



Año 11, Enero- Junio 2024
Fecha de recepción: 03 de septiembre 2023
Fecha de aceptación: 15 de diciembre 2023

DOI: 10.5377/hyces.v1i23.18537

La Geoarqueología: Un enfoque interdisciplinar para el estudio de las sociedades prehispánicas y coloniales de Nicaragua

The Geoarchaeology: An Interdisciplinary Approach to the Study of Pre-Hispanic and Colonial Societies of Nicaragua

Herme Ramos Araica 

herme.ramos@unan.edu.ni

<https://orcid.org/0000-0003-0567-7689>

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Managua (UNAN-Managua)

Resumen

Las investigaciones geoarqueológicas involucran la ejecución de trabajos multidisciplinarios, donde los objetivos, modelos teóricos, estrategias metodológicas y análisis de resultados construyen conjuntamente desde la arqueología y disciplinas a fines un corpus de datos que ayudan a la interpretación de un problema concerniente a la vida en el pasado. Sin embargo, los geocientíficos y arqueólogos, a través de estos estudios, muestran una lectura diferente de los restos materiales, que vienen a ampliar la gama de temáticas, análisis e interpretaciones, que hasta el momento los métodos y técnicas tradicionales no han logrado precisar. En Nicaragua han sido pocos los estudios con este tipo de enfoque, por la implicación de costos y por no contar con especialistas en este campo. A continuación, se presenta una propuesta de interpretación y análisis de la aplicación de estos métodos en la arqueología nacional.

Palabras clave: *Prospección geofísica, geoarqueología, georadar, magnetómetro.*

Abstract

Geoarchaeological investigations involve the execution of multidisciplinary works, where the objectives, theoretical models, methodological strategies, and analysis of results are jointly constructed from archaeology and related disciplines to form a corpus of data that aids in interpreting issues concerning life in the past. However, geoscientists and

archaeologists, through these studies, offer different readings of material remains, thereby broadening the range of themes, analyses, and interpretations that traditional methods and techniques in archaeology have so far failed to specify. In Nicaragua, there have been few studies employing this approach due to the implications of costs and the lack of specialists in this field. Therefore, we aim to explore the implementation of this approach to interpret the social construction of ancient peoples.

Keywords: *Geophysical Prospecting, Geoarchaeology, Georadar, Magnetometer.*

Introducción

La geofísica es un campo de estudio de la física de la tierra, incluyendo su gravedad y su interacción con las ondas electromagnéticas. Por esta razón, los especialistas en el tema estudian terremotos, el movimiento de los continentes y otros fenómenos que ocurren en el planeta.

Cuando usamos el término “geofísica” en arqueología, usualmente nos estamos refiriendo a ciertas técnicas o uso de herramientas, como el magnetómetro, georadar y resistividad eléctrica, que se utilizan para detectar propiedades de los depósitos que están debajo de la superficie. Con estos instrumentos se pueden detectar materiales culturales como muros, hornos, residencias, etc.

Por ser un campo poco conocido en el país, el objetivo de este estudio busca destacar la importancia y pertinencia de la aplicación de la Geoarqueología en sitios arqueológicos específicos, como una herramienta útil para el campo de la arqueología, especialmente en áreas con potencial arqueológico, el cual puede estar en riesgo debido a la alarmante velocidad del desarrollo urbano y la agricultura industrializada que atentan con la destrucción de estos lugares de interés patrimonial.

Primeramente, se hará una pequeña reflexión sobre el significado del patrimonio arqueológico nacional y la importancia de su preservación para el estudio de las próximas generaciones. En un segundo acápite, se abordará el tema de las prospecciones geofísicas que describe el funcionamiento de herramientas específicas como el magnetómetro y el georadar. Por último, se hará un recuento sobre la situación actual de los estudios geoarqueológicos en Nicaragua con el propósito de advertir sobre la necesidad de continuar utilizando estas herramientas que contribuyen a la preservación de nuestro patrimonio cultural.

La metodología acá implementada se sustenta bajo los métodos analítico, comparativo e histórico-lógico, implementado en la búsqueda documental y selección de la teoría aplicada a los estudios geofísicos en general y seleccionada a partir del análisis de datos, fotografías e imágenes encontradas en documentos como tesis, informes, libros, artículos, etc.

Dentro de esta perspectiva, en este ensayo se han propuestos las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué es la prospección geofísica? ¿Cuál es la importancia de la implementación del Radar de Penetración Terrestre (GPR) y el Magnetómetro, para su aplicación en sitios arqueológicos del país? ¿Es pertinente la utilización de métodos geofísicos en contextos arqueológicos?

El patrimonio arqueológico y las prospecciones geofísicas

El patrimonio arqueológico está conformado por manifestaciones únicas y excepcionales que fueron creadas y elaboradas por las sociedades que habitaron el territorio de lo que hoy es Nicaragua. Como evidencias existen elementos como la cerámica, arte rupestre, montículos, asentamientos, cementerios o tumbas, etc. En este sentido, su documentación, rescate y difusión debe ser una prioridad ante la amenaza que implica el avance urbanístico en todo el país, creando estrategias para conservar y resguardar todo el acervo cultural que nos heredaron nuestros ancestros.

