

Deterioro y afectaciones por siniestros naturales, antropogénicos y ambientales en zonas arqueológicas: una nueva perspectiva para la mitigación integral de la geografía aplicada a la arqueología ante el cambio climático

Hugo Paredes Márquez*, Jaime Cedeño Nicolás**, Juan Manuel Marcos Martínez***, Esperanza Palma Salgado****, José Emilio Baró Suárez**** y Fernando Carreto Bernal****

*Estudiante, Maestría en análisis espacial y geoinformática

Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México

**Laboratorio de Geomática

Coordinación Nacional de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia

***Dirección de procesos cartográficos catastrales. Subtesorería de catastro y padrón territorial, tesorería de la Secretaría de Finanzas de la Ciudad de México

****Facultad de Geografía

Universidad Autónoma del Estado de México

Resumen

El artículo forma parte de la investigación "Análisis espacial de la vulnerabilidad estructural a peligros naturales, presiones antropogénicas y ambientales de las zonas arqueológicas del Estado de México", que se desarrolla como parte de la Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática de la Facultad de Geografía en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), en conjunto con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) (Figura1). La principal contribución de este artículo es presentar la importancia de la conservación de estos sitios ante la identificación de afectaciones por siniestros naturales, antropogénicos y ambientales desde una nueva perspectiva como la geografía. Tanto en la investigación como en este trabajo, se han tomado como caso de estudio 18 zonas arqueológicas del Estado de México. La metodología del presente artículo está sustentada en el proyecto de investigación a partir del análisis que aborda la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) sobre el patrimonio cultural ante el cambio climático, bajo un enfoque geográfico aplicado a la arqueología. Los resultados presentados en este trabajo, son un compendio de ideologías, conceptos y normas, así como la generación de datos geoespaciales que han permitido la caracterización físico-geográfica de las zonas arqueológicas, lo cual permitirá proponer políticas de conservación específicas.

Palabras clave

Cambio climático; geografía; mitigación; zonas arqueológicas.

Abstract

The article is part of the research "Spatial analysis of structural vulnerability to natural hazards, anthropogenic and environmental pressures of the archaeological zones of the State of Mexico", which is developed as part of the Master's Degree in Spatial Analysis and Geoinformatics of the Faculty of Geography at the Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), in conjunction with the Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). The main contribution of this article is to present the importance of the conservation of these sites before the identification of affectations by natural, anthropogenic and environmental disasters from a new perspective such as geography. Both in the research and in this work, 18 archaeological zones of the State of Mexico have been taken as a case study. The methodology of this article is based on the research project based on the analysis of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) on cultural heritage in the face of climate change, under a geographical approach applied to the archeology. The results presented in this work are a compendium of ideologies, concepts and norms, as well as the generation of geospatial data that have allowed the physical-geographical characterization of the archaeological zones, which will allow proposing specific conservation policies.

Keywords

Climate change; geography; mitigation; archaeological zones.



Figura 1. Equipo de trabajo de la investigación.
Imagen: ©Hugo Paredes, 2017.

El tema que aborda la UNESCO sobre el patrimonio cultural ante el cambio climático, es hoy en día un paradigma ante la comunidad científica internacional que lo está analizando por ser uno de los grandes desafíos del siglo XXI, debido a que en los últimos años se ha vuelto cada vez más evidente el alcance mundial de sus consecuencias. “En las dos últimas décadas varios científicos coinciden que se ha comenzado a advertir el frágil equilibrio ecológico de nuestro planeta y que podría verse dramática e irremediamente alterado, como consecuencia de ciertas actividades humanas o por fenómenos naturales” (UNESCO, 2007: 4-13). De tal manera que el cambio climático trae cambios en las condiciones ambientales que pueden poner en peligro las evidencias del pasado, agravando daños a las zonas arqueológicas.

En México, la principal institución encargada de preservar las zonas arqueológicas es el INAH, que tiene como objetivo salvaguardar el vasto patrimonio cultural que tiene este país; tanto en la investigación como en el artículo, se cuenta con el apoyo de esta institución a través de la Dirección de Operación de Sitios de la Coordinación Nacional de Arqueología (CNA), específicamente del Laboratorio de Geomática

De acuerdo con los datos proporcionados por el INAH en el 2016 “se tienen registrados 49 000 sitios arqueológicos, de los cuales 189 están abiertos a la visita pública, lo que sitúa al Estado de México como el estado con el mayor número de sitios abiertos al público”¹ (Cedeño y Sánchez, 2016: 9-10) por tal motivo se seleccionó como escala de análisis espacial el valor de accesibilidad a estos sitios arqueológicos abiertos a la sociedad.

¹ Sitios arqueológicos abiertos al público del Estado de México: Acozac, Calixtlahuaca, Chimalhuacán, El Conde, Huamango, Huexotla, Los Melones, Los Reyes, Malinalco, San Miguel Ixtapan, Tenayuca, Tenayuca II, Teotenango, Teotihuacán, Tetzcotzingo, Tlapacoya, Santa Cecilia Acatitlán y Ocoyoacac.



