dato tangible o intangible dentro de un área determinada ha hecho que los SIG sean una aplicación informática en incremento de uso, tanto en las Ciencias Naturales como en las Ciencias Sociales; ya sea para dar a entender un fenómeno en específico, comprender el mismo o predecirlo, lo que aconteció o lo que puede acontecer.

Partiendo de lo anterior y de los trabajos partea-guas de Willey (1965), Hodder y Orton (1976) y Clarke (1977), con respecto a los análisis del patrón de asentamiento como del estudio espacial o Arqueología del Paisaje; donde al añadir distintos métodos estadísticos y la unidad espacial es un factor importante de estudio. Da cabida que a partir de la década de los 80's los SIG sean una herramienta de análisis y gestión necesaria en la arqueología moderna, donde congenian de forma integral los datos arqueológicos y su contexto; así como la

necesidad de resguardar y preservar el patrimonio cultural y natural de cada nación.

LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AL ÁREA MAYA

Fuera del aspecto económico de forma sintética la aplicación de los SIG al Área Maya se puede analizar desde tres perspectivas: a) el desarrollo de la tecnología SIG; b) la incidencia de las universidades y entidades públicas en la investigación arqueológica; c) el desarrollo de los distintos focos de investigación y teorías arqueológicas dentro de esta área; c

El desarrollo de la tecnología SIG

La primera experiencia relevante en esta dirección la encontramos en 1959, cuando Waldo Tobler define los principios de un sistema denominado **MIMO** (map in-map out) con la finalidad de aplicar los ordenadores al campo de la cartografía. En el establece los principios básicos para la creación de datos geográficos, su codificación, análisis y representación dentro de un sistema informatizado. Estos son los elementos principales del *software* que integra un SIG, y que habrán de aparecer en todas las aplicaciones desarrolladas desde ese momento.

El primer Sistema de Información Geográfica formalmente desarrollado aparece en Canadá, al auspicio del Departamento Federal de Energía y Recursos. Este sistema, denominado **CGIS** (Canadian Geographical Information Systems), fue desarrollado a principios de los 60 por Roger Tomlinson, quien dio forma a una herramienta que tenía por objeto el manejo de los datos del inventario geográfico canadiense y su análisis para la gestión del territorio rural.

El Harvard Laboratory en 1964 desarrolla **SYMAP** un aplicación que permitía la entrada de información en forma de puntos, líneas y áreas y en 1969 desarrolla **GRID**; un programa en el que la información es almacenada en forma de cuadrículas.

En 1978 la empresa ERDAS adapta para la PC un *software* de análisis de imágenes denominado **IMG-GRID** y comienza a distribuir este junto con un hardware relativamente asequible para uso personal. El ERDAS 400 System se convierte así en el primero de su clase con esas características. Paralelamente, ArcInfo, de la compañía ESRI, se convierte en 1981 en el primer SIG que alcanza el ámbito de los ordenadores personales. Será también un producto de esta compañía,

ArcView, el que en 1991 popularizó el SIG como herramienta de escritorio. A mitad de los 80, ArcInfo y ERDAS comienzan a distribuirse de forma conjunta en un producto comercial que integra el análisis vectorial con el tratamiento de imágenes dentro del entorno de un PC (Olaya 2014).

Como tipos de SIG solo existen dos, los modelos vectoriales, aquellos que representan los diversos elementos naturales y no naturales mediante formas geométricas (puntos, líneas, polígonos); y los modelos raster, que representa estos elementos mediante celdas de pixel en una imagen.

La diversidad de *software* GIS dependerá de estos dos modelos, ya que según el modelo será el tipo de análisis que se pueda realizar. Existen programas que analizan estos dos tipos de información y otros que solo se especializan en uno, por ejemplo solo analizan imágenes. La segunda gran diferencia será que muchos de ellos tendrán aplicaciones similares pero difieren en que algunos casos que son exclusivos solo para ordenadores, teléfonos móviles ó solo la internet, otros ofrecen estos tres en un mismo programa, dependiendo las necesidades comerciales que las empresas deseen atender y hacia qué sector se quieran dirigir los programadores de *software* libre, que en la actualidad han proliferado más y su sector más creciente es el de la internet y geowebs.

En este sentido enumerar los programas de SIG que existen en la actualidad es casi una tarea imposible, por ello se hace la siguiente tabla (Tabla 1) que muestra los *softwares* más utilizados hasta el momento.

En una primera instancia se puede notar como ha crecido los *softwares* libres, que si se hace la comparativa en esta tabla es el 50% dentro de los más utilizado, igualmente el crecimiento acelerado del uso de estos programas en la red, y el inicio del segmento de su uso en los teléfonos móviles, aunque sus aplicaciones sean más limitadas de lo que se puede hacer en un ordenador.

Como se puede notar los *softwares* comerciales se especializan más en un tipo de modelo, estos ofrecen más aplicaciones y permiten análisis más especializado que los de *software* libre. Por el momento como *software* más completo de todos es ArcGis de ESRI, ya que fue el primero de ellos iniciando en el mercado a inicio de los 80'S, esta ofrece una gran gama de herramientas, presenta mejoras constantes desde su inicio por lo cual le permite tener más compatibilidad con otros programas, e intercambio de información.

| Software GIS | Licencia | | Modelo | | Entorno | | | | |
|--------------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|----------|-------|-------|-----|
| | Comercial | Libre | Vectorial | Raster | Ordenador | | | Tel. | Web |
| | | | | | Windows | Mac Os X | Linux | Móvil | |
| ArcGis | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| QuantumGIS | | X | X | X | X | X | X | | X |
| IDRISI | X | | | X | X | | | | |
| ERDAS | X | | | X | X | | | | |
| gvSIG | | X | X | X | | | | X | X |
| GeoServer | | X | X | X | | | | | X |
| MapServer | | X | X | X | | | | | X |
| Autodesk Map | X | | X | | X | | | | X |
| Google Earth | X | X* | X | X | | | | X | X |

X* la versión libre que ofrecen no tiene todas las aplicaciones del comercial.

Tabla 1. Se muestran los *software* más utilizados en los SIG, entorno, tipo de licencia y los modelos que manejan en sus aplicaciones.

La incidencia de las universidades y entidades públicas en la investigación arqueológica

En 1987 se celebra la I Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIB-SIG), mucho de los estudiosos del SIG consideran a este evento como la columna vertebral del uso de los SIG en América Latina; evento que es auspiciado por la Unión Geográfica Internacional (UGI).

Este primer evento se celebra en Costa Rica y la Universidad Estatal de Ohio, a través de Duane Marble, distribuye gratuitamente para la actividad académica el sistema raster OSU MAP-for-the-PC (versión 2.0) y ESRI fomenta las primeras solicitudes de donaciones. Es así como a finales de 1987 diferentes universidades de la región comenzaban a recibir gratuitamente el sistema vectorial PC Arc/Info (versión 3.2.1). A través de estos sistemas fue posible comenzar a ver los primeros proyectos de aplicación (Buzai y Robinson:2013).

Como se puede observar en la Tabla 2, de los países que conforman el Área Maya, solo México ha participado en este importante evento, esto se ve reflejado que en los pensum de estudio no se imparta este conocimiento el cual solo puede ser adquirido a nivel de maestría en las Facultades de Agronomía o Ingeniería, mas no otras de las Ciencias Sociales como es el caso específico de la arqueología; esta ausencia se ve reflejada de igual forma en las instituciones públicas que velan por el patrimonio. Por tal motivo cuando se hace

notar su aplicación es por investigadores que pertenecen a otras universidades principalmente de Estados Unidos.