Las nuevas herramientas con las que se dispone, aportadas por disciplinas tan importantes como la geofísica, servirán como insumos viables para la documentación y registro de las evidencias ya que, la implementación de estos dispositivos permite la adquisición de datos a una escala mucho mayor, más allá de lo que pueda aportar una prospección o excavación, facilitando a los arqueólogos ver los elementos enterrados sin removerlos, obteniendo una conceptualización más amplia del sitio en estudio.

Debe tenerse en cuenta que la prospección geofísica tiene que ver con un conjunto de técnicas físicas y matemáticas que se aplican a la exploración del subsuelo para la búsqueda y estudio de yacimientos arqueológicos sin tener que recurrir necesariamente a excavaciones invasivas.

Sin lugar a dudas, las prospecciones y las excavaciones arqueológicas son los métodos indiscutibles por excelencia utilizados por la ciencia arqueológica; sin embargo, el desarrollo científico y tecnológico ha proporcionado a las ciencias sociales y naturales equipos y técnicas para estudiar las propiedades del terreno, que hacen hasta cierto modo más práctico el trabajo. Habiendo dicho lo anterior, se puede afirmar que la arqueología fácilmente podría acoplarse para el desarrollo de futuras investigaciones sistemáticas a pequeña y gran escala en los lugares que aún no se han estudiado.

En el ámbito nacional, las prospecciones geofísicas aplicadas a la arqueología no han tenido un importante desarrollo. Si bien es cierto estos métodos no tradicionales para la identificación y análisis, se han aplicado en algunos casos desde el año 2003 en la zona central y el Pacífico del territorio, no ha tenido mayor auge. Hasta la fecha solo se contabilizan tres sitios donde se han aplicado estos métodos (CIGEO, 2005; Neff, et al 2017; Neff y Brown, 2022).

Cabe destacar que los sitios arqueológicos donde se han desarrollado estos estudios a nivel nacional son: Ruinas de León Viejo, sitio arqueológico El Quebracho, en Boaco¹, y el sitio arqueológico La Arenera, en Managua.

Históricamente, se considera que la primera aplicación de métodos geofísicos en arqueología ocurrió casi simultáneamente en Inglaterra, realizada por J. Atkinson, y en México, por Terra en el período de 1946-47; con la utilización de métodos eléctricos. No obstante, J. Atkinson es reconocido como el primero en proponer el uso de este método en nuestra especialidad y mostrar imágenes legibles y fiables de estructuras arqueológicas enterradas (Brito-Schimmel y Carreras, 2010, p. 9).

Por el contrario, la Geoarqueología o Geología Arqueológica, conocida también como arqueología contextual, desde un punto de vista teórico y metodológico fue propuesta por Karl W. Butzer (1982), quien fue el primero en proponer lo que se conoce también como arqueología ambiental, en un sentido mucho más amplio del concepto tradicional, “la cual se ocupa sobre todo de la expresión multidimensional de la toma de decisiones humanas dentro de un medio natural específico” (Acevedo, 2014, p. 124).

En relación a lo anterior, Favier (2001), refiere que este trabajo se desarrolla en el marco de la perspectiva de Butzer, quien enfatiza que más que un repertorio de técnicas utilizadas con determinados fines destaca que:

La Geoarqueología es, ante todo, una aproximación conceptual. Es un componente del paradigma que él denomina Arqueología Contextual, y es en este modelo teórico que adquiere su relevancia. El concepto central en la arqueología contextual es el ecosistema humano, cuyos componentes -flora, fauna, clima, paisaje y cultura humana- se reconstruyen, y cuyas interacciones se utilizan para explicar la estabilidad o el cambio cultural. Entonces, de acuerdo con Butzer, un sitio arqueológico no sólo requiere la presencia de arqueólogos, sino también la de

1 Primer sitio prehispánico donde se aplicaron métodos geofísicos a nivel nacional y donde su servidor colaboró en los trabajos de campo y entrenado en el uso de la máquina PXRf, Georadar, y equipos de magnetómetros.

especialistas en Geoarqueología, arqueobotánica y zooarqueología, entre otros, cuyas investigaciones simultáneas e integración de los datos se convierten en un requisito para el acercamiento contextual. (p. 6)

No obstante, las prospecciones geofísicas aplicadas a la arqueología han tenido un importante desarrollo desde la década de los 80 en países europeos y Norteamérica; actualmente es cada vez más común su aplicación en yacimientos arqueológicos y la razón es bien simple, se trata de técnicas no destructivas que pueden proporcionar información pertinente sin que los registros sean perturbados, permitiendo nuevos análisis y lecturas de los datos recopilados, por lo tanto, constituyen una herramienta eficaz para la investigación arqueológica.