El propósito de este artículo es coadyuvar a la salvaguarda del patrimonio arqueológico de esta entidad, a través de una nueva visión que considera el sustento epistemológico de un enfoque integral de la mitigación ante afectaciones y deterioro por distintos siniestros, algunos de ellos a causa del cambio climático, hasta el momento ha resultado en un *Marco teórico, conceptual y normativo* que sustenta la perspectiva de la geografía aplicada a la arqueología, lo que ayuda a identificar variables espaciales para la caracterización físico-geográfica, con la finalidad de proponer un plan de acción de políticas públicas de mitigación que pueda fungir como un modelo para los sitios arqueológicos de este territorio y a la postre a nuestro país.

También en este trabajo se demuestra la importancia de la interrelación de la arqueología con diversas disciplinas, como es el caso de la geografía y la geotecnología que ofrecen nuevas perspectivas para la prevención de siniestros naturales, antropogénicos y ambientales.

Objetivos

El objetivo principal de la nueva perspectiva para la mitigación integral por medio de la geografía aplicada a la arqueología, es integrar y aplicar un *Marco teórico, conceptual y normativo* que permita la caracterización físico-geográfica para la estandarización de datos geoespaciales que conlleven a determinar las condiciones de amenazas naturales, antropogénicas y ambientales de las zonas arqueológicas, teniendo como finalidad proponer estrategias de políticas públicas de mitigación ante algún siniestro.

Para ello se podrá implementar la *Base de Datos Geoespacial* a través del análisis de requerimientos, el diseño conceptual y lógico; lo que contribuirá a identificar, fundamentar y analizar la recopilación de información bibliográfica con el propósito de establecer el sustento del *Marco teórico, conceptual y normativo* de las zonas arqueológicas, que ayude a realizar la caracterización físico-geográfica con respecto a los componentes del espacio geográfico con sus diferentes variables sistémicas, impulsando así la educación ambiental en el manejo de éstas.

Materiales y métodos

Para fines prácticos se desarrolló un diagrama que explica el proceso a partir de seis fases, éste permite identificar y analizar la nueva perspectiva de la geografía aplicada a las zonas arqueológicas para la mitigación integral de las afectaciones por fenómenos naturales, antropogénicos y ambientales (Figura 2).

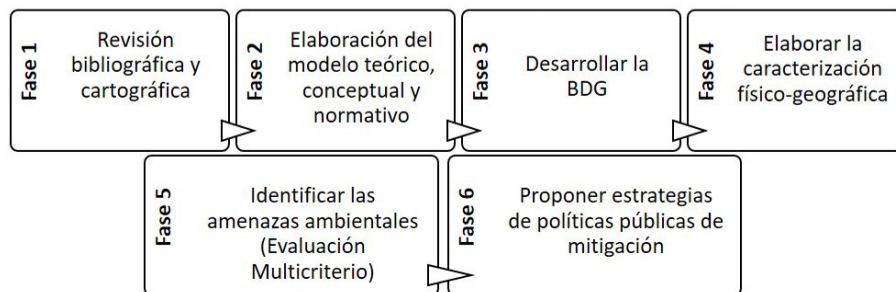


Figura 2. Diagrama general de la metodología. Imagen: ©Hugo Paredes, 2018.

Revisión bibliográfica y cartográfica

La revisión bibliográfica se sustenta en corrientes geográficas y autores que muestran fundamentos teóricos, epistemológicos y metodológicos correspondientes al estado de la cuestión en todo el mundo y en una temporalidad de 30 años a la fecha, en este sector temporal, se han presentado desastres asociados con siniestros naturales, antropogénicos y ambientales que han causado daños en las zonas arqueológicas de todos los países, aunque se desconoce cuáles de ellos fueron efecto del cambio climático. Por su parte, la revisión cartográfica se basa en los elementos y variables del componente geográfico que se encuentran almacenadas de forma digital, ya establecidas por diferentes instituciones gubernamentales.

Trabajos de investigación, planes y programas

Las zonas arqueológicas del Estado de México no han sido estudiadas de forma particular con respecto al deterioro y afectaciones por siniestros naturales, antropogénicos o ambientales. Sin embargo, existen algunos estudios con diferente enfoque, que tienen similitud en las incidencias naturales o presiones, además de algunos planes o programas que se han implementado.

En la investigación de Miranda sobre la *Organización espacial en la región de Tenancingo a través de los estudios del patrón de asentamiento de la época prehispánica* (2015:11) el autor aplica el método de la prospección arqueológica a través del cual recopila variables y criterios para establecer la distribución de los sitios arqueológicos, por medio del método gravitacional que relaciona el tamaño de la población con la distancia, de tal forma que obtiene los puntos de inflexión que sirven para establecer un límite entre los sitios localizados. Además de lo anterior, también la implementación de la fotogrametría mediante drones para la prospección arqueológica de algunos sitios y modelado 3D.