El Desarrollo de los distintos focos de investigación y teorías arqueológicas en el área maya

Willey desarrolló el estudio y análisis espacial, poniendo en práctica sus estudios por primera vez en el Área Maya a comienzos de los años 60s en el Valle del Río Belice, estudió los asentamientos mayas de Barton Ramie, Xunantunich, Floral Park y Baking Pot (Willey *et al.* 1965). Fue él quien acuñó el término Patrón de Asentamiento, que “Se refiere a las viviendas, a su arreglo, y a la naturaleza y disposición de otros edificios concerniente a la vida de la comunidad. Estos asentamientos reflejan el ambiente natural, el nivel de tecnología en el cual los constructores funcionaron, y a varias instituciones de interacción social y control que la cultura mantuvo. Porque los patrones de asentamiento son, en gran parte, directamente formados por necesidades culturales muy frecuentes, y ofrecen un punto de partida estratégico para la interpretación funcional de las culturas arqueológicas” (Willey 1953:1).

A mediados de los años 60s (Fry 1969) se aplica la técnica de transecto para ver la concentración habitacional y de ocupación dentro de un sitio y de un sitio con relación a otro. Al conocer más la totalidad del asentamiento de las ciudades mayas crecía el co-

| Participación porcentual de ponencias por países (1999-2009) | | | | | | |
|--|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Países participantes | Países organizadores | | | | | |
| | VII CONFIBSIG Venezuela, 1999 | VIII CONFIBSIG Brasil, 2001 | IX CONFIBSIG España, 2003 | X CONFIBSIG Puerto Rico, 2005 | XI CONFIBSIG Argentina, 2007 | XII CONFIBSIG Costa Rica, 2009 |
| Iberoamérica | | | | | | |
| Argentina | 14.58 | 9.93 | 2.94 | 2.99 | 57.72 * | 5.17 |
| Brasil | 4.17 | 87.12 * | 1.96 | 2.99 | 11.38 | 3.45 |
| Chile | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.72 |
| Colombia | 14.58 | 0.00 | 0.98 | 2.99 | 1.63 | 0.00 |
| Costa Rica | 6.26 | 0.00 | 0.00 | 4.48 | 0.81 | 25.86 * |
| Cuba | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11.93 | 0.00 | 1.72 |
| Ecuador | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.81 | 3.45 |
| España | 2.08 | 1.52 | 79.41 * | 22.38 | 13.83 | 20.70 |
| México | 4.17 | 0.00 | 2.94 | 7.46 | 3.25 | 15.53 |
| Nicaragua | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.45 |
| Panamá | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.99 | 0.00 | 0.00 |
| Perú | 0.00 | 0.00 | 0.98 | 0.00 | 0.81 | 0.00 |
| Puerto Rico | 0.00 | 0.00 | 0.98 | 35.82 * | 0.81 | 5.17 |
| Uruguay | 0.00 | 1.52 | 0.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Venezuela | 50.00 * | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.25 | 8.62 |
| Otros | | | | | | |
| Alemania | 0.00 | 0.00 | 0.98 | 1.49 | 0.00 | 0.00 |
| Canadá | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.49 | 3.25 | 1.72 |
| Italia | 2.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.72 |
| Portugal | 0.00 | 0.00 | 7.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| USA | 2.08 | 0.00 | 0.00 | 2.99 | 2.45 | 1.72 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

* Valor máximo de cada evento (por columna)

Tabla 2. Participación porcentual de ponencias por países a partir del VII al XII CONFIBSIG (tomado de Buzai y Robinson 2013: 10 y 11).

nocimiento de su complejidad, por lo que se dio el surgimiento de otras teorías para su comprensión y explicación de su complejidad social. Los trabajos de Fox (1977) se centran en una antropología urbana, al conocer el carácter habitacional; ceremonial y administrativo se hacen reconocimientos más intensos. A partir de los años 90s se aplica el reconocimiento por cobertura total, identificando atributos más específicos y recursos del área (Cowgill 1990:249-260; Laporte y Mejía 2000), este estudio permite un enfoque diacrónico del sitio y sincrónico de relativos aspectos entre sitios.

A este se le puede sumar la aplicación de los distintos modelos geográficos como lo son el Modelo de Gravedad, la Teoría del Lugar Central, Polígonos de Thiessen, el Análisis del Vecino más Próximo y últimamente el concepto de Entidades Políticas segmentadas y no segmentadas.

Estos trabajos marcan una tendencia en la investigación arqueológica dentro del Área Maya, es por ello que a partir de los años 90s se puede identificar la aplicación de los modelos SIG a esta zona cultural (ver Tabla 3 y Fig.2).

CUADRO GENERAL DE INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS DENTRO DEL ÁREA MAYA QUE HAN IMPLEMENTADO LOS SIG COMO METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN*

| Año | Autores | Institución ó Proyecto | Técnicas de trabajo | Estudio aplicando SIG | Modelo SIG | | Extensión del Estudio | | | Área de Estudio |
|------|-----------------------|---|--|--|------------|---------|-----------------------|----------------|----------------|--|
| | | | | | Véctorial | Ras-ter | Sitio | Micro Regional | Macro Regional | |
| 1989 | Dunham <i>et al.</i> | - | Cartointerpretación Fotointerpretación | Localizacional, Sociedades complejas | X | X | X | | | Sur de Belice |
| 1996 | Estrada y Kosakowsky | Proyecto Arqueológico Santa Rosa, 1995 | Fotografías aéreas Mapas análogos | Localizacional Reconocimiento regional | X | | X | | | Depart. de Santa Rosa; Guatemala |
| 1997 | Estrada <i>et al.</i> | Proyecto Arqueológico Santa Rosa, 1996 | Fotografías aéreas Mapas análogos | Localizacional Reconocimiento regional | X | | X | | | Depart. de Santa Rosa; Guatemala |
| 1998 | Estrada <i>et al.</i> | Proyecto Santa Rosa, 1997 | Fotografías aéreas Mapas análogos | Localizacional, Sociedades complejas Reconocimiento regional | X | | X | | | Depart. de Santa Rosa y Jutiapa; Guatemala |
| 2001 | Quintana y Würster | AVA | Vectorización de datos de campo | Atlas de sitios arqueológicos | X | | X | | | Noreste de Petén, Guatemala |
| 2001 | Hall <i>et al.</i> | Proyecto Profuturo-Copán Asociación Copán CEMCA | Fotointerpretación Vectorización de datos de campo | Arqueología del paisaje | X | | X | | | Sitio Copán |
| 2001 | Anaya Hernández | - | Cartointerpretación Localización nacional | Organización territorial | X | X | X | | | Región del Usumacinta, México |
| 2002 | Viel y Hall | Proyecto Profuturo-Copán | Bibliográfico Fotointerpretación Cartointerpretación | Desarrollo de un sistema de información geográfica | X | X | X | | | Sitio Copán |

| Año | Autores | Institución ó Proyecto | Técnicas de trabajo | Estudio aplicando SIG | Modelo SIG | | Extensión del Estudio | | | Área de Estudio |
|------|-----------------------|--|--|---|----------------|-------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--|
| | | | | | Vecto- rial | Ras- ter | Sitio | Micro Regional | Macro Regional | |
| 2002 | Anaya Hernández | Proyecto Pomona | Cartointerpretación Fotointerpretación Localizacional | Organización territorial | X | X | X | | | Sitio Pomona y Panhale, México |
| 2002 | Frederick Bove | National Science Foundation | Vectorización de datos de campo | Atlas de sitios arqueológicos | X | | | | X | Costa del Pacífico de Guatemala |
| 2004 | Barbara Arroyo | Universidad de San Carlos de Guatemala | Bibliográfico | Uso de los SIG en la arqueología | | | | | X | Costa del Pacífico de Guatemala |
| 2004 | Laporte <i>et al.</i> | Atlas Arqueológico de Guatemala | Vectorización de datos de campo | Atlas de sitios arqueológicos | X | X | | | X | Sureste de Petén, Guatemala |
| 2005 | Juan Pedro Laporte | IHAH | Bibliografía | Interpretación arqueológica | X | X | | | X | Área Maya |
| 2005 | Laporte y Mejía | Atlas Arqueológico de Guatemala, IHAH | Fotointerpretación Cartointerpretación Vectorización de datos de campo Localizacional | Organización territorial y política | X | X | | | X | Sureste y Centro-Oeste de Petén, Guatemala |
| 2005 | IHAH | IHAH | Fotointerpretación Cartointerpretación Vectorización de datos de campo | Plan de Manejo | X | X | X | | | Sitio Copán |
| 2007 | Thomas G. Garrison | Harvard University | Sensores Remotos Fotointerpretación Cartointerpretación Vectorización de datos de campo | Identificación de ciudades antiguas y adaptabilidad a la región | X | X | | X | | Sitio de San Bartolo y Xultun |