También las prospecciones geofísicas, cuando se aplican a la arqueología, permiten evaluar el potencial de un yacimiento antes de iniciar una excavación, con el consecuente ahorro de tiempo y dinero, además de ayudar a planificar la posterior intervención, ya que, antes de iniciar la excavación, “se dispone de un mapa bien detallado de las posibles estructuras conservadas del asentamiento” (Brito-Schimmel y Carreras, 2010, p. 9).

Con respecto a lo anterior, la Geoarqueología es una alternativa muy interesante, porque proporciona una menara viable para prospectar grandes áreas y lograr definir con exactitud evidencias enterradas, e incluso, qué tipo de material se encuentra por debajo de la superficie, descartando las excavaciones hipotéticas.

Las prospecciones geofísicas

La magnetometría y Georradars detectan perturbaciones del campo magnético de la tierra que se pueden producir por pedazos de hierro, concentraciones de basura orgánica, piedras volcánicas o sedimentos que fueron expuestos a temperaturas altas en el pasado, “estos métodos de prospecciones se han usado desde hace mucho tiempo en la arqueología para proporcionar datos sobre la naturaleza de depósitos sub-superficiales” (Neff et al, 2017, p. 9).

Ahora bien, la geofísica aplicada a la arqueología radica en que permite ahorrar tiempo evitando excavaciones innecesarias y destructivas. Por tal motivo, la prospección geofísica constituye una herramienta poderosa no invasiva que puede ser de ayuda para el arqueólogo ya que se empeña en la búsqueda e identificación de las posibles estructuras arqueológicas que se encuentran enterradas en el subsuelo, pero que a simple vista no puede identificar con certeza.

Al respecto, Pérrot et al, (2004), señala que:

Es el estudio de la parte superficial de la corteza terrestre el cual constituye una herramienta poderosa que puede ser explotada a favor de la arqueología, centra su atención en todo el punto del espacio-tiempo de ciertos parámetros físicos del suelo, tales como la resistividad y la conductividad eléctrica, entre otras. Las representaciones de estas variaciones sobre un mapa y su posterior interpretación permiten hacer inferencias sobre la ausencia o presencia de estructuras arqueológicas en el subsuelo. (p. 2)

El mismo autor señala que la geofísica es una disciplina científica que se encarga del estudio de las propiedades físicas de la tierra, y esta, a la vez, puede dividirse en dos partes: la Geofísica Pura, que se encarga del estudio de la gravedad, el magnetismo y la sismología terrestre; por el otro lado está la Geofísica aplicada, que se encuentra consagrada a la aplicación de la geofísica pura.

Un elemento muy importante, sobre la Geoarqueología es que consiste en un campo interdisciplinario de investigación, por lo cual Acevedo (2014) manifiesta que:

Implica un paso más que la mera interdisciplinariedad, es decir, el diseño de tales trabajos debería de expresar la conjugación entre la arqueología y la geociencia a niveles teóricos, metodológicos y claros en el análisis de datos. Todo con el fin de proporcionar algunos datos interpretativos sobre actividades cotidianas de las sociedades ancestrales que en el día de hoy no existen. (p. 128)

Por ende, este tipo de estudios geofísicos aplicados permiten exclusivamente identificar rasgos y anomalías² encontradas por debajo de la superficie, por esta razón, “las interpretaciones y análisis dependerán de los procesamientos elaborados por el investigador” (Peña et al, 2006, p. 23). Es decir que los estudios se centran nada más en la identificación y localización de materiales arqueológicos en el subsuelo.

Georadar (Ground Penetrating Radar, GPR). El Georadar también conocido como radar del subsuelo, o por sus siglas en inglés: Ground Probing Radar o Ground Penetrating Radar (GPR), es una técnica de alta resolución de prospección geofísica. El método es similar al de sísmica de reflexión de pequeño ángulo, diferenciándose ambas en el rango de frecuencias utilizadas. “El georadar emplea ondas electromagnéticas de frecuencias entre 100 y 1 GHz, la cual es un sistema electromagnético para la detección y localización de elementos, formaciones y anomalías en el subsuelo, objetos o construcciones” (Broseta, 2010, p. 13).

2 En términos de geofísica se utiliza esa palabra para designar anomalías magnéticas que son provocadas por las variaciones en la cantidad de hierro en los materiales enterrados o en superficies que fueron sometidas a alteraciones.

El georradar se basa en la emisión de impulsos electromagnéticos de muy corta duración y en el principio de reflexión de ondas electromagnéticas que se propagan en un medio. La propagación de estos pulsos se puede definir teóricamente a partir de ondas electromagnéticas. De este modo, El Georradar puede ser aplicado en diferentes campos, los cuales podrían ser dirigidos a la caracterización de elementos constructivos, (cimentaciones, hormigones, asfaltos); prospecciones minerales, cartografía, estratigrafía, arqueología, paleontología, tectónica, sismología, contaminación ambiental, determinación de la profundidad, caracterización de los perfiles y búsquedas de víctimas de aludes, etc.

Figura 1. Prospección con el GPR, véase la antena que es arrastrada por una persona mientras la otra carga la computadora que es la que se encarga de registro y levantamiento de datos.