Asimismo, Lanzelotti en su estudio hace énfasis en que el uso de la base cartográfica (evaluación multicriterio) es de utilidad para el análisis arqueológico, su ejemplo se basa en la “aplicación de técnicas del modelado cartográfico y búsqueda de lugares óptimos para el desarrollo de agricultura prehispánica en un sector de los Valles Calchaquíes en la provincia de Catamarca, Argentina” (2015: 93), su metodología parte de la identificación de factores naturales y antrópicos que pudieron incidir en la decisión de las poblaciones de destinar determinados espacios para el cultivo, además de considerar las restricciones y establecer aquellos lugares que cumplen con los criterios para finalmente corroborar en el trabajo de campo.

Igualmente, Zetina en su “plan de manejo de la zona arqueológica el Tajín” realizó una prospección arqueológica basada en percepción remota, la cual requirió un procesamiento previo con un sistema de información geográfica para, posteriormente, con imágenes satelitales realizar distintos arreglos de colores por cuadrante para identificar los vestigios arqueológicos y crear modelos 3D para obtener rasgos significativos naturales y arqueológicos (2013: 1).

Por otra parte, el Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático señala que el “mapa de patrimonio cultural tiene por objetivo ubicar geográficamente aquellos elementos que sean una expresión de patrimonio cultural del Estado de México” (2013: 1-5), considerando los diferentes elementos oficiales que ayudan a definirlo. Esta propuesta surge como parte de las recomendaciones que formula la UNESCO para la salvaguarda del patrimonio, como es la identificación e inventario de los bienes culturales, así como la implementación de medidas preventivas para la salvaguarda del patrimonio cultural ante al cambio climático global.



Marco teórico, conceptual y normativo

Es realizado desde un punto de vista holístico, a partir del enfoque institucional, filosófico y disciplinario para aplicar los principios correspondientes de la teoría, método y procedimientos (Figura 3).

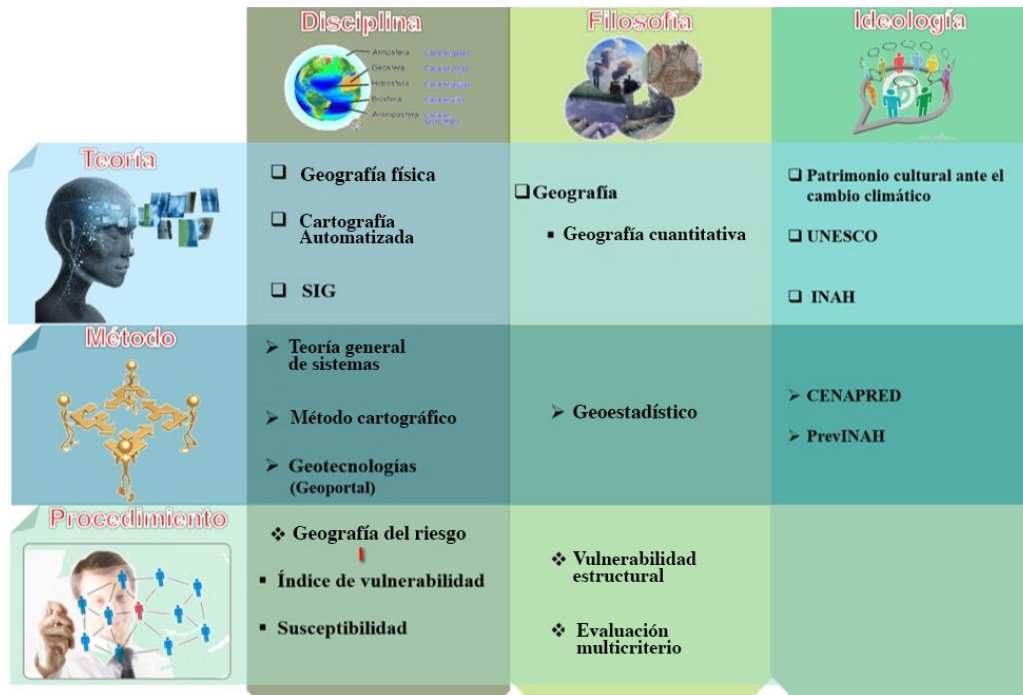


Figura 3. Esquema del marco teórico, conceptual y normativo. Imagen: ©Hugo Paredes, 2018.

De esta manera, los lineamientos de la investigación se inician con el enfoque institucional que va en función de las ideas que existen en el ámbito mundial; por lo cual se retoman las políticas públicas de instituciones principalmente de: la UNESCO, el INAH y el Centro Nacional de Prevención y Desastres (Cenapred), para la reducción de pérdidas de estos vestigios. Para este proceso son piezas clave la transdisciplina e interdisciplina para la geografía y la arqueología, ya que de acuerdo con Villafañez la influencia de estas ciencias fueron las escuelas positivistas y neopositivistas hacia mediados del siglo XIX y principios del XX que han generado el llamado giro espacial y que actualmente se rigen bajo este enfoque (2011: 136-138).