| Año | Autores | Institución ó Proyecto | Técnicas de trabajo | Estudio aplicando SIG | Modelo SIG | | Extensión del Estudio | | | Área de Estudio |
|------|-----------------------|---|--|---|----------------|-------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--|
| | | | | | Vecto- rial | Ras- ter | Sitio | Micro Regional | Macro Regional | |
| 2007 | Webster <i>et al.</i> | Proyecto Los Tèrraplenes de Tikal | Fotointerpretación Vectorización de datos de campo | Reconocimiento Estudio de suelos Atlas de asenta- mientos | X | X | X | X | | Sitio Tikal |
| 2007 | Estrada y Koch | Proyecto Arqueo- lógico Holmul, Boston University | Fotointerpretación Sensores remotos | Interpretación arqueológica | X | X | | X | | Sitio Holmul |
| 2009 | Morales <i>et al.</i> | Proyecto Cuenca Mirador / FARES | Fotointerpretación | Asentamiento, Localización de grupos arquitectó- nicos, Modi- ficación del paisaje | | X | | X | | Sitio El Mirador |
| 2009 | Morales | Proyecto Cuenca Mirador / FARES | Fotointerpretación Cartointerpreta- ción Vectorización de datos de campo | Análisis de siste- ma hidráulico | X | X | X | | | Sitio El Mirador |
| 2009 | CONAP <i>et al.</i> | CONAP, DGPCN, CE- CON | Cartointerpreta- ción | Plan de Manejo | X | X | X | | | Parque Nacional Mirador-Río Azul y Bioto- po Protegido Naachtun-Dos Lagunas |
| 2011 | MCD <i>et al.</i> | MCD, PACU- NAM, FARES, Global Heritage Fund, Dyett & Bathia | Fotointerpretación Cartointerpreta- ción Vectorización de datos de campo | Plan de desarrollo arqueológico | X | X | X | | | Sitios del Siste- ma Cultural y Natural Mirador |
| 2011 | Velásquez López | Proyecto Ar- queológico Holmul | Fotointerpretación | Arqueología del paisaje | | X | X | | | Sitio Cival |

| Año | Autores | Institución ó Proyecto | Técnicas de trabajo | Estudio aplicando SIG | Modelo SIG | | Extensión del Estudio | | | Área de Estudio |
|------|-----------------------|------------------------------------|--|---|----------------|-------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | | Vecto- rial | Ras- ter | Sitio | Micro Regional | Macro Regional | |
| 2013 | Mauricio y Morales | Proyecto Cuenca Mirador / FARES | Fotointerpretación | Localización de grupos arquitectó- nicos, Reconocimiento | | X | X | | | Sitio El Mirador |
| 2013 | Agurcía <i>et al.</i> | IHAH | Cartointerpre- tación Vectorización de datos de campo | Plan de Manejo | X | | X | | | Sitio Copán |

*En esta tabla se toma en cuenta únicamente los trabajos que han utilizado al SIG como herramienta de análisis, mas no como herramienta de levantamiento 3D.

Tabla 3. Investigaciones arqueológicas dentro del Área Maya que han implementado los SIG como herramienta de análisis.

A partir desde estas tres perspectivas de forma diacrónica se puede observar la implementación de los SIG, desde las teorías del Lugar Central donde las investigaciones se centraban principalmente en los sitios mayores y casi exclusivamente el área central o la monumentalidad del mismo; hasta los actuales conceptos de Entidades Políticas donde las actuales investigaciones tienen una visión más regional de la dinámica cultural maya (Tabla 3).

LOS SIG EN LA CUENCA MIRADOR

La Cuenca Mirador se encuentra en la región de las Tierras Bajas Mayas del Centro, sobre la vertiente del Atlántico y el Golfo de México correspondiendo a las cuencas de Río Hondo, Usumacinta, Candelaria y sub Cuenca Río San Pedro (Alvarado 1994:113-137, MARN 2011), situado en el área norcentral de Petén.

En 1987 se funda PRIENPEG (Proyecto Regional de Investigaciones Arqueológicas del Norte de Petén, Guatemala), desde su inicio se formó con una visión regional y sus primeras investigaciones se centraron en Nákbe; las excavaciones revelaron datos sumamente importantes de la ocupación temprana en el área lo cual motivó excavaciones intensivas hasta 1998. Dicho proyecto realizó varias investigaciones mayores en sitios aledaños a El Mirador enfocándose en los sitios de Tintal, La Muralla, Zacatal, Wakna, La Florida, Pedernal, La Isla y una secuencia de sitios ubicados por Donald Forsyth entre la Aguada Zacatal y el sitio Ramonal, los resultados de estas investigaciones proveyeron nuevos e interesantes datos acerca de la evolución y el desarrollo de la Cultura Maya en esta región de las Tierras Bajas Mayas (Hansen 1992:81-96; 2000:71-108). A partir de ello el Proyecto Arqueológico Cuenca Mirador ha dirigido siete importantes estudios SIG específicos en el área, estos son:

Empleo de Estación Total

En 1989 Richard Hansen fue el primer arqueólogo en Guatemala de utilizar el sistema Estación Total en el mapeo de Nakbe. Esta tecnología permitió una gran adición a los análisis de volúmenes arquitectónicos, Rutas Optimas, mapas y perspectivas en 3-D con una precisión milimétrica (Fig.3).

Análisis de Imagen Satelital LandSat

En 1993 Gilberto Alvarado (1994:120-121) realiza un estudio de campo y de interpretación de la imagen

satelital LandSat, ayudando a entender lo que ahora conocemos como La Cuenca Mirador; explicando la diferencia fisiográfica y de cuencas hidrográficas entre el este y oeste de Petén, y que la región de la plataforma de Yucatán está dividida por una montaña que se desprende desde el macizo montañoso que circunda al propio lago de Petén Itza y que tiene una dirección hacia el este con alturas de 400-500 msnm. Esta área tiene características que desde su inicio no es muy alta y va en constante diseminación hasta que se vuelva internacional y luego desaparece en la planicie. Esta área separa a las cuencas del Río Candelaria y la del Río San Pedro que drena al Golfo de México con las cuencas de los ríos Tikal y Hondo que drena hacia el Oeste Atlántico, representando la separación entre estas dos vertientes y se considera un macrosistema diferente.

Análisis de Sistema Hidráulico

En 2008 el Dr. Craig Argyle (2008:487) empezó un análisis sobre los sistemas de la captación de agua, iniciando el estudio de la gran plaza al norte de la pirámide de Tigre en El Mirador; descubriendo un importante friso que forma una piscina que hace alusión a los héroes gemelos relatados en el libro del *Popol Vuh*. En 2009 Carlos Morales (2009) realizó un importante estudio de análisis de sistema hidráulico en el sitio de El Mirador, donde se resaltan distintos sistemas para el manejo y uso de este importante recurso adentro de la ciudad identificando canales y reservorios, fuera de la ciudad bajos y arroyos (Fig.4).

Fotointerpretación, Reconocimiento y Localización de Grupos Arquitectónicos

De este se tienen dos trabajos importantes realizados en la periferia del sitio El Mirador. El primero en el 2009 (Morales *et al.*:2010) en Sacalero, en este trabajo se analizaron fotografías infrarrojas en las que se identificaron varios rasgos que posteriormente fueron confirmados en campo dando como resultado el mapeo y reconocimiento de Sacalero como un grupo periférico de El Mirador. El segundo se realizó en 2012 (Mauricio y Morales 2013) aplicando el mismo procedimiento en el sector oeste y este de El Mirador.