Fuente: (Neff, 2017, p, 11)

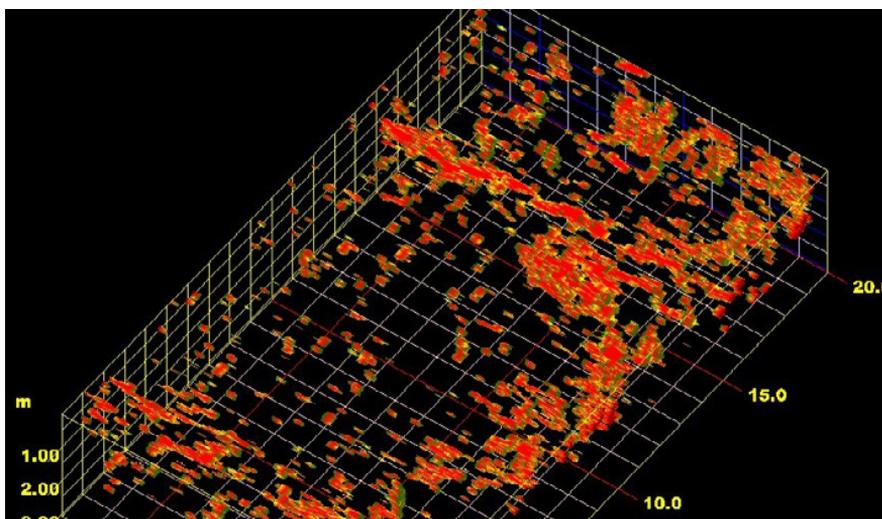
El GPR ofrece un registro de alta resolución y es un método rápido, como sugiere Fonseca, (2006), aludiendo que es un sistema eficaz y sencillo:

El sistema GPR consiste fundamentalmente en tres partes: una unidad emisora, la cual genera las ondas electromagnéticas incidentes en el medio; una receptora, la cual se encarga de detectar las ondas electromagnéticas resultantes y una unidad de control, encargada de almacenar y mostrar en la pantalla del ordenador los datos obtenidos en el levantamiento. (p, 45)

En efecto, la onda electromagnética reflejada se recibe a través de la antena receptora y se registra en la unidad central para su posterior tratamiento e interpretación. Las mediciones se realizan desplazando las antenas del georradar en vehículos, plataformas o manualmente. Dicho de otro modo, es una técnica que tiene una gran resolución, por lo que sus lecturas son casi precisas.

Su función consiste en la emisión de ondas electromagnéticas, las cuales inciden en el medio heterogéneo, con base en los tiempos de retardo de la onda reflejada y el cálculo de la velocidad de propagación de la onda en el material presente, en el cual se pueden encontrar la ubicación del objeto receptor. (Fonseca, 2006, p. 45).

Figura. 2. Distribución espacial de los materiales arqueológicos en imagen 3D, indicando las zonas de mayor acumulación remarcado en rojo tanto en superficie como en la profundidad



Fuente: Peña, J. et al. (2006)

Los recorridos con GPR se utilizan en la actualidad para estudiar grandes áreas de depósitos arqueológicos de una manera rápida y pocos recursos económicos. En este sentido, Daniels et al (2014), expone que “estas tecnologías permiten una mejor solución de recuperación de datos a través de grandes áreas con una mínima perturbación y destrucción del registro arqueológico” (p. 4), así mismo permite la caracterización del subsuelo de forma no alusiva, lo cual lo hace una herramienta útil para la delimitación y caracterización de estructuras arqueológicas, además dimensionar las labores de excavación, delimitar sectores interesantes, en los mejores casos, realizar guías de intervención arqueológicas.

Magnetómetro. La magnetometría es una técnica que se fundamenta en la detección de irregularidades en la intensidad de un campo magnético generado por un objeto enterrado. Así, el magnetismo puede ser inducido por influencias como las cargas eléctricas de un rayo o el calor. En el ámbito arqueológico, la presencia de estas anomalías sugiere que materiales como las arcillas, cuyo componente principal es la hematita, se transforman al ser expuestos al calor (Vásquez y Mosquera, 2022).

Figura 3. Prospección del área mediante la utilización del Magnetómetro. Sitio Arqueológico El Quebracho. Teustepe, Boaco. Fotografía: Enmanuel Bolaños.



Fotografía: Enmanuel Bolaños

El magnetómetro es un instrumento que detecta variaciones en el campo magnético de la tierra, rasgos magnéticos localizados por debajo de la superficie terrestre que pueden aumentar o decrecer en el campo creando anomalías en las medidas magnéticas, en este sentido, la cerámica para dar un ejemplo claro, cuando es sometida a cocción o sometida a altas temperaturas, esta puede crear anomalías, como producto de la variación magnética, resultante de la variación en la densidad y naturaleza de tiestos y otros materiales arqueológicos debajo de la superficie.