Igualmente en la perspectiva filosófica, se establecen los principios y argumentos del sustento teórico de la geografía que es la ciencia que estudia el espacio y que permite analizar, describir, correlacionar y explicar los fenómenos e impactos del ambiente y/o del cambio climático en las zonas arqueológicas, donde, a partir del punto de vista de la teoría general de sistema (TGS) expuesto por Bertalanffy, "se puede comprender el conjunto de elementos interrelacionados, entre sí y con el medio circundante, que cumplen una función específica y están ordenados de forma jerárquica de acuerdo con su funcionalidad y complejidad" (2000: 15-40). Por lo cual, se relaciona con el enfoque de la geografía cuantitativa, que se basa en métodos matemáticos que buscan la construcción de modelos y de la geografía física, que es una rama que permite identificar la relación de la naturaleza con el hombre.

Esto conlleva a que los lineamientos del análisis espacial funjan como un elemento potencial para comprender la lógica estructural de la relación de las zonas arqueológicas con sus diferentes componentes geográficos, indicado la prevención y mitigación ante diferentes siniestros naturales, antropogénicos y/o ambientales, partiendo del procedimiento de la geografía del riesgo, donde Aneas la define como parte del espacio geográfico, donde identifica y explica las funciones y relaciones que se gestan entre sus elementos constitutivos que configuran los diferentes paisajes, calculándose con la ecuación $Riesgo = peligro \text{ o } amenaza * vulnerabilidad * exposición$ (2000: 7-16); por lo cual, en esta investigación, se retoma la visión de esta variante de la geografía

Con lo anterior, se aplica el método de evaluación multicriterio que se entiende como un modelo para auxiliar a los centros de decisión con base en una evaluación expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia de acuerdo con diversos juicios, esto con el apoyo de las técnicas de los sistemas de información geográfica y las nuevas geotecnologías que se desarrollan en la actualidad.

En este sentido, a partir del *Marco teórico, conceptual y normativo* se establece que uno de los elementos fundamentales de la civilización y de la cultura de los pueblos lo constituyen sus bienes culturales, los cuales desempeñan un papel fundamental en el fortalecimiento de la identidad de los pueblos; de tal manera que, para esta protección, se ha constituido un marco normativo tanto internacional y nacional que permite identificar y establecer la unidad territorial, es decir, la jurisdicción de las zonas arqueológicas, ya que son un patrimonio cultural de la humanidad.

Base de datos geoespacial

Contempla el establecimiento de los parámetros que deben contener los datos para realizar las diferentes técnicas, estandarizando la base cartográfica y alfanumérica para ser procesados, y permitiendo efectuar el ambiente de trabajo, el cual debe tener la capacidad de integrar y manipular la información. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) menciona que “una base de datos geoespacial se inicia con el diseño conceptual que aborda la revisión del contenido de cada uno de los elementos espaciales” (2000: 3). Esta revisión ayuda a analizar e identificar los contenidos, variables o posibles duplicaciones e inconsistencias de la información.

Asimismo los datos que se utilizan se clasifican de acuerdo con su naturaleza en tres tipos: vectorial, raster y alfanuméricos; el primero tiene que ver con los datos provenientes de las instituciones en formato shapefile;² el segundo contiene la información de tipo imagen, de rejilla o teselar originada por el proceso de evaluación multicriterio; y el tercero comprende los datos tabulares y textuales de cada zona arqueológica.

De tal manera que el primer criterio para diseñar la base de datos geoespacial es el análisis de requerimientos, el cual considera la gestión y adquisición de los datos cartográficos y alfanuméricos solicitados al Laboratorio de Geomática del INAH, que posee información de las características de las zonas arqueológicas. Con ello, se realizó un proceso de depuración y estandarización necesaria para el procesamiento con otras capas temáticas cartográficas de instituciones como el Inegi para

² Es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como ArcGIS y que varios softwares como Qgis, ENVI, Terrset y ERDAS lo han vuelto universal (Inegi, 2000: 8)



realizar la evaluación multicriterio; además se consideran los parámetros de los datos, lo que permite integrar la interoperabilidad tanto en su manejo como en su procesamiento, generando que este criterio sea fundamental en esta nueva perspectiva integral de la geografía aplicada a la arqueología.

Igualmente se selecciona el software de licencia libre para implementar el ambiente de trabajo, el cual debe tener la capacidad de integrar y manipular la información requerida en la investigación, considerando el usuario y el tiempo disponible para su implementación.

En este sentido la geografía es una disciplina interdisciplinaria y holística, por lo cual muchas ciencias se orientan a la representación espacial, de esta forma los datos cartográficos y alfanuméricos utilizados se homogeneizan al formato shapefile, ya que es un formato de tipo vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos, posteriormente se estandarizan a formato raster para procesar el método de evaluación multicriterio y obtener resultados que identifiquen el deterioro y afectaciones por siniestros naturales, antropogénicos y ambientales en las zonas arqueológicas abiertas al público en el Estado de México.