Plan de Desarrollo

FARES (Foundation for the Anthropological Research and Environmental Studies) junto a otras instituciones

como lo el Ministerio de Cultura y Deportes, PACUNAM y otras organizaciones desarrollaron el Plan de Desarrollo Arqueológico Circuito Carmelita Mirador 2011-2016 (Ministerio de Cultura y Deportes *et al.*: 2011). Carlos Morales y Cándida Tacam, bajo la dirección de PACUNAM, desarrollaron varios mapas para este plan de desarrollo, estos van desde el contexto regional, áreas de planificación, identificación de la vegetación, sistema hídrico, sistema cultural, vulnerabilidades, áreas de manejo, etc. En este caso se hace uso de los SIG como medio de gestión cultural eficiente.

Análisis de la Ruta más Óptima

En el 2015 se presenta un estudio que habla sobre la organización territorial de los sitios del sureste de la Cuenca Mirador a partir del análisis cerámico (García 2015). En él se hace uso de los SIG como medio de apoyo para entender esta dinámica regional aplicando el análisis de la ruta más óptima entre dos sitios mayores, al interpolar los sitios bajo estudio se hace notar su importancia como sitios intermedios de la ruta más óptima entre ambos sitios mayores que corresponde a la dinámica geopolítica del periodo Clásico (ver Fig.5).

Mapas para la Gestión Cultural

Desde el 2006 Joseph Thompson, como Director de Planificación de FARES, ha realizado importantes mapas que ayudan a entender la Cuenca Mirador como un área cultural y natural importante de esta zona, así como identificar distintos factores que la amenazan u otros de índole más académica como la identificación de suelos del área; donde si se hace una comparativa con el mapa de 1959 de Simons al actual de Thompson se puede observar grandes diferencias y el poder de la nueva información geológica (Hansen y Suyuc 2016:26).

Empleo de Tecnología LIDAR

En 2015, Dr. Richard Hansen y la Fundación FARES, junto con la National Geographic y la Mirador Conservation Trust iniciaron el proyecto más grande de LIDAR hasta la fecha con el mapeo de 700 km² en el centro de la Cuenca Mirador. Tal estudio fomentó la identificación de 100% de cada plataforma, estructura, canal, dique, aguada, calzada, puente, sitios y otras áreas de actividad en la zona. Este estudio, con una precisión sin antecedentes, permitirá evaluar la información junto con los SIG de una manera coordinada y precisa.

PROPUESTA DE UNA BASE DE DATOS GIS

Como se puede observar su uso es muy diverso, como herramienta de apoyo es muy determinante en la toma de decisión. La Cuenca Mirador posee hasta el momento 137 sitios arqueológicos, 83 sitios mapeados, los restantes se tienen conocimiento de ellos identificados a nivel de puntos GPS por parte del Ministerio de Cultura y Deportes sin conocer la totalidad de su extensión. El Proyecto Arqueológico Cuenca Mirador ha tenido incidencia científica en 54 de ellos, es decir; se cuenta con un mapa y en varios casos se cuenta con pozos de sondeo, análisis de trincheras de saqueo y rescate de vasijas completas y semi-completas. De esta cantidad de sitios se pueden mencionar 15 sitios considerados como de primer orden, las dimensiones de muchos de ellos y su evidencia cultural impulsan a proponer una metodología SIG para su tratamiento, con el objetivo de generar discusión y entendimiento de lo que significa este territorio.

De estos 54 sitios se ha escogido en pequeño número como propuesta inicial; para este caso en específico los sitios que se encuentra dentro la Concesión Forestal La Gloria (ver Fig.6). De esta forma se pueden identificar sus ventajas y desventajas sin tener la complejidad de sitios como El Mirador.

Objetivos

Realizar una base de datos de índole relacional con variables espaciales, al aplicar los distintos modelos geográficos SIG se pueden aportar importantes reconstrucciones e interpretaciones sobre el patrón de asentamiento y su cambio a través del tiempo; así como su dinámica regional.

Unidades de Análisis

Para el área de la Cuenca Mirador ya se han reconocido una serie de elementos arquitectónicos que dan forma a la ciudad y que pueden reflejar la complejidad de los sitios, estos conjuntos son: Acrópolis de tipo Tría-dico, Informal o Palacio; Complejo del Tipo Grupo E; Patios para el juego de pelota; Unidades Habitacionales Complejas; Grupos Terminales o Avanzadas Administrativas y Calzadas (Mejía 2012:86).

Estas unidades de análisis se integran al SIG y otros rasgos culturales y ambientales como: *chultunes*, cante-ras, cerámica, formación de terrazas, aguadas, cuencas fluviales, datos topográficos, puntos GPS (Sistema de

Posicionamiento Global), entre otros (Laporte y Mejía 2005:15).

Tipología de la información

Las fuentes de información o recursos de información, son los instrumentos base para llevar a cabo cualquier investigación. Su importancia es que de su tratamiento se puede transmitir y generar nuevo conocimiento, para este trabajo en específico es importante resaltarlo ya que se trata de relacionar dos variables; los datos SIG y los datos arqueológicos para generar una representación o análisis de esta información (ver Fig.7).

Base de Datos Relacional y Diseño Aplicativo

La Geodatabase se compone de dos entidades: a) Geo-gráfica; b) Sitios. Estas se relacionan entre si identificadas por su código único o ID, lo que permite que la información no se duplique; permitiendo así identificar a una estructura a que área, grupo y sitio pertenece, como también con qué periodo cronológico se le asocia y materiales arqueológicos asociados a él. Por la naturaleza de sus datos es una forma de catalogación cultural por ello se hace uso también de las categorías CDWA (Categories for the Description of Works of Art) y CCO (Cataloging Cultural Objects).

- a) Data Geográfica: esta se compone de dos data clases de archivos o mapas. El primero es el de fisio-grafía que sería el relieve del país y el segundo es el mapa de Departamentos y municipios, este lógicamente guarda los límites políticos e información monográfica de cada uno; como por ejemplo: extensión del municipio, población, aldeas y caseríos, etc.
- b) Data de Sitios: esta se compone de tres data clases de archivos o mapas. La primera es el mapa de Puntos de los Sitios, la segunda de mapa de Sitios y el tercero de mapa de Análisis de Saqueos. (ver Fig.8).

El mapa de Puntos de los Sitios consta de 34 datos entre ellos rango del sitio, cronología de ocupación, nombre y código único, si posee polígono de protección o no; son datos generales del sitio (ver Fig.9 y 10). El mapa de Sitios es el corazón de la base de datos, en él se vectoriza la información del sitio y se hace una topología de esta información, se incluyen los datos de las unidades de análisis ya descritas anteriormente. El mapa

de Análisis de Saqueos consta de 15 datos entre ellos la tipología del tipo de saque, observaciones, rasgos arquitectónicos asociados, bibliografía de referencia, y tres campos de fotografía una que incluye al saqueo mismo, otra de sus rasgos arquitectónicos asociados si tiene y otra si en ella se realizó algún tipo de rescate como lo es un entierro o si se han recuperado algún tipo de vasija.

COMENTARIOS FINALES

Dentro del Área Maya diversos son los sitios donde se ha aplicado algún tipo de modelo SIG, pero escasos son aquellos donde se ha aplicado una misma base de datos SIG para el análisis de más de un sitio o estudio de la dinámica de asentamiento de una región.

De forma esquemática lo que se pretende es contar con un soporte informático de los sitios que conforman la Cuenca Mirador, la difusión cultural bajo cualquier tipo de formato, tener una idea más apegada a la realidad del bien cultural que se posee. De forma mediática su rápido control y manipulación de la información, donde se puede presentar de forma temática y accesible de entender la información para cualquier tipo de público. En conjunto, queda demostrado como se puede resolver interrogantes sencillas y buena calidad de sus datos presentados, sus límites son escasos y sus alcances dependen de sus objetivos planteados desde un principio.