Como parte de la aplicación de este método magnético, se obtiene del recorrido geo-magnético que utiliza un magnetómetro para tomar medidas precisas del campo magnético de la tierra a lo largo de un área amplia, a lo que Arroyo (2004) enfatiza que:

Los arqueólogos pueden delinear anomalías indicando la presencia de depósitos arqueológicos en el subsuelo. Esto se explica ya que muchos materiales arqueológicos tienen un carácter magnético diferente al del suelo natural. Por ejemplo, materiales orgánicos, como aquellos en depósitos de basura, pueden sufrir un proceso químico durante la descomposición que les otorga un carácter magnético diferente a la tierra sin disturbio. De igual manera, la tierra quemada, como aquella asociada a un fogón u horno, puede tener un fuerte carácter magnético que es causado cuando los átomos en la tierra se calientan arriba de su punto de derretimiento, por lo cual todos apuntan hacia el norte magnético. Con esto, la tierra alcanza un fuerte carácter magnético que puede ser detectado por el magnetómetro. (p. 22)

Figura 4. Uso y manejo del Magnetómetro en áreas de pastos y de poca visibilidad de la superficie.



Fuente: Carlos Caro

Figura 5. Uso y manejo del equipo en áreas de pastoreo de ganado vacuno, y recorrido del magnetómetro en superficie visible.



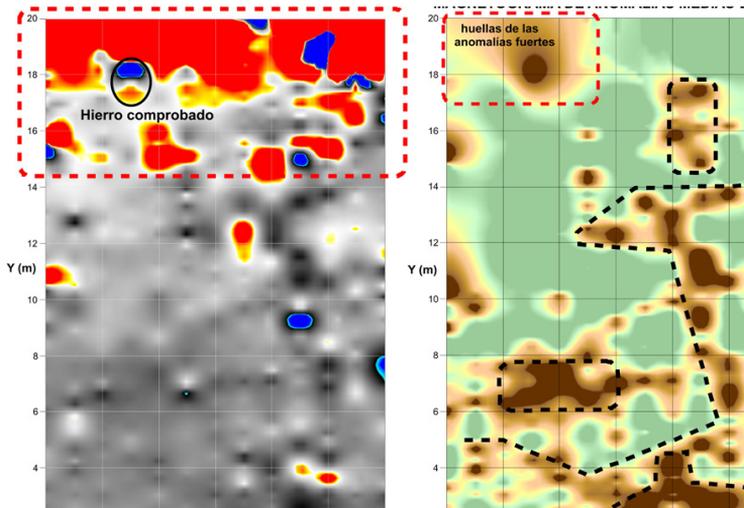
Fuente: Enmanuel Bolaños.

En tal sentido, este dispositivo, mide simplemente las anomalías magnéticas en la superficie terrestre y por debajo de ella. Por lo tanto, interpretando a Brito y Schimmel (2010), apuntan que: “Dentro de las estructuras más indicadas para detectar destacan objetos metálicos en general, estructuras arqueológicas sometidas a calentamientos (fuego, horno y fogón.), artefactos resultantes de la cocción (cerámica, en general, ladrillos, tejas, etc.) y suelos antrópicos”. (p, 17)

Estas lecturas se realizan automáticamente gracias a un temporizador, mientras el operador camina a lo largo de las líneas de medición que componen la cuadrícula, a cada metro, donde el gradiómetro emite un *bip*, y esta señal sonora debe coincidir con las marcaciones de metro en metro de la cuerda o de la cinta métrica que materializa las líneas de medición, permitiendo al operador controlar su ritmo, con solamente mirar dichas marcaciones. El autor antes mencionado, agrega que:

Para operar un gradiómetro con adquisición de datos automático se debe caminar a un paso constante y con ritmo, llevando el gradiómetro siempre a la misma altura del suelo y a una distancia constante de la línea de medida (en general 0,50 m). Estas características de operación exigen cierta experiencia del operador, y además una superficie de terreno relativamente suave y una vegetación que no moleste demasiado. En campos irregulares se pueden tener dificultades en mantener el ritmo y hacer coincidir los *bips* con las marcaciones de metro en metro. (Brito y Schimmel 2010, p, 17)

Figura 6. A su izquierda anomalías fuertes de materiales ferrosos y a la derecha anomalías bajas donde se detectan rasgos lineales y concentraciones negativas dificultando las interpretaciones.



Fotografía: : Peña et al (2006).

Para la adquisición de datos, este dispositivo y de igual forma para el GPR, lo más común es que se establezcan los dos extremos paralelos de la cuadrícula con una cinta métrica o una cuerda con marcas a cada metro, y que perpendicularmente se vaya moviendo otra cinta métrica que servirá de guía para el operador del aparato geofísico, a lo largo de la cual se tomarán las medidas. Al final de cada línea medida, ésta se cambiará hasta el próximo punto de medición, para que la adquisición de

