

**Sistemas de Información Geográfica y su Aplicación en el Manejo y
Operación de Zonas Arqueológicas.**

JAIME CEDEÑO NICOLÁS
LUIS ANTONIO TORRES DÍAZ
DALIA SÁNCHEZ PIOQUINTO
NADIA ROMERO VARGAS

Dirección de Operación de Sitios, Coordinación Nacional de Arqueología.

México, Distrito Federal

simza.dos.inah@gmail.com

1. Introducción

El INAH, a través de sus áreas sustantivas, tiene la facultad de proteger y preservar el patrimonio arqueológico existente en el territorio nacional, por lo que ha elaborado e implementado diversos ordenamientos normativos para reglamentar su investigación, protección, conservación y difusión, así como el manejo y operación de las zonas arqueológicas abiertas al público.

Sobre este último aspecto, el INAH cuenta con una política que establece criterios y lineamientos mínimos a fin de garantizar la conservación integral de las zonas, favorecer su investigación, asegurar que su uso sea responsable, impulsar su manejo racional, fomentar su conocimiento y valoración, así como contribuir con el desarrollo sustentable regional y nacional.

En este contexto, el Programa de Fortalecimiento y Regulación de Zonas Arqueológicas (PROFOREZA), impulsado por la Coordinación Nacional de

Arqueología a través de la Dirección de Operación de Sitios, surge como una necesidad de sistematizar a mediano y largo plazo las acciones tendientes a consolidar la presencia del INAH en la política y práctica del manejo y operación de las zonas arqueológicas con uso público (Dirección de Operación de Sitios , 2010).

Dada la complejidad que implica el manejo operativo de estas zonas, ya que involucra no sólo los aspectos intrínsecos a las mismas como la infraestructura, el personal y los recursos financieros, sino también los aspectos extrínsecos, principalmente el contexto social en el que se encuentra inmerso así como los factores ambientales que inciden en su conservación, el PROFOREZA¹ ha considerado como uno de sus componentes básicos el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), con el objetivo de desarrollar e implementar una plataforma informática, particularmente un sistema, que administre, organice y optimice el manejo de datos e información de diversas fuentes y tipos sobre las zonas arqueológicas y su contexto de manejo. Así, se planteó el desarrollo de una herramienta que a partir de una organización específica, el manejo estadístico de los datos y su correspondiente representación geográfica, permitiera mejorar los procesos de análisis de la información y toma de decisiones respecto al manejo integral del patrimonio en las zonas arqueológicas con visita pública.

El presente trabajo reseña la forma en que se ha implementado este sistema. La primera parte (apartados 2 y 3) describen los conceptos que dan

¹ El PROFOREZA se desarrolla a partir de cinco componentes: Identificación y diagnóstico, Sistematización, Prioridades y políticas de manejo. Instrumentación y Monitoreo y Evaluación.

soporte al diseño de la propuesta, misma que se describe en el apartado 4. Por último se comentan los beneficios que se han alcanzado de acuerdo con la experiencia generada.

2. Las Tecnologías de la Información y Comunicación

Las Tecnologías de la información y comunicación han irrumpido en casi todos los ámbitos de la vida moderna. El desarrollo tecnológico de hoy permite a diferentes actores crear acceder, utilizar y compartir información sobre diversos campos del conocimiento. En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica constituyen un elemento imprescindible para la comprensión integral del territorio al proveer los medios para la organización, acceso y uso de la información espacial (García, 2005, p. 18).

Desde prácticamente la mitad del siglo pasado, el desarrollo de la tecnología con un enfoque sistémico, tal como ahora sucede en los SIG, permitió abordar la captura, almacenamiento, consulta y explotación de datos de forma eficiente, redundando en mejores y más rápidos resultados en la resolución de problemas.

El concepto sistema, aun cuando se ha vuelto de uso común con el desarrollo tecnológico de las últimas décadas, es un concepto que se maneja desde mediados del siglo XX.

Ludwig Von Bertalanffy en su obra Teoría General de Sistemas (1969), definió sistema como un conjunto elementos con sus interrelaciones. Este autor, a quien se ha adjudicado la creación de la TGS asumió que cualquier aspecto de la

naturaleza era fácilmente conceptualizado como sistema, por lo que a esta forma de observar el mundo le dio el alcance de Teoría General.

A raíz de la obra de Bertalanffy se han acuñado varias, aunque similares, definiciones de lo que es un sistema, las cuales subrayan la necesaria presencia de relaciones entre sus componentes y los atributos de cada uno de estos, por lo que se debe asumir que el enfoque sistémico es integral y obvia distinciones entre lo simple y lo complejo o el todo y sus partes, ya que se considera que "...el objeto integral -el sistema- posee propiedades y cualidades que no necesariamente se consideran en sus partes..." (Bonett, 2002, p. 3)

Sin embargo es importante acotar que estas relaciones no deben tomarse como simples referencias entre objetos, sino que deben entenderse como condicionamientos entre estos, sus atributos o los procesos que los involucran. Es decir pequeñas articulaciones causa – efecto a partir de las cuales una acción o estímulo sobre una parte del sistema tiene un efecto sobre otra u otras, conservando así las características internas del sistema y de los atributos de cada una de sus partes. Esto nos lleva a otra de las características que un sistema tiene y que es recurrente en las múltiples definiciones que se han hecho: en estas relaciones causa - efecto, las causas son denominadas entradas y los efectos se llaman salidas. Es decir que un sistema tiene un conjunto de entradas y salidas que afectan a determinados componentes del sistema, creando así una red de relaciones causa – efecto que se complejiza en tanto las salidas afectan a un mayor número de componentes del sistema o a todo el sistema, o también por el contrario, cuando el sistema o uno de sus componentes tienen múltiples entradas.

En este sentido es necesario entonces precisar que las relaciones entre los elementos tienen también un carácter jerárquico, pero no en el sentido de su importancia lineal, sino en la relación de inclusión que los componentes o conjunto de componentes (subsistemas) tienen en o sobre otros conjuntos de componentes. (Ibíd. p.6).

Así se puede afirmar, siguiendo a Bonett (Loc. Cit.), que un sistema:

- Es un complejo integral de elementos interconectados.
- Forma una unidad especial al considerarlo conjuntamente con su ámbito.
- Por lo general es un componente de otro sistema de orden superior, mientras que sus componentes son a la vez sistemas de orden inferior o subsistemas.

Los sistemas pueden clasificarse de diferentes maneras: Por la existencia de relaciones entre los componentes; por la interacción que tienen con el ámbito en que se insertan o por la temporalidad que tiene las salidas de un sistema respecto de sus entradas (Ibíd. pp. 7-9).

Por sus relaciones, los sistemas se clasifican en desorganizados, cuando el conjunto de componentes que lo constituye no tiene relaciones definidas y son azarosas; se llaman no orgánicos, cuando el estímulo o entrada en alguno de los componentes o subsistemas no afecta necesariamente a otros, y orgánicos, cuando la interrelación entre sus componentes o subsistemas implica que el estímulo o entrada afecta a la totalidad del sistema.

Por la interacción que tienen con su ámbito los sistemas se clasifican en cerrados y abiertos. Los primeros son aquellos en que no existe interacción con su ámbito o en los que se tiene perfectamente definida la forma en que el ámbito afecta al sistema y el impacto de este sobre su ámbito. En los sistemas abiertos por el contrario, se consideran todas las formas posibles en que el ámbito afecta al sistema y viceversa.

Por último, la temporalidad de sus salidas define sistemas estáticos o dinámicos. En los primeros los valores de las salidas o productos son resultado de la sincronía con las entradas, mientras que en los sistemas dinámicos la diacronía entre los valores de entrada es sistematizada para generar las salidas, es decir que incorporan valores de entradas anteriores y nuevos.