REFERENCIAS

- ALVARADO, Gilberto
1994 Aspectos Ecológicos del Norte del Petén, Guatemala. En *Investigaciones Arqueológicas en Nakbe, Peten: El Resumen de la Temporada de Campo de 1993* (editado por R. D. Hansen), pp. 113-138. UCLA. FARES, Idaho.
- ARGYLE, J. Craig
2008 Investigación de los Sistemas de Recolección de Agua en El Mirador, Operación 610 de A-L". En *Informe de Temporada 2007, Investigaciones y Conservación en los Sitios Arqueológicos de la Zona Cultural Mirador, Tomo I* (editado N. M. López), pp.487 Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.
- BUZAI, Gustavo D. y David J. Robinson
2013 *Sistemas de Información Geográfica en América Latina (1987-2010): Un análisis de su evolución académica Basado en la CONFIBSIG*. En http://www.inegi.org.mx/eventos/2011/Conf_Ibero/doc/MagistralBuzai-Robinson.pdf
- CLARKE, David
1977 *Spatial Archaeology*. London. Academic Press.
- COWGILL, George L.
1990 Toward Refining Concepts of Full-Coverage Survey. En *The Archaeology of Regions: A Case for Full-Coverage Survey* (editado por S. Fish y S. Kowaskewski), pp.249-260. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.
- FOX, Richard
1977 *Urban Anthropology*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- FRY, Robert E.
1969 *Ceramic and settlement in the periphery or Tikal, Guatemala*. Tesis de Doctorado, University of Arizona, Tucson.
- HANSEN, Richard D.
1992 El Proceso Cultural de Nakbe y el Área del Petén Nor-Central: Las Épocas. En *V Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1991* (editado por J. P. Laporte y H. L. Escobedo y S. de Brady), pp.81-96. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
2000 Ideología y Arquitectura: Poder y Dinámicas Culturales de los Mayas del Periodo Preclásico en las tierras Bajas. En *Arquitectura e Ideología de los antiguos Mayas: Memoria de la Segunda Mesa redonda de Palenque* (editado por S. Trejo), pp.71-108. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- HANSEN, Richard D. y Edgar Suyuc L. (eds.)
2016 *Mirador, tomo I*. Fundación FARES de Guatemala, Guatemala
- HODDER, Ian y Clive Orton
1976 *New Studies in Archaeology: Spatial analysis in archaeology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- LAPORTE, Juan Pedro y Héctor Mejía
2000 *Registro de sitios arqueológicos del sureste de Petén*. Reporte No.14, Atlas Arqueológico de Guatemala. Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.

2005 *La organización territorial y política en el mundo Maya Clásico: El caso del sureste y centro-oeste de Petén, Guatemala*. Instituto de Investigaciones Históricas, Antropológicas y Arqueológicas. Escuela de Historia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

MARN

2011 *Cuencas Hidrográficas de Guatemala*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala.

MORALES-AGUILAR, Carlos; Douglas Mauricio, Enrique Hernández, Marvin Prado, César Maldonado

2009 Exploraciones y Mapeo Arqueológico en Sacalero, El Mirador, Guatemala: Reporte de Campo 2009. En *Investigaciones Arqueológicas en la Cuenca Mirador, Informe Final de la Temporada 2009* (editado por H. Mejía). Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, Guatemala.

MAURICIO, Douglas y Carlos Morales-Aguilar

2013 Reconocimiento y mapeo en los sectores oeste y este de El Mirador, Petén Temporada de Campo 2012. En *Investigaciones Arqueológicas En La Cuenca Mirador: Informe Final De La Temporada 2012* (editado por L. Fergusson Velásquez), pp.341-384. Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, Guatemala.

MCD, PACUNAM, FARES, Comisión de Turismo de la Cooperativa Integral de Comercialización de Carmelita, Global Heritage Fund, Dyett & Bathia, Ministerio de Cultura y Deportes, Patrimonio Cultural y Natural Maya, Foundation for Anthropological research and Environmental Studies

2011 *Plan de Desarrollo Arqueológico Circuito Carmelita Mirador 2011-2016*. Consultores María Elena Molina Soto, Luz Midilia Marroquin Franco y Carlos Morales-Aguilar.

MORALES-AGUILAR, Carlos

2009 El Sistema Hidráulico de El Mirador, Petén, Guatemala: Una perspectiva general. En *Reporte Interno, Proyecto Arqueológico Cuenca Mirador-FARES*. Guatemala.

MORALES-AGUILAR, Carlos; Douglas Mauricio, Enrique Hernández, Marvin Prado y César Maldonado

2010 Exploraciones y Mapeo Arqueológico en Sacalero, El Mirador, Guatemala: Reporte de Campo 2009. En *Investigaciones arqueológicas en la Cuenca Mirador: Informe Final de la Temporada 2009* (editado por H. E. Mejía), pp.269-286. Informe presentado al IDAEH. Proyecto Arqueológico Cuenca Mirador. MICUDE. FARES, Idaho.

MORENO JIMÉNEZ; Antonio

2008 *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGis*. Segunda Edición. Universidad Autónoma de Madrid y UNAM, México.

OLAYA, Victor

2014 *Los Sistemas de Información Geográfica*. <http://volaya.github.io/libro-sig/index.html>

WILLEY, Gordon R.

1953 *Prehistoric Settlement Patterns in the Viru Valley, Peru*. Bulletin 155. Bureau of American Ethnology, Smithsonian Institution, Washington, DC.

WILLEY, Gordon R.; William R. Bullard, Jr.; John B. Glass y James C. Gifford

1965 *Prehistoric Maya Settlement in the Belize Valley*. Papers of the Peabody Museum, Vol. 54. Cambridge, Mass.

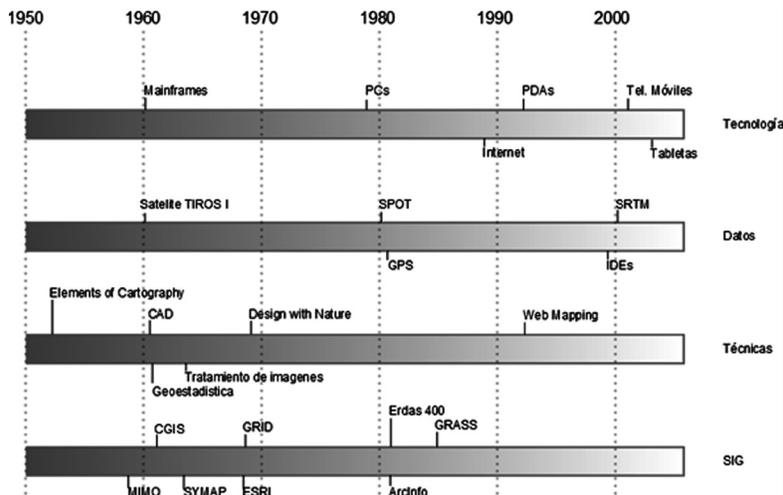


Fig.1: Esquema de la evolución de los SIG (tomado de Olaya 2013).