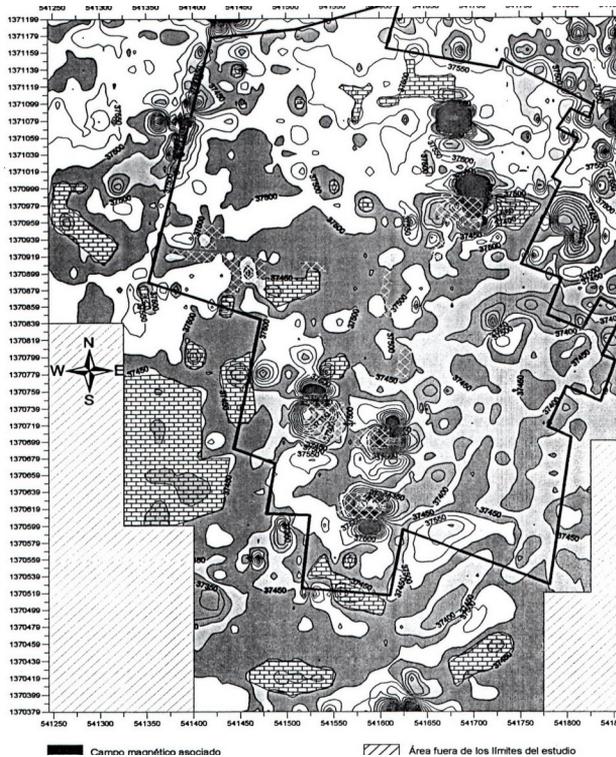
datos sea lo más eficiente posible. “En este procedimiento es aconsejable que el operador utilice los dos sentidos de la dirección, en zigzag (ida y vuelta), para que las lecturas con el aparato sean lo más claro posible”. (Ramos y Aguirre, 2017, p. 5)

La Geoarqueología en Nicaragua

Los estudios geofísicos aplicados a sitios arqueológicos en el país han sido pocos, casi contados con los dedos de las manos. En este acápite, se abordarán tres sitios arqueológicos, y quizás no desde la perspectiva de cual es más importante que el otro, sino más bien desde la perspectiva de las interpretaciones resultantes de cada uno de ellos dentro del marco de la utilización de la geofísica. Dentro de este orden de ideas, se abordará un sitio colonial y dos sitios de carácter prehispánico: En primer lugar, las Ruinas de León Viejo, a continuación, el sitio El Quebracho y por último sitio La Arenera.

El sitio Ruinas de León Viejo, ubicado en el poblado de puerto Momotombo, en el Municipio de La Paz Centro, en el departamento de León, comprende un área de estudio que se caracteriza por contener estructuras coloniales, algunas de ellas en superficie y otras enterradas. El asentamiento colonial fue construido sobre los cimientos de un sitio prehispánico. Sobre la base de este estudio, se desarrolló una prospección con Magnetómetro, Ortofotomapa y Georadar, así como la complementación de un levantamiento topográfico del área y sus alrededores. El objetivo del estudio fue realizar trabajos de geofísica aplicada a la arqueología, para el desarrollo del proyecto denominado Trazado Urbanístico de la Ciudad Colonial.

Figura 7. Mapa de los resultados obtenidos de las prospecciones geofísicas en el Sitio Ruinas de León Viejo



Fuente. CIGEO (2005).

Del procesamiento de la información magnética, se elaboraron un total 42 perfiles de campo magnético versus la distancia, que reflejaron la variabilidad del campo a lo largo de los perfiles según los elementos superficiales y enterradas. “Los perfiles mostraron desviaciones muy fuertes con respecto a la presencia de muchos elementos metálicos que podrían ser interpretados erróneamente” (CIGEO, 2005, p. 21).

De igual forma, se elaboró un mapa del campo magnético, dentro de los cuales se desprenden que las estructuras coloniales correspondieron a patrones de valores de campo magnético dentro de los cuales uno de ellos sugiere la presencia de estructuras coloniales enterradas bajo material aluvial. En dicho mapa se observó “una reproducción de las ruinas expuestas en superficie y otras zonas con el mismo patrón de campo magnético, lo que pudo a ver sugerido que, pudieron corresponder a estructuras coloniales, que muestran ramos de bloques de ladrillo de cuarterón” (CIGEO, 2005, p. 21).

Aunque se utilizó el GPR, el magnetómetro fue el más efectivo por extraer resultados más confiables, sin embargo, la aplicación del GPR fue muy buena, producto de acumulaciones de materiales en eventos hidrológicos extremos por la deposición de gran cantidad de materiales que impidieron una sedimentación paulatina. “Otro factor que hizo difícil la identificación de posibles estructuras existentes en dicha área fue la presencia de muchos árboles que distorsionan las trayectorias de las ondas magnéticas” (CIGEO, 2005, p, 41). En resumen, la aplicación de la geofísica en el sitio, dio como resultados información muy superficial basándose nada más en la identificación de estructuras y no a la interpretación de la información, que, desde el punto de vista práctico, hubo factores que imposibilitaron el estudio, como por ejemplo, las lecturas de los recorridos e incluso la información recogida.