Un segundo elemento considerado, son los datos alfanuméricos proporcionados por la Dirección de Control de la Contaminación Atmosférica del Estado de México, que se encuentran en tablas, por lo que es necesario sustraer únicamente la información correspondiente para estandarizar y homogeneizar los datos, realizar el proceso de conversión de formato vector y luego el raster.

Del mismo modo, para los datos cartográficos, se emplea la proyección Universal Transversa de Mercator, dado que esta proyección conserva la forma del terreno, representando las características físicas y la distorsión es menor cuando se maneja información a gran detalle, lo que conlleva a que todos los archivos se reproyecten.

De forma equivalente, para diseñar y estandarizar, tanto la base cartográfica como alfanumérica, fue necesario establecer una clave para las zonas arqueológicas, para ello de acuerdo con la Dirección de Operación de Sitios del INAH estableció una clave única e irreplicable para cada entidad con la finalidad de mejorar la gestión de los datos.

Área de estudio

El objetivo de este apartado es localizar puntualmente las zonas arqueológicas abiertas al público del Estado de México para proporcionar una representación de su ubicación, además de su descripción territorial (Tabla 1) que permita contextualizar los elementos del entorno del componente geográfico, haciendo énfasis en la caracterización físico-geográfica. Con lo anterior, se señala que la mayor parte de los sitios arqueológicos³ se localizan al oriente del Estado de México dentro de la zona urbana del Valle de México, siendo Teotihuacán el que presenta una mayor extensión territorial y Los Reyes la que menor superficie presenta. Por su parte, Calixtlahuaca, Teotenango y Ocoyoacac que se encuentran en la zona urbana del Valle de Toluca al poniente del Estado México, siguen en forma decreciente a Teotihuacán. Por último, se encuentran Huamango, al norponiente, y San Miguel Ixtapan, al surponiente del estado, siendo estas zonas arqueológicas las que más alejadas se encuentran de la Ciudad de México y Toluca (Tabla 1 y Figura 4).

³ Acozac, Chimalhuacán, El Conde, Huexotla, Los Melones, Los Reyes la Paz, Santa Cecilia Acatitlán, Tenayuca I y II, Teotihuacán, Tetzcotzingo y Tlapacoya.



Municipio	ZA	Ubicación	Extensión territorial (ha)
Ixtapaluca	Acozac	Se localiza en el km 30 de la carretera federal México-Puebla, en la av. Tláloc Sur de la colonia Ampliación Plutarco Elías Calles.	28.289
Toluca de Lerdo	Calixtlahuaca	Se encuentra en el piedemonte del lomerío Tenismó o Calixtlahuaca en el poblado del mismo nombre, aproximadamente a nueve kilómetros al noroeste de la ciudad de Toluca.	118.692
Chimalhuacán	Chimalhuacán	Se ubica a espaldas de la presidencia municipal, sobre la calle Pochotes s/n, en el Barrio de San Andrés.	0.924
Naucalpan de Juárez	El Conde	Se localiza en la calle Ozumba número 15, en la colonia que lleva el mismo nombre de la zona arqueológica.	0.786
Acambay	Huamango	Situado a 5 km al norte de la cabecera municipal, sobre la meseta de San Miguel, sobre la carretera Toluca-Querétaro en el km. 93.	53.779
Texcoco	Huexotla	Se encuentra a 5 km. al sur de la cabecera municipal en la calle San Francisco en la colonia de San Luis Huexotla.	99.524
	Los Melones	Se ubica en la calle Abasolo número 100 de la colonia El Carmen, en la cabecera municipal.	1.501
La Paz	Los Reyes	Situado en la calle Benito Juárez en la colonia de Los Reyes Acaquilpan.	0.585
Malinalco	Malinalco	Se localiza a 99 km de la Ciudad de México por la carretera Toluca hacia la Marquesa, rumbo a Tenango del Valle, a la altura del pueblo de Jajalpa en la calle Amajac.	35.380
Ocoyoacac	Ocoyoacac	Se ubica en el kilómetro 45.5 de la carretera Toluca-México, en la parte frontal del restaurante "El Parián".	2.216
Tejupilco de Hidalgo	San Miguel Ixtapan	Situado en la región sur del Estado por la carretera federal 134. Está ubicado a 15 km de la cabecera municipal, por la carretera estatal no. 8 que conduce hacia la población de Amatepec.	0.234 Aprox.
Tlalnepantla de Baz	Santa Cecilia Acatitlán	Se localiza en el callejón de Tepotzenco s/n, pueblo de Santa Cecilia Acatitlán.	0.888
	Tenayuca I	Se ubica en la calle Quetzalcóatl, en la colonia de San Bartolo Tenayuca.	1.032
	Tenayuca II	Situado en la calle Pirámide, en la colonia Tlalnepantla centro.	0.686
Tenango del Valle	Teotenango	Se localiza al poniente de la población de Tenango a 20 km al sur de la ciudad de Toluca, en la avenida Dr. Román Piña Chan.	648.036
Teotihuacán	Teotihuacán	Se ubica aproximadamente a 40 km al noroeste de la Ciudad de México, sobre la autopista Ecatepec Pirámides.	3381.417
Texcoco	Tetzcotzincó	Se sitúa sobre el lomerío de Tetzcotzincó, junto a los poblados de San Nicolás Tlaminca y San Diego Xochimanca.	122.956
Ixtapaluca	Tlapacoya	Se encuentra en el Barrio de Ahuehuetes s/n en Santa Cruz Tlapacoya, en la calle Cda. Del Silencio.	2.721

Tabla 1. Zonas arqueológicas abiertas al público del Estado de México. ©/INAH, 2017.