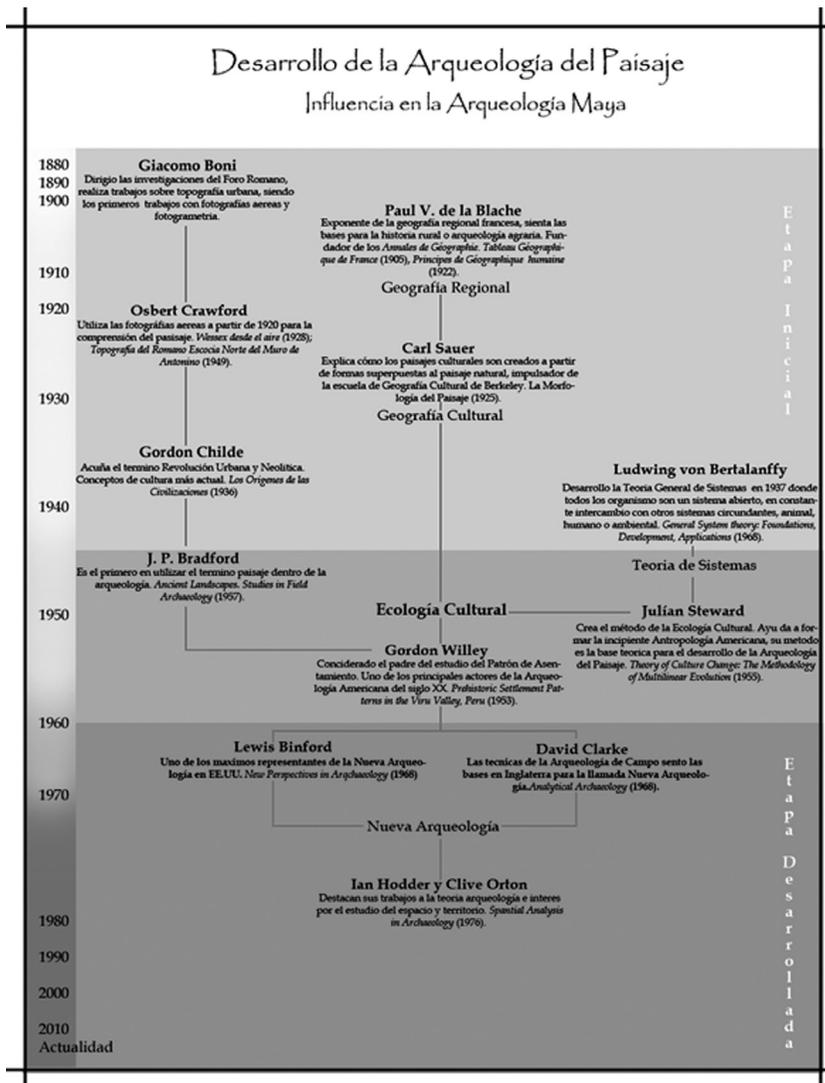


Fig.2: Mapa conceptual del desarrollo de la Arqueología del Paisaje (elaborado por: J. García).

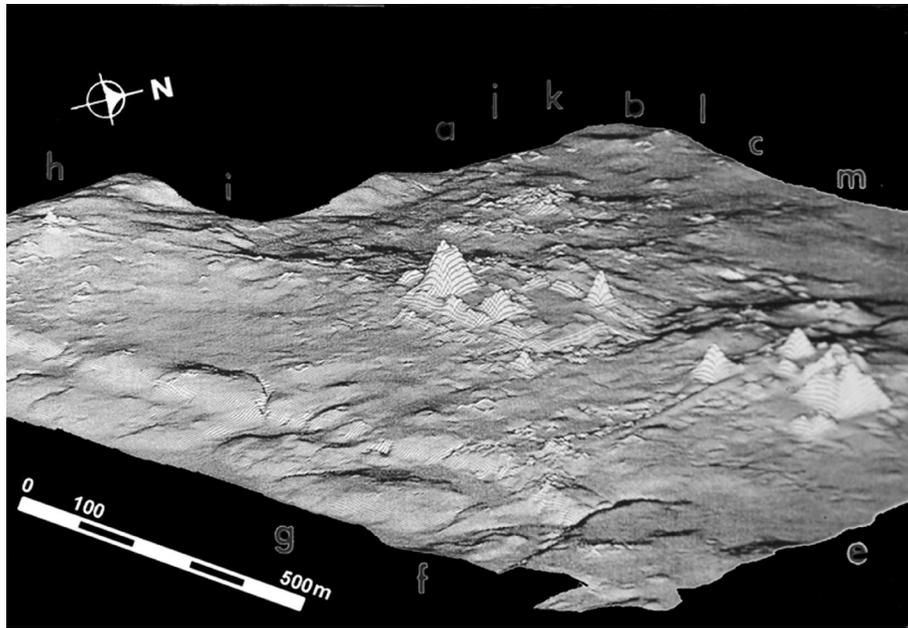


Fig.3: Mapa 3D del sitio arqueológico Nakbe realizado en 1989 por R. Hansen y la empresa EQUINOX (© FARES).

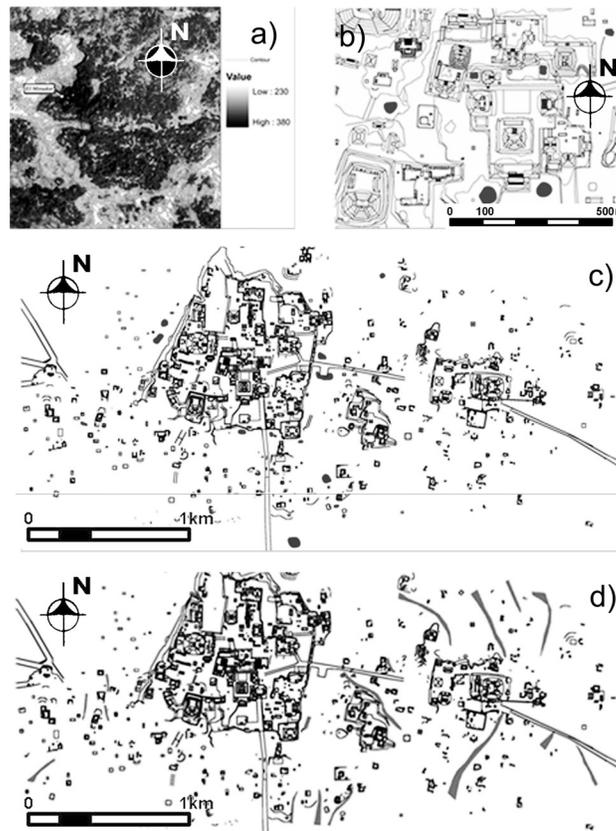


Fig.4: a) DEM del área para distinguir sus distintas elevaciones; b) Mapa que identifica los reservorios dentro del sitio El Mirador; c) Mapa de aguadas adentro del sitio; d) Mapa de un complejo sistema de drenajes (tomado de Morales 2009, modificado por los autores).

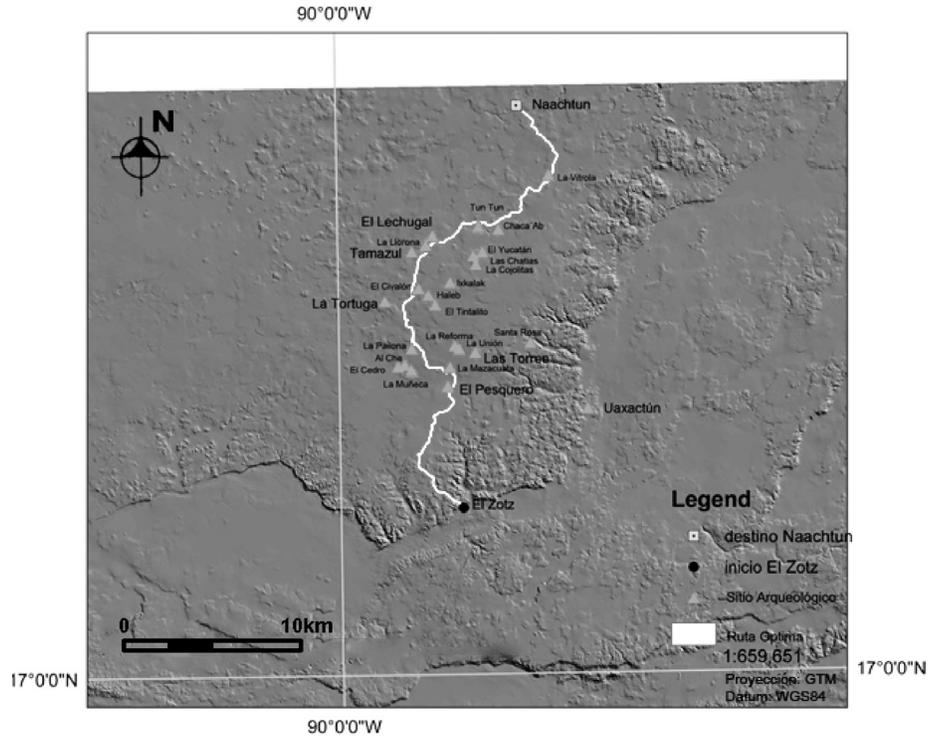


Fig.5: Mapa que muestra la ruta más óptima para el periodo Clásico entre El Zotz y Naachtun o viceversa, y su posible relación con los sitios dentro de la Cuenca (elaborado por: J. García).