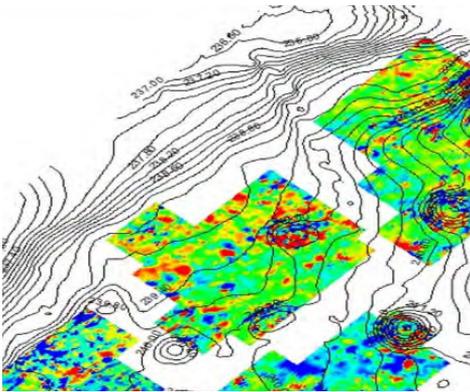
Por otro lado, en el año 2017 se aplican los métodos geofísicos por vez primera en un sitio prehispánico, en particular, en el sitio arqueológico El Quebracho, localizado en el municipio de Teustepe, departamento de Boaco.

En este lugar, un equipo de investigadores extranjeros y nacionales realizaron la investigación titulada, “Reporte sobre la primera temporada de estudio de superficie y la investigación geofísica del sitio arqueológico El Quebracho y las áreas continuas”. En dicha investigación se aplicaron las prospecciones con GPR y Magnetómetro prospectando un área de aproximadamente 1.4 hectáreas, dentro de las cuales se identificaron alrededor de 9 montículos.

El propósito de esa investigación fue obtener información básica sobre patrones de asentamiento, recolección superficial de los materiales y hacer adscripciones crono culturales, complementado las interpretaciones de los datos obtenidos de GPR y Magnetómetro.

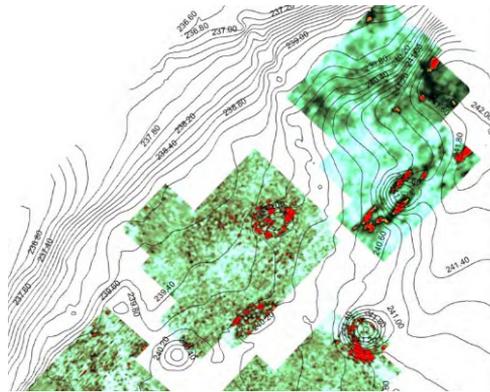
Sobre las interpretaciones los datos magnéticos indicaron la presencia de piedras volcánicas, que se usaban en la construcción de los montículos. En ciertos casos, por ejemplo, los datos magnéticos definieron con más frecuencia la forma de los montículos (rectangular y ovalado). Para el caso de las interpretaciones del GPR el radargrama manifestó cambios de amplitud de las ondas reflejadas, que indica cambios de propiedades eléctricas de conductividad, “logrando definir pisos, alineaciones de piedra, cavidades, y otras clases de variación de material debajo de la superficie” (Neff et al, 2017. p, 11).

Figura 8. Los colores rojos y amarillos indican desviaciones positivas y los colores azules indican desviaciones negativas.



Fuente. (Neff 2017:10)

Figura 9. Resultados de las prospecciones con el GPR, la parte roja son representaciones de anomalías de materiales sometidos a termo alteraciones.



Fuente. (Neff 2017:12)

Por último, el estudio titulado “Investigaciones Arqueológicas en la Arenera³” la cual compete a una superficie de ocupación prehispánica que fue cubierta por una erupción de volcánica de la actual Laguna de Asososca, de hace aproximadamente 2, 100 años. Las investigaciones radicaron en la recolección de artefactos en superficie, prospecciones con Georadar, pruebas de barreno y excavaciones sistemáticas, Neff y Lange (2020).

El sitio cobró interés luego que investigadores nacionales como Espinoza et al. (1998) y extranjeros como McCafferty (2009), les llamara la atención cuando, “durante la extracción de un depósito de arena gruesa aparecieron restos de cerámica de los tipos Rosales Negro Sobre Rojo y Usuluán, correspondientes al periodo Tempisque (500 a.C. – 300 d.C.)” (Neff y Lange, 2020, p. 5).

En síntesis, las interpretaciones de los resultados obtenidos de la exposición cuidadosa de la superficie en que se cayó el material de la erupción, reveló la ubicación de los árboles que crecían al momento de la erupción, así como los agujeros de poste, concentraciones de artefactos y evidencia geoquímica de las actividades humanas previas a la erupción. Las características del paisaje obtenidas de Georadar y Magnetómetro señalaron actividades humanas llevadas a cabo antes de la erupción.

3 Ubicado en el Km 3.4 Carretera Nueva a León, Ciudad Sandino.

“De la misma manera, se conservaron junto con otras depresiones superficiales, otras piezas, que algunas de las cuales se interpretaron como moldes de postes que sugerían estructuras rectangulares”. (Neff y Lange, 2020, p. 49).

Conclusiones

Para finalizar, es necesario anotar que estos equipos no dictan adscripciones crono culturales, y mucho menos prescriben dataciones absolutas ni relativas. Sin embargo, funcionan perfectamente como métodos no destructivos, que no necesariamente requieren del contacto directo con los materiales. Por consiguiente, el procesamiento de los datos corresponde a una segunda tarea, que es exportar las lecturas obtenidas de los equipos a un programa de *software* especializado que se encarga, junto con el investigador, de interpretar los resultados obtenidos en el trabajo de campo.