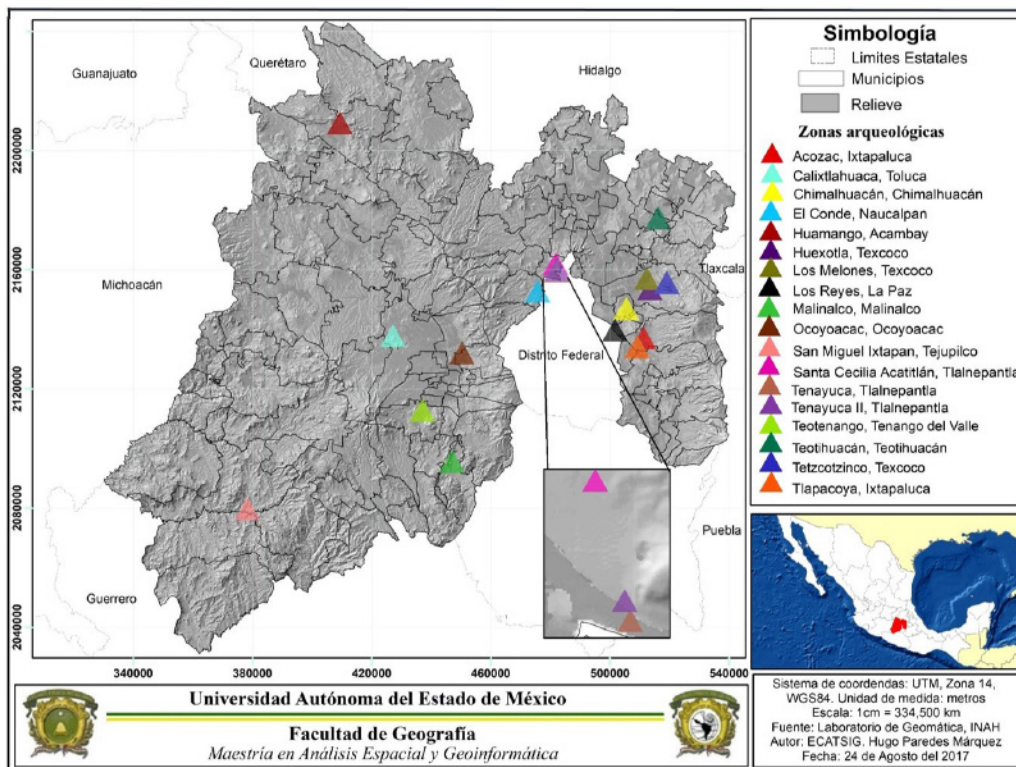


Figura 4. Mapa de localización de zonas arqueológicas abiertas al público del Estado de México.
Imagen: ©Hugo Paredes, 2018.

Caracterización físico-geográfica

La caracterización físico-geográfica aplicada consiste en describir las cualidades que presenta cada componente del espacio geográfico con sus diferentes variables, donde se explica la interrelación con otros procesos asociados inherentes a la distribución espacial y a la localización, aplicada de forma sistémica, debido a que cada zona arqueológica está relacionada con diferentes componentes geográficos, los cuales se conforman por diferentes variables o elementos, que de acuerdo con la teoría de geosistemas propuesta en 1978 por Sochava la define como “aquellos elementos naturales localizados en el espacio”, por lo cual esta caracterización es indispensable para identificar qué variables físico-geográficas tiene cada zona arqueológica (Hernández, 2012: 75).

Bajo este argumento, los sitios arqueológicos se encuentran dentro de un conjunto de sistemas naturales analizados desde la estructura vertical de los componentes geográficos de la Tierra (Figura 5), sujetos de manera ascendente a los elementos de las capas del planeta, lo que conlleva a la identificación siniestros, a través de las características de los problemas socio-ambientales y/o climáticos correspondientes a la localización de áreas, y con ello, determinar la susceptibilidad de algún siniestro que pueda afectarlas.

Cabe señalar que la última fase de la investigación está en construcción, la cual estima que articule un plan de políticas públicas de mitigación ante siniestros naturales, antropogénicos y ambientales que puedan alterar las estructuras de los vestigios arqueológicos, y que además pueda funcionar y servir como un modelo inédito aplicativo a las demás zonas arqueológicas del país.



Figura 5. Estructura vertical de la Tierra. Imagen: ©Hugo Paredes, 2018.