3. Qué es un Sistema de Información Geográfica

Desde tiempos remotos las actividades de las diferentes especies que habitan el planeta tienen una repercusión a nivel geográfico; las actividades del hombre, generalmente orientadas a la explotación de recursos naturales, y la construcción ha fomentado la necesidad de ubicar de forma precisa los yacimientos de petróleo, oro y otros minerales; de suelos propicios para la agricultura o lugares idóneos para el emplazamiento de edificios.

En consecuencia, la ubicación geográfica es un atributo de suma importancia para la planeación, la estrategia e incluso la política; consecuentemente es un tema constante en los problemas que todas las sociedades tienen que resolver (Longley, et al., 2005).

Con el objetivo de satisfacer estas necesidades es que surgen los Sistemas de Información Geográfica, mejor conocidos como SIG o GIS por sus siglas en inglés, los cuales son una clase especial de sistemas de información que dan seguimiento no solo a eventos, actividades y cosas, sino que también a dónde ocurren o existen (Ibíd.).

El nacimiento de los Sistemas de Información Geográfica ha tenido una intrínseca relación con el desarrollo de la cartografía y de disciplinas como la Geodesia, Cartografía y Geografía, mismas que actualmente son reconocidas por sentar las bases para el establecimiento de dichos sistemas (Quintero, 2009).

En 1854 surgió su conceptualización con el Dr. John Snow, pionero de la epidemiología moderna, quien elaboró un mapa de distribución de los casos de cólera de Soho, Londres, identificando los pozos de agua contaminada y su influencia en la población (INEGI, 2011), mostrando a través de la epidemiología, varios de los principios de la Geografía -localización, distribución y causalidad-, y en consecuencia también de los SIG.

El origen de los Sistemas de Información Geográfica, como se conocen en la actualidad, se tiene registrado en los años sesentas a la par del avance de las computadoras (Quintero, 2009).

El desarrollo del primer SIG computarizado funcional se le atribuye a Roger Tomlinson, el cual estaba basado en tecnología, programación y modelos matemáticos. El sistema fue denominado Proyecto del Sistema de Información

Geográfica de Canadá, cuyos objetivos fueron la protección del medio ambiente, administración de recursos naturales, parques y bosques (Geographers, 2015).

En Estados Unidos de Norteamérica, durante 1967, se desarrolló el *Dual Independent Map Encoding (DIME)* como preparación para la automatización del censo de población de 1970 (Quintero, 2009), paralelamente se generaron sistemas relacionados con hidrología, calidad del agua, localización de fuentes y procesos de tratamiento (INEGI, 2000).

En los años subsecuentes se desarrollaron otros sistemas, por ejemplo *Minnesota Land Management Information System (MILMIS)*, cuyo objetivo fue la planificación de los recursos naturales del estado (Craig, 1986) y *Polygon Information Overlay System (PIOS)* desarrollado por *Environmental System Research Institute*, con el objetivo de analizar información para la administración de tierras (ESRI, s.f.).

En los años setentas dentro de los Estados Unidos de Norteamérica, se consolidaron los Sistemas de Información Geográfica con aportes de diferentes instancias, entre ellas la Universidad de Harvard con el desarrollo de conceptos teóricos para el manejo de datos espaciales (INEGI, 2011), la *United States Census Bureau (USCB)* con el registro de censos poblacionales (USCB, s.f.), la *United States Geological Survey (USGS)* con la investigación sobre recursos naturales y medio ambiente (U.S Geological Survey, 2014) y el *Environmental System Research Institute (ESRI)* con un gran avance en *software* especializado.

Durante la década de 1980 se desarrolló el proyecto denominado *Map Overlay and Statistical System (MOSS)* por la *Western Energy and Land Use Team, Office of Biological Services, U.S. Fish and Wildlife Service*, fundamentado en el desarrollo de un *software* basado en vectores y desplegable en miniordenadores (INEGI, 2011).

Otro proyecto del mismo periodo denominado GRASS por sus siglas en inglés, fue elaborado por el cuerpo de Ingenieros del Laboratorio de Investigación de Ingeniería del Ejército de los Estados Unidos (Ibíd.). Fue un *software* utilizado como herramienta para investigación ambiental, evaluaciones, seguimiento y gestión de tierras bajo la administración del Departamento de Defensa: actualmente es uno de los programas de licencia libre más recurridos (GRASS, 2015).

La fase comercial de los SIG se dio entre 1980 y 1990; en 1981, fue lanzado comercialmente hablando, un *software* para microcomputadores basado en vectores y en el modelo relacional para bases de datos (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, s/f) .

El interés por el procesamiento de los datos del mundo real se ha incrementado, por lo que día a día surgen iniciativas de sistemas más especializados y robustos, con mayores alcances en tres ámbitos principales: el primero son las instituciones o compañías; el segundo las universidades y centros de investigación y el tercero lo conforman las empresas desarrolladoras de software y/o equipos para GIS (Joan Nunes, 1989).

En México, el avance de técnicas y tecnologías para la elaboración de cartografía ha tenido auge, principalmente, en el sector gubernamental (Quintero, 2009); sin embargo, en la actualidad su uso se ha extendido en ámbitos académicos y privados.

Para poder comprender de una mejor manera qué es un Sistema de Información Geográfica, es necesario entender que a la gran mayoría de la información utilizada por grandes y pequeñas compañías, industrias, instituciones de gobierno y de investigación, entre otras, se le puede atribuir una posición geográfica, es decir, es susceptible a ser georreferenciada; por supuesto esta característica puede aumentar la cantidad de atributos debido a que su localización en el espacio brinda muchas más características o especificaciones, por esto se considera que la información está en constante crecimiento.

En consecuencia y a pesar de aún no definir qué son los SIG, podemos comprender su gran importancia y su inserción en las actuales formas de llevar a cabo las tareas de investigación, comunicación, planeación, operación y gestión, solo por mencionar algunos ejemplos.

Antes de evaluar algunas de las definiciones de los SIG, es necesario referir que existen tres acepciones de este término; el SIG como disciplina, el SIG como proyecto y el SIG como *software* (Instituto Geográfico Nacional. Centro Nacional de Información Geográfica , s/f).

La acepción más implementada es SIG como proyecto, es decir las diferentes aplicaciones que tiene y los componentes que la integran.

De una forma muy sencilla podemos decir que los SIG son una aplicación de la informática que permite gestionar datos, planos y mapas dentro de un ordenador, con la consecuente mejora respecto a la productividad, eficiencia y precisión; esta base es la idea fundamental y el comienzo de los sistemas (Olaya, 2011).

Sin embargo a partir del desarrollo tecnológico y a las necesidades mundiales de ubicación, delimitación, georreferenciación y localización entre otras, (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009) esta idea fue creciendo en tal medida que las definiciones actuales la superan en párrafos y complejidad. Como bien dice Tomilson, (2007), una definición simple no sirve para comprender un sistema.

No obstante, antes de adentrarnos en una definición compleja es importante mencionar que para la mayoría de los autores, un sistema de información geográfica “es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelamiento de grandes cantidades de datos con una referencia espacial” (comunicación personal Sánchez y Martínez 2015).

En este sentido ESRI, una de las empresas más reconocidas a nivel mundial por desarrollar y comercializar *software* para SIG refiere que este último “...es un sistema para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información.”, los cuales son mapas interactivos, datos geográficos, modelos de geo-procesamiento, modelos de datos y metadatos (ESRI, 2010).

El Centro Nacional de Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional de España menciona que un SIG es un “Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar, transferir datos espacialmente referidos a la Tierra...” (Instituto Geográfico Nacional. Centro Nacional de Información Geográfica , s/f).

Para Olaya “...un SIG es un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados.” (Olaya, 2011, p. 9)².