En ese sentido, se utilizan programas de *software* tales como el *Magmap 2000*, *Surfer* (*Golden Software*), entre otros.

Cabe destacar que, como todo método en el campo de las ciencias, la información puede variar y tener márgenes de errores frecuentes. Además, una de las ventajas de la implementación de estos métodos, es que permiten la adquisición de datos a una escala grande, teniendo una apreciación macro de los sitios prospectados. De igual forma, el proceso de investigación es rápido y permite no hacer excavaciones hipotéticas basados en posibles supuestos de identificar o no evidencias enterradas. De igual manera, estas son tecnologías que pueden ser aplicadas en varios campos de investigación.

Como bien se sabe, las investigaciones requieren de recursos y tiempo. En este sentido, el Magnetómetro y el GPR permiten el ahorro de tiempo, recursos humanos y económicos en algunos casos, haciendo el trabajo expedito. No obstante, a nivel nacional estos dispositivos son altamente costosos, y su mercado se encuentran en el extranjero. En nuestro contexto, el único Instituto de carácter científico que cuenta con estos equipos es el Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEO) de la UNAN-Managua.

En resumen, estas interpretaciones están sujetas a la buena manipulación y a un ambiente sin perturbaciones que no afecte la mala frecuencia de las lecturas en el terreno, ya que son sensibles a ciertos cambios en el medio. En ese sentido, los resultados pueden diferir producto de cualquier cambio leve o brusco sobre el ambiente como lo son los ruidos, la lluvia, el terreno, aparatos electromagnéticos o metales cercanos a los dispositivos que puedan alterar los contextos originales.

Aunque el magnetómetro y el Georadar tienen características muy particulares, y cada uno puede captar datos muy diferenciados o quizás semejantes, su aplicabilidad estará definida según los objetivos y alcances de cada investigación. Por consiguiente, los equipos geofísicos son una herramienta útil y práctica cuando se tienen previstos alcances mayores y un tiempo muy reducido para trabajar.

Listado de Referencia

- Acevedo, B. (2014). Geoarqueología: Interpretaciones Interdisciplinarias para las Investigaciones Arqueológicas. *Revista Geológica de América Central*, Número Especial. 30 aniversario: 123-131
- Arroyo, B. (2004) Metodologías no tradicionales para la identificación y análisis de sitios en la Costa del Pacífico de Guatemala. *En XVII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2003* (editado por J.P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía), pp.20-27. Museo Nacional
- Broseta, R. (2010). *Georradar aplicado a la arqueología: el Palacio del Real de Valencia. Proyecto Final de Carrera, Ingeniería Técnica en Topografía*. [Tesis de licenciatura] Universidad Politécnica de Catalunya.
- Brito, P. y Schimmel, C. (2010). *Mitología para la Prospección Geofísica en Arqueología: Apuntes sobre los Trabajos de IESSO, Can Tacó, Molins Nous y El Goleró*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Caro, C. (2017). *Prospecciones Geofísicas y Mapeo en el Quebracho, Nicaragua: Un Enfoque no Destructivo de Estudiar Actividad Humana Pasada*. Poster.
- Centro de investigaciones Geofísicas (2005). *Estudio aplicado a la Arqueología, proyecto "Trazado Urbanístico de la Ciudad Colonial (Sitio Histórico Ruinas de León Viejo"*. UNAN-Managua.
- Daniels, J. Cossich, M., Neff, H. y Arroyo, B. (2014.). *Las Investigaciones Geofísicas en Kaminaljuyúk*. [Conferencia del XXV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala]
- Favier, C. (2001). *Análisis Geoarqueológicos de los Procesos de Formación, de Registro, Cronología y Paleo ambientales en los Sitios Arqueológicos de Fuego-Patagonia*. [Tesis Doctoral] Universidad de Buenos Aires.

- Fonseca, F. (2006). El Método GPR (Ground Penetrating Radar), en Diferentes estudios de Subsuelo. *Revistas UPTC. Vol. 3, N° 2.* 44-49.
- Neff, H. (2005). *Buscando las Fábricas de Plomizo: Exploraciones Geofísicas en el Área de la Blanca, Costa sur de Guatemala.* [Conferencia del XVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala], Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- Peña, J. (2007). Prospecciones Geofísicas en los Hornos Romanos de la Cartuja (Granada), un ejemplo para obtener información a Priori. *Arqueología y Territorio.* N.º 4. 217-232.
- Pérrot, S. (2013). *Prospecciones Geofísicas en la zona de Cotzumalguapa: Resultados de la VI Escuela Centroamericana de Geofísica Aplicada.* Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- Ramos, H. y Aguirre, U. (2017). *Resumen de Prospección Arqueológica en la Comarca el Quebracho, Municipio de Teustepe, Departamento de Boaco.* [Informe de Investigación] UNAN-Managua.
- Vásquez, C. y Mosquera, A. (2022). *Levantamiento magnético en un sitio de interés arqueológico ubicado en Perucho, provincia de Pichincha, Ecuador.* Grupo Español de Conservación (G-Conservación).