Resultados

El *Marco teórico, conceptual y normativo* permite establecer un modelo, el cual genera las bases epistemológicas para el reconocimiento y entendimiento de las condiciones de deterioro y afectaciones por siniestros naturales, antropogénicos y ambientales en las zonas arqueológicas desde una nueva perspectiva para la mitigación integral. También se deduce que los elementos geográficos que intervienen en el objeto de estudio son concebidos como la unidad mínima de un subsistema que engloba componentes propios, donde se unen varios subsistemas, que a su vez forman otros sistemas y suprasistemas en un área más compleja (Figura 6).

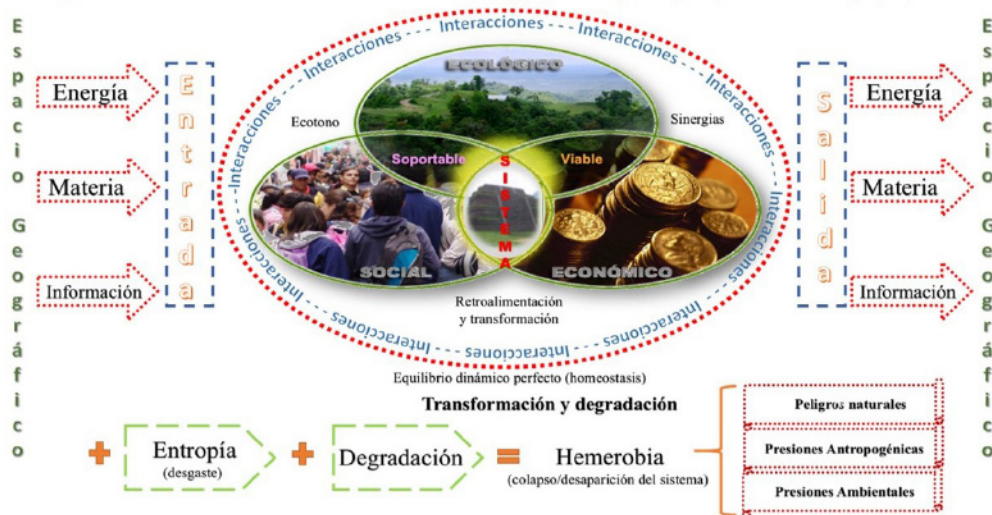


Figura 6. Dinámica de la teoría general de sistemas con las zonas arqueológicas. Imagen: ©Hugo Paredes, 2018.



En este sentido, sí se conoce el funcionamiento de las partes de los subsistemas tanto geológico, geomorfológico, edafológico, hidrológico, uso de suelo, climático y social, se podrán identificar las relaciones que hay entre ellos, y de esta forma diferenciar y analizar cuáles son los siniestros naturales, antropogénicos y/o ambientales a partir de las variables de estudio, donde cada amenaza será acorde a las variables seleccionadas (Tabla 2).

Siniestros naturales		Variables espaciales
<ul style="list-style-type: none"> • Sismicidad • Agrietamiento • Inundaciones • Erosión hídrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Hundimiento • Granizadas • Erosión eólica 	<ul style="list-style-type: none"> - Fallas y fracturas - Relieve y pendiente <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de suelo - Corrientes hidrológicas - Clima (precipitación, temperatura y viento)
Siniestros antropogénicos		Variables espaciales
<ul style="list-style-type: none"> • Turismo de masas • Crecimiento de zonas urbanas • Microsismo 		<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de visitantes <ul style="list-style-type: none"> - Eventos - Temporadas - Vías de comunicación <ul style="list-style-type: none"> - Población - Uso de suelo - Tipo de roca - Tipo de suelo
Siniestros ambientales		Variables espaciales
<ul style="list-style-type: none"> • Isla de calor urbana <ul style="list-style-type: none"> • Lluvia ácida • Contaminación atmosférica (efecto invernadero) • Intemperismo biológico (invasión vegetal) <ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento del moho 		<ul style="list-style-type: none"> - Zona urbana - Vegetación - Uso de suelo - Vías de comunicación <ul style="list-style-type: none"> - Dióxido de azufre - Óxido de nitrógeno - Dióxido de carbono <ul style="list-style-type: none"> - Metano - Clima (temperatura, viento, precipitación y humedad)

Tabla 2. Identificación de siniestros naturales, antropogénicos y ambientales por variables espaciales de estudio. ©Hugo Paredes, 2017.

Discusión

Los resultados están sustentados en distintas corrientes científicas que permiten comprender y diferenciar las condiciones de las zonas arqueológicas dentro de su entorno natural, antropogénico y/o ambiental, donde se exponen los posibles siniestros que puedan afectar y deteriorar a los vestigios arqueológicos, derivado de las entradas y salidas a través de las convergencias de fronteras llamadas ecotonos, dado que la dinámica y funcionalidad a la que está sujeta el sitio

arqueológico corresponde a un sistema abierto en el cuál siempre habrá entrada de energía, materia e información de tal manera que dicho sitio sufrirá una alteración o transformación, de tal forma que la materia sufre desgastes (entropía), bajo un proceso cíclico, no obstante, los sistemas tienen la capacidad de autorregularse y así lograr el equilibrio (homeostasis), pero cuando ésta es rebasada, las propiedades tienden a desaparecer (homeostasis) y es aquí donde los elementos del espacio geográfico son alterados, ya sea de forma natural o por el cambio climático. Al considerar estos elementos naturales es como se pretende fundamentar la nueva perspectiva de la geografía aplicada a la arqueología para la mitigación integral.