Como bien podemos notar, las definiciones de ESRI y del IGN-España definen los SIG dentro de la acepción de *software*; sin embargo la idea de Olaya considera otros componentes necesarios para definir a los sistemas más allá de una aplicación informática.

No obstante debemos considerar que definir un SIG resulta un tema complejo ya que tiene diferentes perspectivas, las cuales varían dependiendo el enfoque o la aplicación que se les dé. Para algunos es la forma de automatizar la producción de mapas: mientras que para otros es un motor de análisis de información y revelador de nuevas ideas. Otros consideran los SIG como una herramienta para la generación y mantenimiento de inventarios complejos (Longley, et al., 2005).

² Por tecnología informática, este autor se refiere a los componentes software y hardware que se emplean en otras definiciones.

Para el Laboratorio de Geomática de la Dirección de Operación de Sitios, los enfoques anteriormente expuestos no son excluyentes, por esto define al Sistema de Información Geográfica como un sistema compuesto por red, *hardware*, *software*, información, procedimientos y personas que permite el análisis de información así como la generación y mantenimiento de inventarios complejos, útil para tomar decisiones independientemente del campo de aplicación³.

Aquí es importante mencionar también que consideramos a la geomática como una disciplina que tiene como objetivo la gestión de datos georreferenciados, por lo que se relaciona, a la vez que se apoya, con las ciencias y tecnologías vinculadas con la adquisición, estructuración, procesamiento, análisis y difusión de los mismos, entre las cuales se pueden mencionar la cartografía, la geodesia, la topografía, la fotogrametría, la percepción remota y la informática, además de otras tecnologías de la información y comunicaciones⁴.

Para algunos autores (Longley, Goodchild, Maguire y Rhind. 2005) el componente principal de los Sistemas de Información Geográfica es la red; una de las más conocidas y utilizadas a nivel mundial es el Internet, originalmente creado como una red informática para conectar computadoras; sin embargo, actualmente es la forma más rápida que la sociedad emplea para intercambiar información.

Los motivos que permitieron convertir al Internet como el principal vehículo de los Sistemas de Información Geográfica son de sobra conocidos y

³ Tomada principalmente de Longley, Goodchild, Maguire y Rhind., 2005.

⁴ Modificado de (Herrera y H., 2001, p. 26)

consideramos que su explicación generaría otro artículo de publicación, basta mencionar que esta red informática ha propiciado el desarrollo tecnológico y el crecimiento de los SIG, además de permitir el intercambio de bases de datos georreferenciadas⁵.

El *hardware* no sólo es la computadora que corre las diversas aplicaciones; al respecto es importante mencionar que la tecnología ha avanzado a tal forma que hoy en día los SIG pueden ser utilizados en *laptops* y dispositivos móviles como teléfonos celulares (Longley, et al., 2005); de hecho existen dos grupos de *hardware*: el primero son los aparatos de entrada, que van desde el *mouse*, teclado, *scanner*, tabletas digitalizadores hasta receptores GPS y estaciones totales; el segundo grupo está conformado por los dispositivos de salida, entre los que destaca el monitor, pero también se deben mencionar los dispositivos de impresión (Conolly & Lake, 2006).

El *software* es el conjunto de programas que permiten analizar la información; actualmente existe una gran variedad, pero todos deben tener una base de datos espacial que almacene y maneje objetos espaciales, algún mecanismo para vincular datos o atributos a los objetos espaciales, además de un motor de geo-procesamiento que permita la manipulación y el análisis de información geoespacial almacenada junto con los atributos de las bases de datos (Ibíd.).

⁵ Los servicios WMS (Web Mapping Service), por ejemplo, permiten consultar información geográfica a través de internet y Sistemas de Información Geográfica en equipos de escritorio o portátiles (<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/servicioswms/>).

La información generalmente es alojada en bases de datos y consiste en la representación digital de aspectos específicos o áreas determinadas de la superficie de la Tierra (Longley, et al., 2005).

En tanto la Dirección de Operación de Sitios ha establecido como parte de sus procesos de trabajo la captura de la información en bases de datos, nos permitimos ahondar un poco en este tema.

Una base de datos es una herramienta informática diseñada para almacenar de forma estructurada una gran cantidad de datos con relación lógica, que facilita el procesamiento y la recuperación de información. “Es una colección de datos organizados y estructurados según un determinado modelo de información que refleja no sólo los datos en sí mismos, sino también las relaciones que existen entre ellos...” (Lamarca Lapuente, 2013)

Y aunque una base de datos se diseña con un propósito específico, su objetivo principal es que permita el acceso, búsqueda, consulta y recuperación de la información recopilada; así como la captura o edición de los datos; es decir mejorar y simplificar los flujos de información y el proceso de análisis.

Su diseño implica la definición de estructuras para almacenar, gestionar y manipular la información; dicha estructura incide tanto en el tipo de datos almacenados como en la forma en que se almacenan y relacionan.

Henry Horth y Abraham Silberchatz, (2002, p. 5) comentan: “...bajo la estructura de la base de datos se encuentra el modelo de datos: una colección de herramientas conceptuales para describir los datos, las relaciones, la semántica y las restricciones de consistencia...”.

La estructura o esquema de la base de datos será entonces el resultado de la aplicación de un determinado modelo. El modelo de datos entendido como lo describe María José Lamarca (2013) es un conjunto de conceptos, reglas y convenciones que permiten describir los datos y que tiene por objetivos, formalizar y definir las estructuras permitidas para representar los datos.

De cierta forma, el modelo para definir la estructura y el diseño de la base de datos está condicionado por nuestras necesidades (velocidad de acceso, tamaño de la información y compatibilidad de los archivos generados), pero sobre todo por los recursos materiales con los que contamos (*hardware* y *software*).

Dentro de las aplicaciones para el procesamiento de datos, el modelo relacional es uno de los más comunes debido a que su objetivo principal "...es facilitar que la base de datos sea percibida o vista por el usuario como una estructura lógica que consiste en un conjunto de relaciones..." (Costal Costa, 2005, p. 8). Este modelo se basa en registros y atributos almacenados en tablas que se relacionan entre ellas.

Las bases de datos de modelos relacionales tienen una estructura similar a las tablas de Excel, es decir:

...una tabla bidimensional compuesta por líneas y columnas. Cada línea, que en terminología relacional se llama tupla, representa una entidad que nosotros queremos memorizar en la base de datos. Las características de cada entidad están definidas por las columnas de las relaciones, que se llaman atributos. Entidades con características comunes, es decir descritas

por el mismo conjunto de atributos, formarán parte de la misma relación. (Lamarca Lapuente, 2013).

El aspecto básico del modelo relacional se centra en la relación entre las diferentes tablas que componen la base de datos por medio de campos comunes⁶, de tal manera que tengamos la cantidad de tablas necesarias que nos permitan almacenar información sin redundancias. El modelo relacional nos permite también someter los datos a una serie de restricciones que garanticen su validez, y eviten la pérdida de información.

El esquema resultante del modelo de base de datos debe expresarse mediante un programa de procesamiento de datos, al que comúnmente se le llama Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD), es decir, un *software* en el que se crean las estructuras que almacenan la información y en el cual se puede llevar a cabo diversas funciones como la edición, consulta y manipulación de datos.

Para seleccionar tal o cual sistema gestor de bases de datos es importante considerar: las herramientas que nos proporciona, los formatos de datos admitidos, la diversidad de interfaces para poder interactuar o ver los datos, la posibilidad de acceso por varios usuarios de manera simultánea, los mecanismos de seguridad que nos ofrece y lo más significativo, la compatibilidad con otros programas para procesamiento de datos.

Además de esto, se tiene que considerar un *software* que simplifique tanto la programación como la interacción de los usuarios con el sistema.