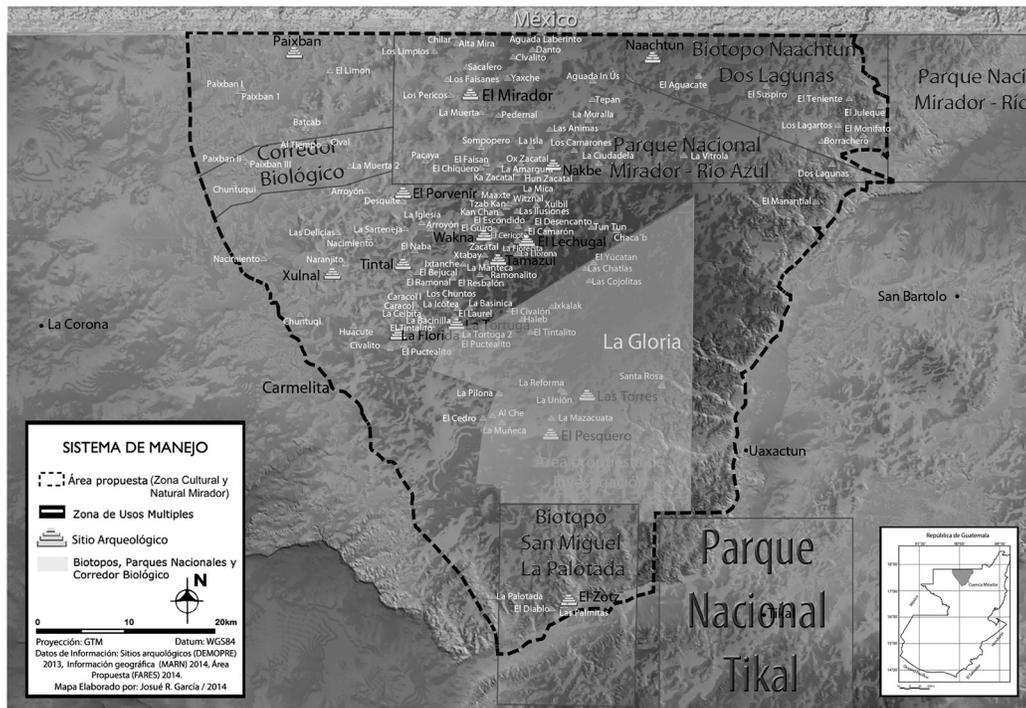


Fig.6: Mapa que define la Cuenca Mirador y los sitios que alberga, en gris se puede observar el área propuesta (mapa del MAGA, adaptación J. García).

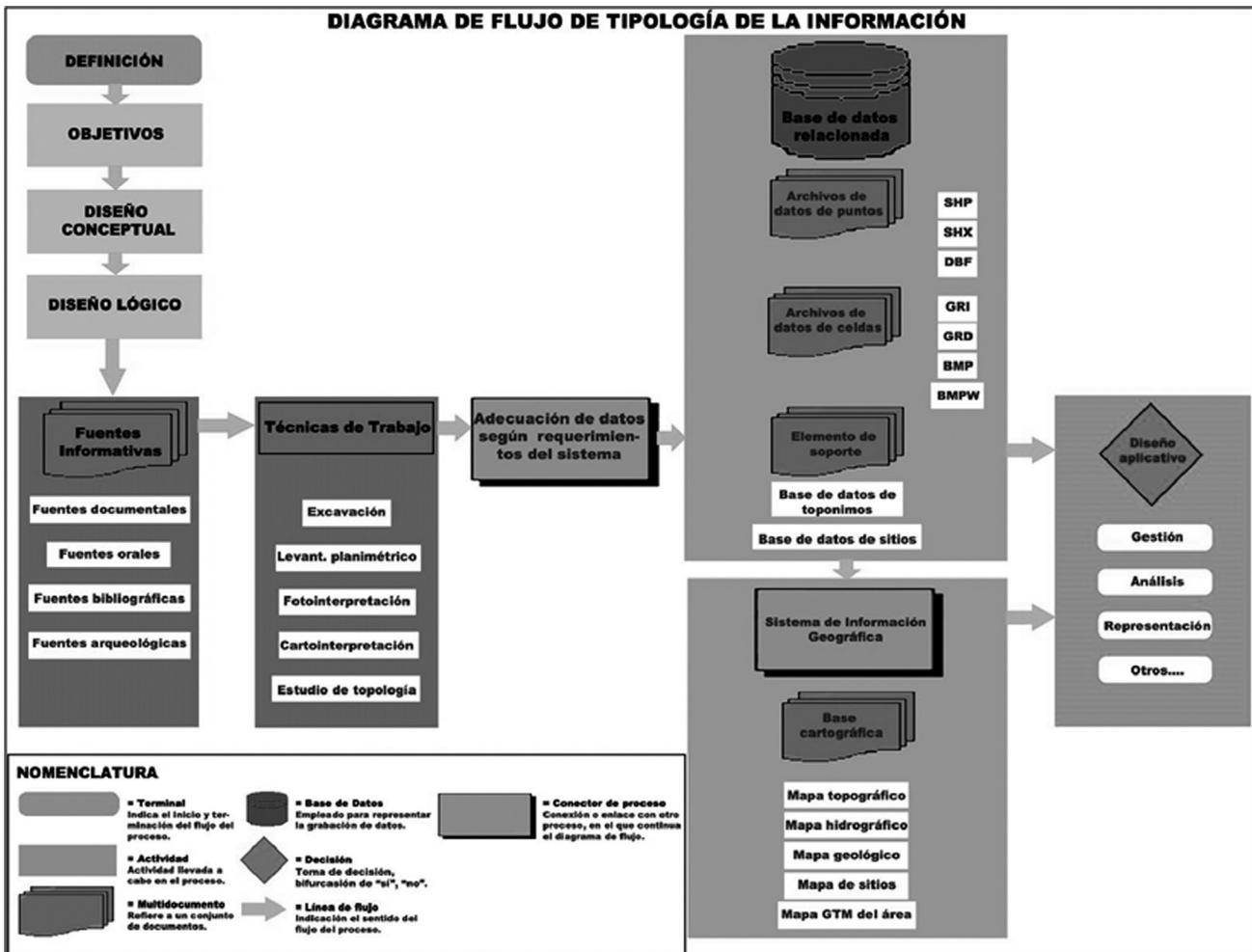


Fig.7: Esquema de fases de un proyecto de aplicación GIS para la intervención arqueológica (imagen elaborada por: J. García).