Las dificultades y limitantes que se han detectado, son que: no se le ha otorgado importancia a la realización de investigaciones que consideren la interrelación de los componentes del espacio geográfico con respecto al entorno ecológico, social y económico de cada una de las zonas arqueológicas, por lo cual el uso de las nuevas herramientas geotecnológicas para estos problemas es escasa en el área de la arqueología; y es evidente que no todas las zonas se encuentran localizadas espacialmente, implicando que se limite la generación de información, sin embargo, esto también puede deberse a que, en nuestro país, existe un gran número de vestigios arqueológicos, no obstante se tiene que hacer un esfuerzo para considerar la interdisciplina para la mitigación de algún siniestro que puedan causar daño en las zonas arqueológicas ante el cambio climático.

Finalmente esta investigación pretende establecer bases para una formulación de políticas públicas en función a la mitigación de afectaciones ante siniestros naturales, antropogénicos y/o ambientales, contribuyendo, como una herramienta práctica, a la generación de información del deterioro y afectaciones de los sitios. Se espera su uso como modelo para que pueda replicarse a todas las zonas arqueológicas del país y así generar información concreta relativa al cambio climático en el marco de la educación ambiental y la conservación de los vestigios arqueológicos para las generaciones futuras, para finalmente demostrar que la conservación de las zonas arqueológicas va más allá del estudio de una sola ciencia unilateral.

*



Referencias

Aneas, Susana (2000) *Riesgos y Peligros: una visión desde la Geografía. Geografía y Ciencias Sociales*, Barcelona, Scripta Nova.

Bertalanffy, Ludwig (2000) [1976] *Teoría general de sistemas*, México, Fondo de Cultura Económica.

Cedeño, Jaime, y Sánchez, Dalia (2016) *El patrimonio cultural también necesita de los SIG* [en línea], disponible en: <https://pdfkul.com/queue/agenda-reunion-de-usuarios-sigsa-esri-mexico-2016-ver-_59cdfcb21723dd27d62009c2.html> [consultado el 2 de septiembre de 2016].

Hernández, Rosa Estela (2012) *Propuesta teórico-metodológica para la integración de la variable alométrica en la caracterización y diagnóstico ambiental de las subcuencas La Gavia, San Diego y Almoloya*, Tesis de maestría en Análisis Espacial y Geoinformática, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México.

IEECC (2013) *Atlas de Riesgos ante el Cambio Climático en el Estado de México* [en línea], disponible en: <<http://ieecc.edomex.gob.mx/sites/ieecc.edomex.gob.mx/files/files/AtlasRiesgos/Atlas%20de%20Riesgos%20ante%20el%20Cam>> [consultado el 8 de agosto de 2017].

INAH (2016) *Red de zonas arqueológicas del INAH* [en línea], disponible en: <<http://www.inah.gob.mx/es/zonas/5410-red-de-zonas-arqueologicas-del-inah>> [consultado el 24 de agosto de 2017].

Inegi (2000) *Base de datos geográficos* [pdf], disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reinat/uso suelo/doc/uso_pot.pdf> [consultado el 2 de febrero de 2017].

Lanzelotti, Sonia (2015) "La evaluación multicriterio en el espacio regional y dimensión histórico-arqueológica", en G. Buzai, G. Cacace, L. Humacata, y S. Lanzelotti (eds.), *Teoría y métodos de la geografía cuantitativa*, Buenos Aires, MCA Libros, pp. 93-104.

Miranda, Raúl (2015) *Organización espacial en la región de Tenancingo a través de los estudios del patrón de asentamiento, época prehispánica*, Tesis de maestría en Análisis Espacial y Geoinformática, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México.

UNESCO (2007) *Estudios de caso cambio climático y patrimonio mundial* [pdf], disponible en: <<https://whc.unesco.org/document/102380>> [consultado el 14 de julio de 2017].

Villafañez, Emilio (2011), "Entre la geografía y la arqueología: el espacio como objeto y representación", *Revista de Geografía Norte Grande* [en línea] (50): 135-150, disponible en: <<https://www.academica.org/emilio81/2.pdf>> [consultado el 17 de mayo de 2019].

Zetina Gutiérrez, María Guadalupe (2013) *Prospección arqueológica basada en percepción remota en la poligonal de protección El Tajín, Veracruz* [en línea], disponible en: <https://www.academia.edu/9693798/Prospecci%C3%B3n_Arqueol%C3%B3gica_Remota_e_Investigaci%C3%B3n_en_El_Taj%C3%ADn_Ver> [consultado el 15 de agosto de 2017].