⁶ Las relaciones pueden tener diferentes grados; uno a uno (1:1), de uno a muchos (1 :N) y de muchos a muchos (N:M).

En adición a los cuatro componentes antes descritos (red, *hardware*, *software* y base de datos), los SIG requieren de un manejo o dirección que establezca los procedimientos, mecanismos y directrices para asegurar que las actividades del sistema estén acordes a los objetivos que se persiguen (Longley, et al., 2005).

Por último pero no menos importante, el personal especializado es considerado crucial para el desarrollo de cualquier sistema, debido a que se requiere de personas que diseñen, programen y generen los análisis espaciales necesarios (Conolly & Lake, 2006).

Es importante mencionar que la efectividad de un Sistema de Información Geográfica depende no solo de los componentes anteriormente descritos; la identificación de los productos que se necesitan es esencial para la planificación y ejecución de un sistema, mismos que pueden ser mapas, listas y tablas, representaciones esquemáticas, visualizaciones tridimensionales y por supuesto los resultados de consultas interactivas que pueden establecerse en informes, ya sean digitales o impresos u otro formato útil para transmitir información (Tomlinson, 2007).

Para poder llegar a estos productos es necesario recordar que un SIG permite correlacionar información de diversa índole a través de una superposición de capas que mediante el análisis espacial facilita la identificación de aspectos del mundo real mientras que se genera información nueva; así mismo es pertinente reconocer algunas de las cuestiones que los SIG pueden resolver, mismas que, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

1. Localización: Aporta la ubicación geográfica de cada entidad así como su forma y dimensiones.
2. Condición: Aporta el cumplimiento o no de ciertas condiciones impuestas al sistema de acuerdo con los atributos y la topología⁷ de cada entidad.
3. Tendencia: Compara situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
4. Rutas: Calcula la ruta óptima entre dos o más puntos.
5. Pautas: Detecta pautas espaciales de acuerdo con ciertas condiciones.
6. Modelos: Genera modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Adicionalmente, el éxito de un SIG es representado cuando los productos esperados realmente conducen a una mejor toma de decisiones (Tomlinson, 2007).

Los SIG en arqueología.

La implementación de los Sistemas de Información Geográfica dentro del quehacer arqueológico ha sido un tema reciente y de gran relevancia tanto para la investigación como para la gestión.

A pesar de no ser el tema fundamental de este artículo, mencionaremos que desde la década de 1990, en países de habla hispana, los SIG han sido ocupados para el estudio de patrones de asentamiento y la distribución de sitios arqueológicos entre otros temas relacionados con la complejidad espacial. De esta

⁷ La topología es una colección de reglas que, acopladas a un conjunto de herramientas y técnicas de edición, permite a las bases de datos geográficas modelar relaciones geométricas con mayor precisión (<http://help.arcgis.com/>).

forma es que han sido implementados como una herramienta de “...gestión, análisis y simulación, donde las hipótesis y modelos particulares pueden ser probados una y otra vez... permitiendo el desarrollo de múltiples teorías e interpretaciones, así como la formulación de nuevas preguntas.” (Pastor, et al., 2013, p. 12).

Las aplicaciones que han tenido los SIG dentro de la arqueología son sumamente variadas, van desde la localización y mapeo de pecios sumergidos dentro de la arqueología marítima, los estudios espaciales de patrón de asentamiento, hasta la generación de modelos predictivos con el objetivo de determinar las áreas idóneas a excavar dentro de un sitio

Como podemos ver, las características de estos sistemas permiten su integración dentro de cualquier investigación arqueológica, lo único que se debe considerar en todo momento es la perfecta definición de los objetivos que se persiguen dentro del proyecto y como se mencionó anteriormente, conocer las cuestiones que se pueden resolver con este, con lo cual se definirán los objetivos de implementarlo.

Una de las principales características de los SIG es su versatilidad para ser aplicados en diversos campos de estudio; la gestión y protección del patrimonio cultural es uno de ellos. Su aplicación en este sentido ha surgido, en países de habla hispana, en fechas recientes, imitando su uso en el manejo de recursos naturales (Ibíd.).

Uno de los proyectos bajo este esquema es “La Carta del Riesgo del Patrimonio Cultural”, elaborada por Pio Baldi, en donde se determinan sistemas y procedimientos que ayudan a la programación de las intervenciones de conservación y restauración de los bienes culturales en Italia, esto se logra con la correlación de temas específicos relacionados a vulnerabilidad y deterioro del patrimonio arqueológico e histórico – artístico, su estado de conservación y los factores de peligrosidad que provocan su deterioro por fenómenos naturales y antrópicos (Baldi, 1992).

Otro ejemplo de aplicación de las tecnologías de la información geográfica, ha surgido en el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, España, en donde, desde 1990, se integró el Sistema para la Gestión Integral del Patrimonio Cultural obteniendo un gran avance, no sólo en la precisión de la localización del patrimonio, sino en los análisis territoriales que permiten una eficaz toma de decisiones para la gestión del patrimonio histórico (Junta de Andalucía, s/f, p. 1).

En Ecuador se ha implementado el Programa de Emergencia del Patrimonio Cultural (PEPC), surgido por la necesidad de establecer estrategias ambientales y sociales que permitan registrar, recuperar, proteger y conservar un estimado de tres millones de bienes culturales, bajo criterios de políticas públicas garantizando su puesta en valor y su uso social (López Lamia, et al., s/f).

Para el caso de México consideramos que el Sistema de Información para el Manejo de Zonas Arqueológicas con visita pública (SIMZA), implementado por la Dirección de Operación de Sitios, es el primer sistema para la gestión del

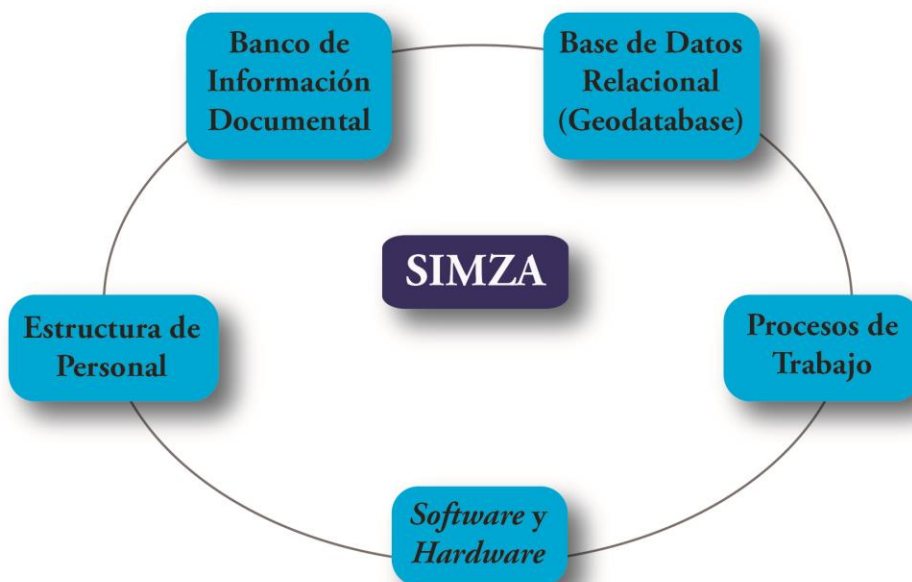
patrimonio arqueológico de la nación, aun cuando otras áreas o dependencias del Instituto Nacional de Antropología e Historia u otras instituciones académicas y científicas ya habían iniciado el uso de los Sistemas de Información Geográfica con el fin de sistematizar y optimizar información con fines de investigación.