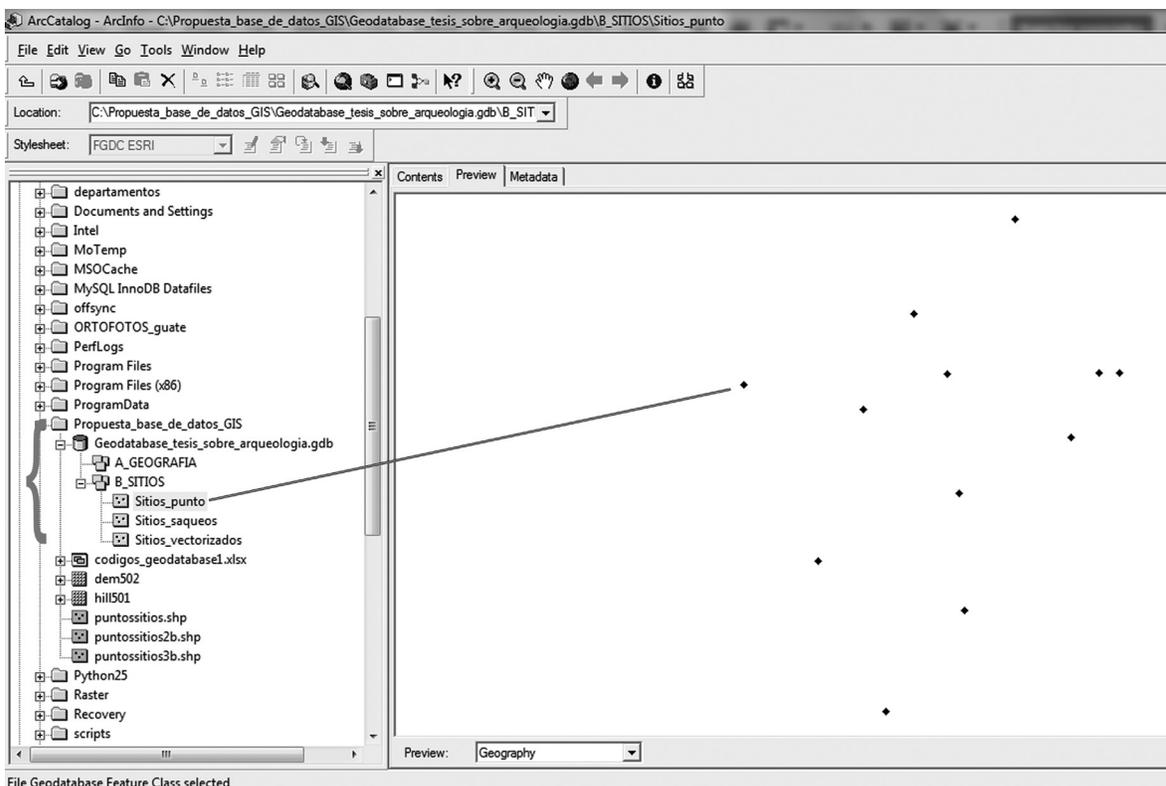


Fig.8: Entorno en ArcCatalog de cómo se ordena la información, los puntos en referencia representan puntos de sitios arqueológicos (elaborado por: J. García).

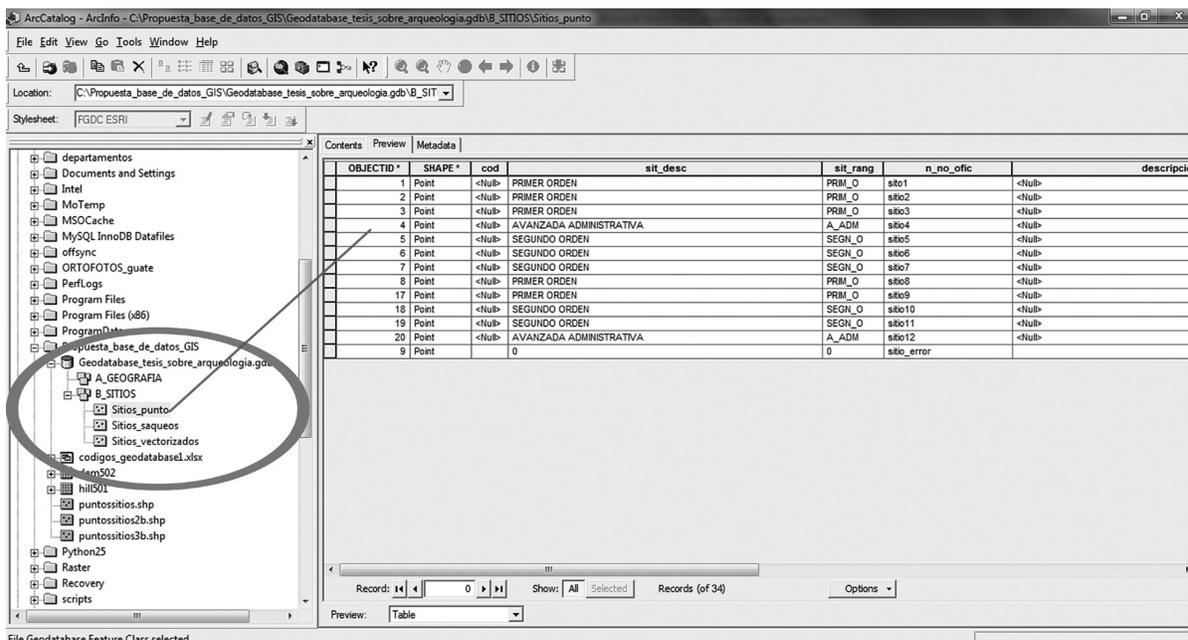


Fig.9: Entorno en ArcCatalog de cómo se visualiza la información a ingresar dentro de la data de puntos de sitios, esta información puede ser gestionada también desde Microsoft Access o exportar toda la información a una tabla Excel (elaborado por: J. García).

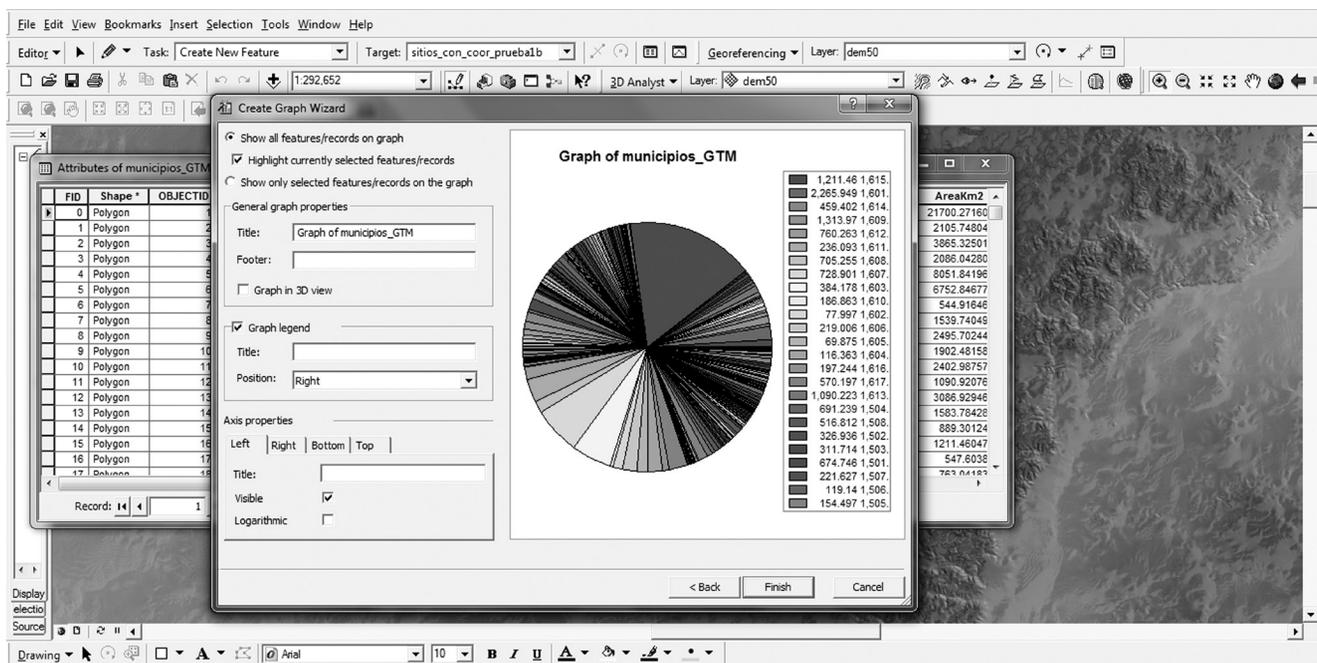


Fig.10: Entorno en ArcMap de cómo se genera una gráfica de la información que se tiene o bien de cómo se pueden generar reportes de la información requerida (elaborado por: J. García).