4. El Sistema de Información para el Manejo de Zonas Arqueológicas abiertas al público.

La plataforma diseñada por la Dirección de Operación de Sitios fue pensada para operar no sólo como un Sistema de Información Geográfica sino como un sistema que se caracteriza por ser orgánico, abierto y dinámico, ya que no considera únicamente, desde el punto de vista técnico, a los elementos relacionados, los cuales son conjuntos de datos con atributos compartidos que se expresan geográficamente a través de su manejo en un SIG. Más allá de esta visión, que en sentido estricto es correcta, el sistema de la DOS incorpora un conjunto de documentos sobre temas pertinentes al manejo y operación de las zonas arqueológicas, elaborados por la misma Dirección, por otras instancias del INAH u otras dependencias gubernamentales o de investigación, por lo que la primera versión de SIMZA se organizó a partir de la interrelación de una base de datos relacional y un banco de información documental a través de un Sistema de Información Geográfica.

No obstante, el enfoque sistémico de la DOS sobre su objetivo institucional, su estructura organizacional y los procesos de trabajo, exigieron también una organización tal, que diferentes elementos se articularon en un todo integrado a

partir de variables comunes y con finalidad compartida. Los elementos que integran esta estructura están esquematizados en la figura siguiente:



El banco de información documental, denominado Banco de Información de Zonas Arqueológicas (BIZA), incluye una serie de documentos electrónicos que dan cuenta del estado que guarda cada zona arqueológica. Entre estos se cuenta: El catálogo de zonas arqueológicas del Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas del INAH; los diagnósticos que describen las condiciones de manejo y operación de las zonas arqueológicas con visita pública, realizados por la DOS⁸, los convenios para la colaboración interinstitucional relacionados con las mismas; los decretos como Zona de Monumentos Arqueológicos, los reconocimientos como Patrimonio Mundial de la UNESCO, los decretos de Área

⁸ En un principio se contó con Diagnósticos elaborados por la Coordinación Nacional de Arqueología en los primeros años de este siglo. Posteriormente la DOS programó visitas de inspección a las zonas arqueológicas con lo que se obtuvo información y diagnósticos actualizados.

Natural Protegida en los casos en que exista concurrencia; los instrumentos de planeación con que cada una cuenta; los polígonos de protección, expedientes técnicos y fotografías, entre muchos otros.

BIZA está organizado tomando a la zona arqueológica como unidad mínima, de tal forma que cada carpeta habilitada por zona reúne sus documentos relacionados y está vinculada a cada uno de los elementos geográficos de la tabla principal de la *geodatabase*.

Originalmente llamada Base de Datos Primordial, *la geodatabase* se creó a partir del Inventario de Zonas Arqueológicas con Visita Pública⁹ y del Banco de Información de Zonas Arqueológicas, al reducir cada documento a un código binario que indica presencia o ausencia para cada zona, aunque en casos específicos indica el tipo de documento.

La estructura de esta Base, al igual que el Inventario General de Zonas Arqueológicas, considera cinco ámbitos o grupos de información sobre las zonas arqueológicas: Diagnósticos; Protección; Planeación; Manejo y Seguimiento. Cada uno de estos ámbitos, a excepción de Planeación, reúne una serie de elementos que son necesarios para el manejo y operación de las zonas arqueológicas, al igual que su evaluación y seguimiento. Tales elementos constituyen una variable susceptible de ser representada cartográficamente, por lo que se optó por construir una *geodatabase*, en este caso en Access y conservar así los campos de información incluidos en el inventario general, de tal manera que cada uno de estos constituya, en términos cartográficos, un atributo de cada elemento espacial,

⁹ Este inventario era hasta el momento el instrumento de control para conocer la situación de las zonas arqueológicas abiertas al público en cuanto a sus indicadores de manejo.

es decir de cada una de las zonas arqueológicas (Figura 1). A partir de esta se obtienen estadísticas básicas de los indicadores de manejo de zonas arqueológicas por entidad federativa o tipo de zona: patrimonio mundial, con decreto como zona de monumentos, con visita oficial, número de visitantes al año, etcétera.

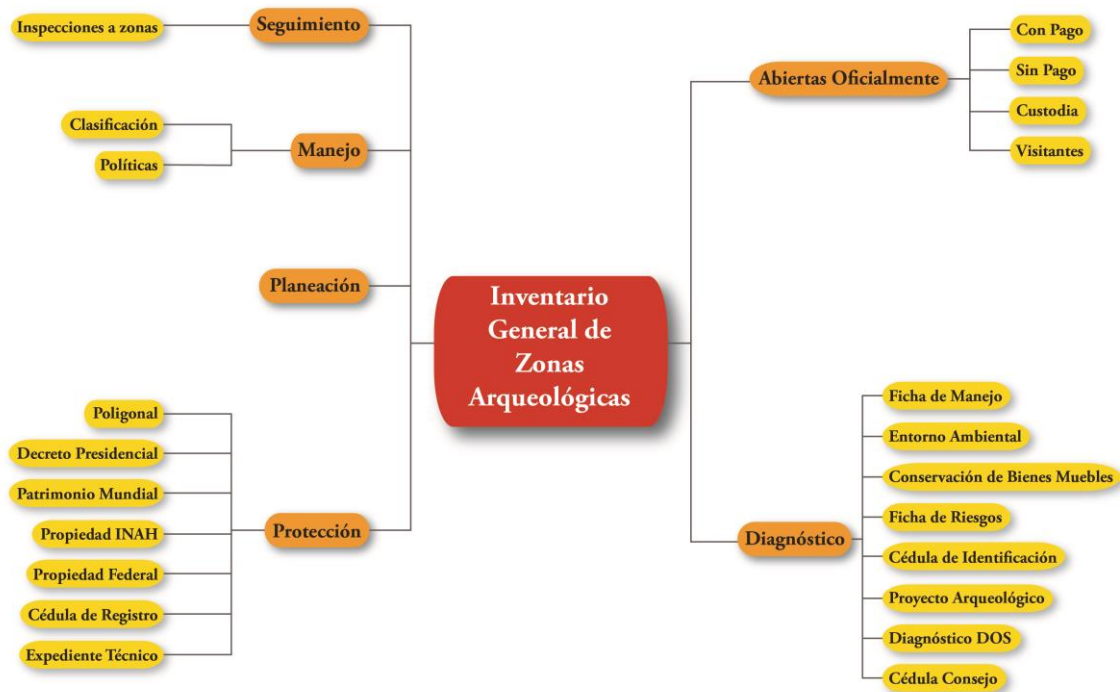


Figura 1.- Estructura del Inventario general de Zonas Arqueológicas y de la Base de Datos Primordial. En color naranja se señalan los grupos de información y en color amarillo los atributos de las zonas arqueológicas. El grupo Planeación al no incluir subclasificaciones se constituye en sí mismo como un atributo

Es importante mencionar que el programa Access¹⁰ de Microsoft Office fue seleccionado para la gestión de la base de datos debido a que permite simplificar la programación y facilita la interacción con los usuarios del sistema.

La primera versión de la *geodatabase*, integrada en una sola tabla, permitió automatizar estadísticas básicas así como el despliegue de los datos en el SIG; sin embargo, con el fin de aumentar la cantidad y la calidad de la información se elaboraron tablas secundarias que incluyen información detallada, cuantitativa o cualitativa, de cada uno de los atributos organizados en la tabla principal. La creación de estas tablas está diseñada de manera orgánica bajo un modelo relacional. En otras palabras, se crearon las relaciones necesarias entre cada una de las tablas primarias y sus correspondientes tablas secundarias para que, de manera automatizada la actualización de una cause un efecto en la otra y en consecuencia los informes, reportes, despliegue geográfico de la *geodatabase* o cualquier otro tipo de salida de la información muestren datos actualizados y fiables¹¹.

Adicionalmente, considerando al sistema como abierto, y con la ventaja de contar con información externa, tanto proveniente de otras instituciones como la generada por las diferentes áreas de la Dirección, se generaron **tablas combinadas** en las que los atributos de una zona arqueológica se adicionaron a

¹⁰ Sus herramientas permiten la generación de tablas y vínculos, así como diferentes interfaces para la manipulación y edición de los datos (formularios, consultas e informes). Tiene la capacidad de intercambiar información con otros programas y admitir diferentes actividades al mismo tiempo al igual que compartir los datos en simultáneo con distintos usuarios de la base, sin que la integridad de la información se vea afectada.

¹¹ Estas relaciones se crearon a través de una signatura por cada una de las zonas arqueológicas. Esta signatura incluye la clave geoestadística estatal y tres siglas que identifican a la zona arqueológica.

los atributos de, por ejemplo, áreas naturales protegidas, zonas metropolitanas o lenguas indígenas, obteniendo entonces tablas de atributos de lenguas indígenas en municipios con zonas arqueológicas, zonas arqueológicas en concurrencia con áreas naturales protegidas, zonas arqueológicas en concurrencia con regiones mineras o áreas metropolitanas, infraestructura cultural, etcétera. Estas tablas retroalimentan al sistema con nueva información vinculándose a través de la signatura de cada una de las zonas arqueológicas.

Otro objetivo que se trazó con el diseño del SIMZA fue tener un instrumento consultable por el personal de la DOS en cada una de sus diferentes áreas¹², es decir que se buscó tener una salida general de la información para ser utilizada como insumo en la elaboración de documentos de Planeación, Apertura, mejora de la Presentación Pública, Monitoreo de visitantes, así como documentos normativos para la operación de las zonas arqueológicas, entre otros.

En primera instancia, ante la falta de un servidor que permitiera compartir el SIG en cada uno de los equipos del personal, se optó por exportar los archivos espaciales a un formato *keyhole* (kml o kmz), para ser utilizado en Google Earth, *software* de uso común en la actualidad. Estos archivos permiten almacenar información desplegable como ficha, de tal manera que ofrece una caracterización de la zona arqueológica o cualquier otro elemento geográfico. Adicionalmente se exportó un archivo en formato de hoja de cálculo con el contenido de la tabla principal de la *geodatabase*. Estos archivos se incorporaron a BIZA, como archivos de uso común y generalizado, susceptibles de actualizarse de forma

¹² La Dirección de Operación de Sitios integra a las áreas de, Planeación, Operación e Infraestructura.

sistemática y son consultables por el personal de la Dirección de Operación de Sitios en cualquier momento.

La intensión de esta salida no sólo se reduce a la consulta de la información, sino también a lograr una retroalimentación con el personal de la Dirección, para sugerir, corregir e incrementar la información del sistema. Esta forma de socializar la información ha implicado la asesoría constante al personal, tanto en el manejo de los archivos espaciales como en la generación de nuevos datos (nuevas entradas), los cuales deben vincularse correctamente con el SIMZA a través de la signatura.

Esta interacción ha propiciado la participación del Laboratorio en el diseño de metodologías específicas, tanto para la selección de zonas arqueológicas en que se aplicarán estrategias específicas de operación, como para el diseño de protocolos propios de la DOS para la atención de las mismas. Tal es el caso de los análisis realizados para establecer el universo de aplicación del Operativo Equinoccio de Primavera o la Propuesta de Diagnóstico Regional para una Operatividad y Manejo Integral de Zonas Arqueológicas.

Por otro lado, la correlación de información geográfica y el análisis espacial han generado, además de bases de datos y archivos espaciales, documentos analíticos diversos, lo que permitió conocer las situaciones inherentes al manejo operativo de las zonas arqueológicas, y la situación contextual de las mismas de tal modo que se pudieron generar documentos relacionados con temas como la medición de la pobreza en México, regiones mineras, concurrencia con Áreas Naturales Protegidas (Figura 2), lenguas indígenas, peligros y desastres naturales,

zonas arqueológicas en concurrencia con zonas metropolitanas (Figura 3), flujo de visitantes, entre muchos otros.



Figura 2.- Zonas Arqueológicas y Áreas Naturales Protegidas

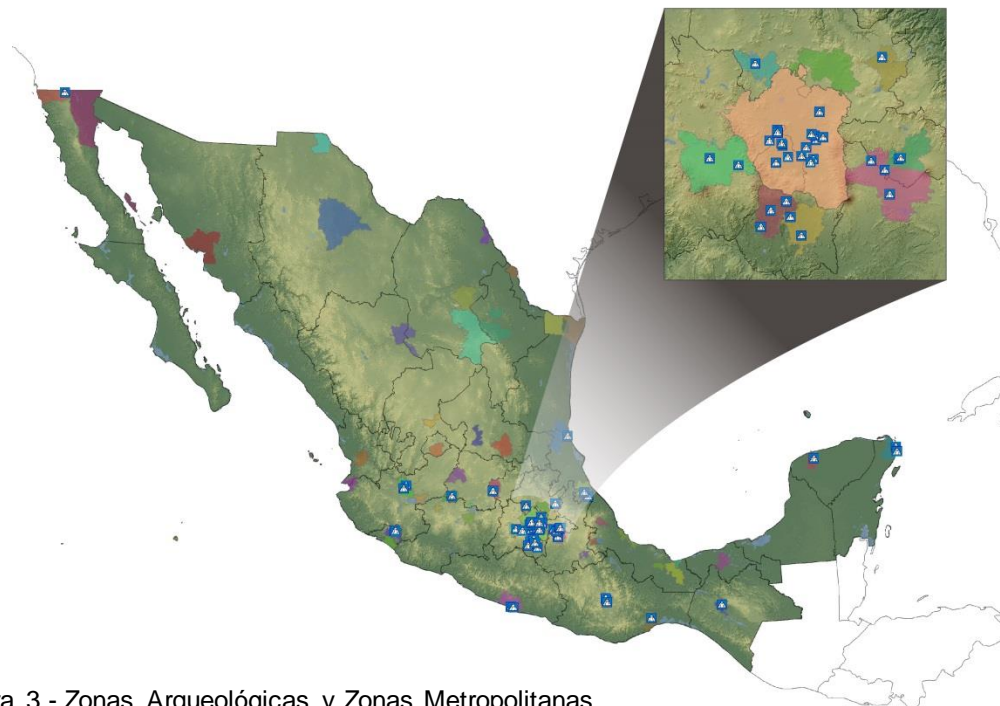


Figura 3.- Zonas Arqueológicas y Zonas Metropolitanas

Estos documentos son caracterizaciones generales de los contextos en que se localizan las zonas arqueológicas en un ámbito determinado y tienen la finalidad de aportar una primera aproximación a la situación imperante en cada zona por las condiciones externas que la rodean. De esta manera se identifican escenarios en los que se enmarcan las estrategias de manejo, los programas y las acciones necesarios para que las zonas arqueológicas puedan cumplir con sus funciones sustantivas o bien, buscar la coadyuvancia con las instancias pertinentes para el mismo fin.

Se ha buscado que estos documentos sean también una salida de información de la DOS, por lo que la vinculación con otras dependencias del Instituto, como la Mediateca, ha sido de gran ayuda al publicar en una plataforma de difusión institucional el trabajo elaborado.

En este mismo sentido se ha establecido un vínculo con la Infraestructura de Datos Espaciales del INAH con el fin de desarrollar un visualizador cartográfico que permita desplegar la distribución de las zonas arqueológicas, sus indicadores de manejo y el contexto geográfico en el que se localizan. Además, a través de esta misma instancia se ha posibilitado la publicación de información específica sobre las zonas arqueológicas abiertas al público en el Mapa Digital del Patrimonio Cultural, actualmente en construcción, y desarrollado en colaboración entre el INEGI y el INAH. En otras aplicaciones se busca difundir la información necesaria para el desarrollo de infraestructura atendiendo a la normatividad que sobre protección del patrimonio cultural existe en México.

Así mismo se ha colaborado con instancias ajenas al instituto, ejemplo de ello es la denominación por parte de la UNESCO de Bien Mixto: Ciudad prehispánica y bosques tropicales de Calakmul, Campeche, la cual protege el patrimonio arqueológico y natural de la zona (Figura 4), o la Ruta Huichola a Huiricuta, en donde se participó en la elaboración del expediente técnico que busca el reconocimiento de la ruta de peregrinación como patrimonio de la humanidad.

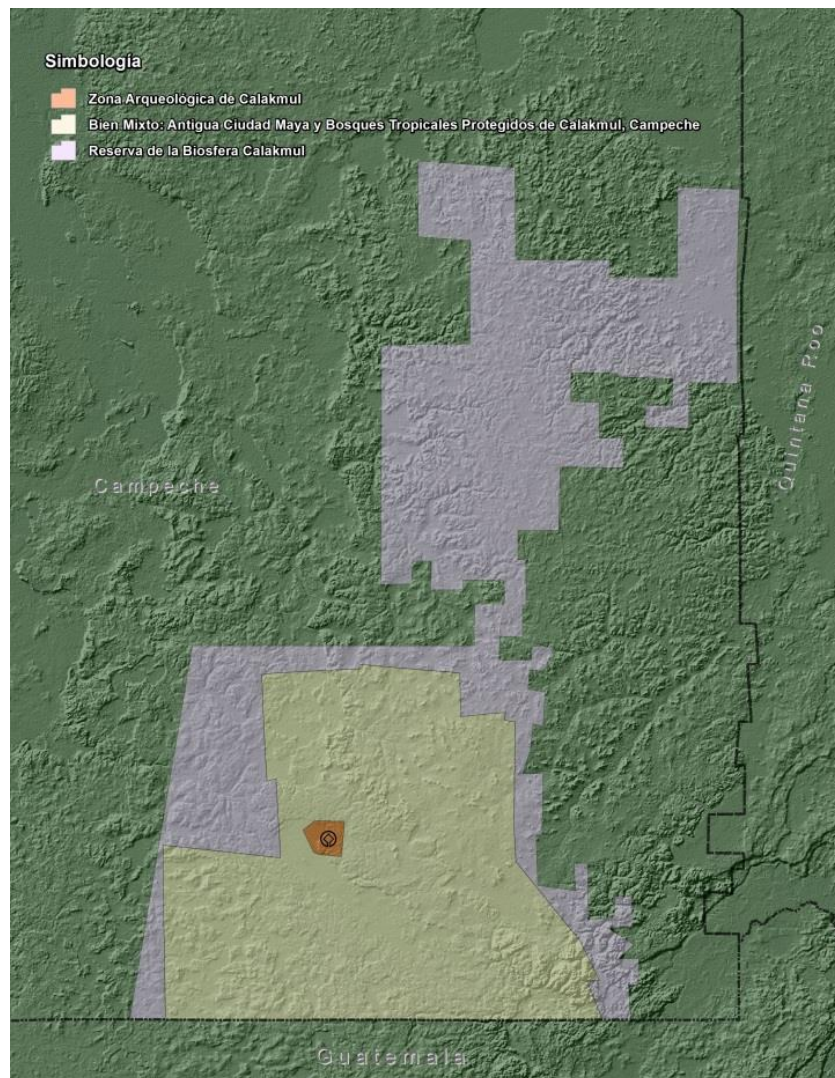


Figura 4.- Bien Mixto: Ciudad prehispánica y Bosques Tropicales Protegidos, Calakmul. Campeche.

5. Comentarios finales

A partir de 2014, el SIMZA constituye el elemento principal del Laboratorio de Geomática de la Dirección de Operación de Sitios. La intención de ampliar el ámbito de interacción que hasta el momento tenía el SIMZA es trascender hacia otras áreas en las que el análisis espacial de los elementos que constituyen e interactúan con el patrimonio cultural arqueológico apoye actividades sustantivas de otras áreas, principalmente las realizadas por la Coordinación Nacional de Arqueología. En tal sentido, el espectro de actividades que el SIMZA realiza se modifica y amplía, ofreciendo asesoría y capacitación por un lado, y por otro, previendo un área de percepción remota que redunde en la mejora de las metodologías de identificación y análisis de la información espacial (Figura 5).

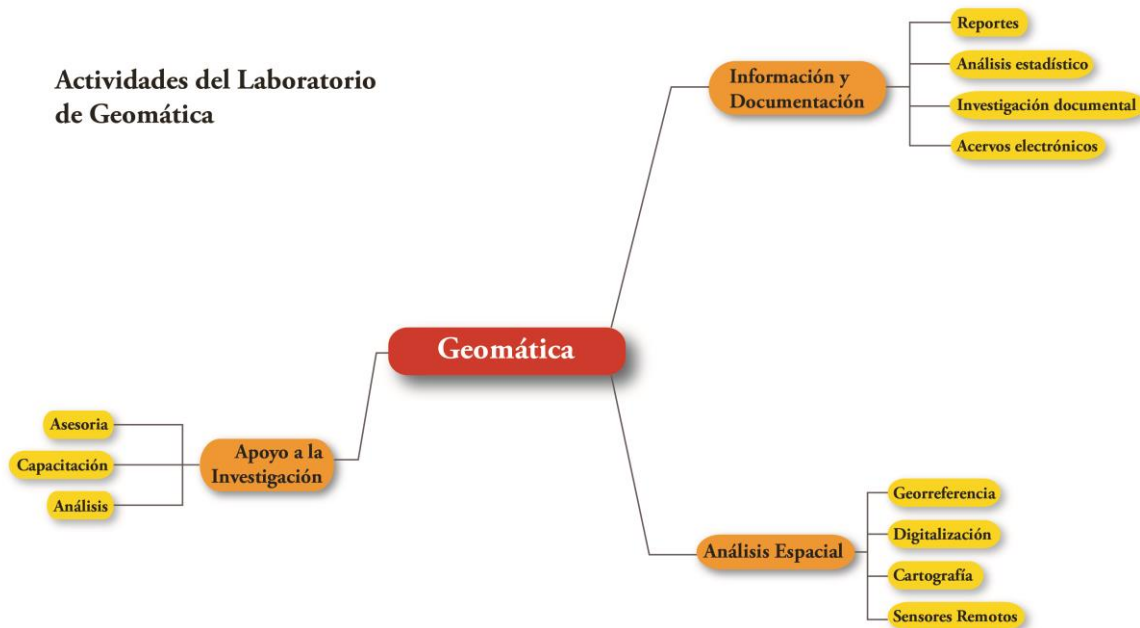


Figura 5.- Actividades del Laboratorio de Geomática

En este esquema de trabajo es importante mencionar que el apoyo a la investigación se reduce únicamente a lo ya mencionado, asesoría y capacitación, dejando como opción a largo plazo el análisis espacial aplicado a problemas concretos de investigación. Por el contrario se buscará dar un impulso importante a la vertiente de percepción remota, aprovechando los vínculos generados hasta el momento con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Agencia Espacial Mexicana (AEM), que apoyan directamente esta línea de trabajo.

La vinculación con otras instituciones y áreas del INAH avocadas al manejo de SIG es una estrategia que para el Laboratorio de Geomática no debe pasar desapercibida, ya que por un lado favorece el flujo de información espacial de una a otra parte, y por otro, coadyuvan en el establecimiento de estrategias para la protección del patrimonio cultural.

En síntesis, consideramos que el diseño del SIMZA, no sólo como herramienta, sino también como sistema que organiza y articula los procesos de trabajo de la Dirección de Operación de Sitios, considerando entradas y salidas de información en diferente escala y jerarquía; ha permitido hacer eficientes las diferentes actividades llevadas a cabo por esta, acortando por un lado el tiempo de respuesta o salida de la información y por otro dándole mayor certeza y objetividad a la misma.

Entre los productos obtenidos, que van desde reportes estadísticos y planos de localización hasta documentos de análisis geo-estadísticos, se pueden citar

algunos que por su importancia han trascendido el ámbito de la DOS y por tanto han confirmado la necesidad de creación de un Laboratorio de Geomática; entre estos están:

El trabajo sobre Regiones Mineras y Patrimonio Arqueológico en México es un documento que identifica la presencia de vestigios arqueológicos en condición de uso público al interior de regiones mineras.

El documento Patrimonio Arqueológico expuesto a Fenómenos Naturales muestra los fenómenos perturbadores que potencialmente pueden afectar a las zonas arqueológicas.

Por último el análisis de Visitantes a Zonas Arqueológicas Abiertas al Público Reportados en el Periodo 2010 – 2013 y el posterior análisis para el periodo 2005 – 2014, se presenta en un documento que perfila el tipo de visitantes que acuden a las zonas arqueológicas.

Estos tres documentos ejemplifican el tipo de análisis que el Laboratorio de Geomática implementa con el fin de establecer mejores decisiones sobre las estrategias y acciones de salvaguarda del patrimonio arqueológico, así como de mejora de la presentación pública y servicios en las zonas, para generar en los visitantes una experiencia educativa y cultural de calidad.

Además podemos afirmar que el SIMZA, como componente del Laboratorio de Geomática, cumple con los objetivos planteados en el PROFOREZA de forma eficaz, flexible y creciente, es decir que al diseñarse como sistema orgánico,

permite la adhesión de nuevos subsistemas o por el contrario su incorporación en sistemas de orden superior, pero también su adaptación a diferentes situaciones que modifican temporal o permanentemente el ámbito en el que se inserta, manteniendo sus características esenciales y en consecuencia su funcionamiento.

Bibliografía

ArcGis, 2013. *Arcgis Resources*. [En línea]

Available at: <http://resources.arcgis.com>

[Último acceso: 09 Marzo 2015].

Baldi, P., 1992. *La carta del riesgo del patrimonio cultural*. [En línea]

Available at:

http://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/documentacion_migracion/Cuaderno/1233748419374_ph2pio_baldi.pdf

[Último acceso: Marzo 2015].

Bertalanffy, L. V., 2006. *Teoría General de los Sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Bonett, A. M., 2002. El Enfoque Sistémico y la Ingeniería de Sistemas. En: *Ingeniería de Sistemas. Un enfoque interdisciplinario*. México, D.F.: Alofaomega Grupo Editor; Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM, pp. 1 - 28.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009. *Aplicaciones de geomática para el Corredor Biológico Mesoamericano México*. México: CONABIO.

Conolly, J. & Lake, M., 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*.

Inglaterra: Cambridge University Press.

Costal Costa, D., 2005. Modulo 2. El modelo relacional y el álgebra relacional. En: *Software libre. Bases de datos*. Primera ed. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.

Craig, W. J., 1986. *Center for urban and regional affairs, University of Minnesota*. [En línea]

Available at:

http://www.cura.umn.edu/sites/cura.advantagelabs.com/files/publications/PUBS_L1041.pdf

[Último acceso: Marzo 2015].

Dirección de Operación de Sitios , 2010. *Programa de Fortalecimiento y Regulación de Zonas Arqueológicas con visita pública..* México: CNA-INAH.

ESRI, 2010. *ESRI España*. [En línea]

Available at: <http://www.esri.es>

[Último acceso: 19 Marzo 2015].

ESRI, s.f. *History Up Close*. [En línea]

Available at: <http://www.esri.com/about-esri/history/history-more>

[Último acceso: Marzo 2015].

García, C. C., 2005. Los Sistemas de Información Geográfica, un tema en auge para el debate: tecnología o ciencia, investigación y aprendizaje, aplicación global o integrada.. En: C. C. García, ed. *Tecnologías de la Información Geográfica: Territorio y Medio Ambiente*.. España: Universidad de Murcia, pp. 13 - 54.

Geographers, A. o. A., 2015. *Ciencia y Desarrollo, CONACYT*.. [En línea]
Available at:
<http://www.cyd.conacyt.gob.mx/194/Sistemadeinformacion/popups/Tomlinson.htm>
[Último acceso: 16 Marzo 2015].

González, V., Behm Chang, J. L. & Behm Chang, V., 2008. *Consulta, edición y análisis espacial con ArcGis 9.2*. España: Junta de Castilla y Aragon, Consejería del Medio Ambiente.

GRASS, 2015. *GRASS GIS. Bringing advanced geoespatial technologies to the world*.. [En línea]
Available at: <http://grass.osgeo.org/>
[Último acceso: Marzo 2015].

INEGI, 2000. *La Revolución Tecnológica en la Producción de Información Geográfica*. [En línea]
Available at:
http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/infogeo/geo4w2.pdf
[Último acceso: Marzo 2015].

INEGI, 2011. *Estadísticas a propósito del día internacional de los Sistemas de Información Geográfica*. [En línea]
Available at: www.inegi.org.mx
[Último acceso: Marzo 2015].

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, s/f. *Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica*. Bogota : s.n.

Instituto Geográfico Nacional. Centro Nacional de Información Geográfica , s/f. *Sistemas de Información Geográfica*. [En línea]
Available at: <http://www.ign.es>
[Último acceso: 17 Marzo 2015].

Joan Nunes, A., 1989. Evolución Conceptual y técnica de los Sistemas de Información Geográfica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* , Issue 9, pp. 81-96.

Junta de Andalucía, s/f. *Instituto de Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Educación, Cultura y Deporte*. [En línea]
Available at: http://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/patrimonio-cultural/documentos/gestion-informacion/gestion_de_la_informacion_pdf_adjunto.pdf
[Último acceso: 12 Marzo 2015].

Lamarca Lapuente, M. J., 2013. *Hipertexto*. [En línea]

Available at: <http://www.hipertexto.info/>

[Último acceso: 05 02 2015].

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. & Rhind, D. W., 2005. *Geographic Information Systems and Science*. Segunda ed. Inglaterra: Wiley.

López Lamia, A. y otros, s/f. *Inter-American Development Bank*. [En línea]

Available at: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36288749>

[Último acceso: 15 Marzo 2015].

Macchi Jánica, G., 1999. *Las Bases de Datos en la Investigación Arqueológica*.

Barranquilla: Ediciones Uninorte.

Olaya, V., 2011. *Sistemas de Información Geográfica*. Primera ed. s.l.:Victor Olaya.

Pastor, S., Murrieta Flores, P. & Sanjuán, G., 2013. Los SIG en la arqueología de habla hispana. Temas, técnicas y perspectivas. *COMECHINGONIA. Revista de Arqueología*, 17(2), pp. 9-29.

Quintero, J. A., 2009. Definición y Origen de los Sistemas de Información Geográfica.

Capítulo cuatro.. En: *Conceptos y Aplicaciones de la Geomática en México*.. México:

Instituto de Geografía, pp. 115-147.

Silberchatz, A., Korth, H. F. & Sudarshan, S., 2002. *Fundamentos de la base de datos*.

Cuarta ed. España: McGraw Hill.

Tomlinson, R., 2007. *Pensando en el SIG*. Tercera ed. Estados Unidos de América : ESRI Press.

U.S Geological Survey, 2014. *U.S Geological Survey*. [En línea]

Available at: <http://www.usgs.gov>

[Último acceso: Marzo 2015].

USCB, s.f. *United States Census Bureau*. [En línea]

Available at: <http://www.census.gov/>

[Último acceso: Marzo 2015].