

EL ESTUDIO DE SITIOS ARQUEOLÓGICOS ENTERRADOS DESDE LA SUPERFICIE

Luis Barba Pingarrón

ABSTRACT

The first part of this work makes a brief review of the origin and development of the prospecting techniques and is followed by the proposal of a new methodology for the study of archaeological sites.

This methodology is a pioneer approach in the study of archaeological sites from the surface. It proposes the ordered application of prospecting techniques, not only to locate the structures, but understand the activities related to them. Through the study of the distribution of archaeological materials on the surface and the distribution of chemical elements and compounds, it is possible to establish the relationship between structures and activity areas.

Presentación general

Como ciencia, la arqueología tiene algunas desventajas que superar. La más importante es que al ejecutar su principal experimento, destruye su objeto de estudio. Como se sabe, la arqueología no sólo se interesa en objetos y artefactos, sino en el estudio del contexto arqueológico, y durante la excavación, su experimento inevitablemente destruye el contexto bajo estudio (Thomas 1979).

Pero si la arqueología no puede evitar esta destrucción, sí puede buscar nuevas opciones para minimizarla. Una de estas opciones es la prospección y el estudio de sitios desde la superficie. Del mismo modo que los cirujanos han desarrollado estudios preliminares antes de proceder a las intervenciones quirúrgicas, el arqueólogo debe incluir una serie de estudios previos para hacer la excavación más eficiente y menos destructiva. En muchos casos clínicos, elementos tales como diferencias en el color y características de la piel, y otros síntomas más o menos evidentes, son suficientes para diagnosticar enfermedades simples, pero en los casos en que la importancia

del padecimiento demanda la intervención quirúrgica, es indispensable llevar a cabo estudios intensivos a través de análisis bioquímicos, rayos X, estudios por ultrasonido, tomografías y todas las técnicas disponibles. Solamente después de la aplicación de estas técnicas, el diagnóstico es confiable y el cirujano puede planear su intervención con más seguridad.

De la misma manera, los arqueólogos no deberían ejecutar excavaciones importantes sin la ayuda de una prospección preliminar, ya que la valiosa y única información contenida en el contexto puede perderse para siempre. En un futuro próximo, será práctica común el estudio de sitios arqueológicos utilizando técnicas de prospección, a fin de obtener información sobre las características del sitio antes de iniciar la excavación. La prospección maximizará su eficiencia y la hará más rica en información.

El presente trabajo ilustra una nueva aproximación al estudio de los sitios arqueológicos, utilizando la aplicación ordenada de técnicas de prospección y el análisis computarizado de datos en el campo, para permitir la localización desde la superficie de estructuras enterradas y la interpretación de las áreas de actividad asociadas a ellas.

En la opinión de Richard Linington (*sf*) el origen y desarrollo de los métodos de prospección aplicados a la arqueología se deben principalmente a tres circunstancias:

a) La alarmante velocidad de destrucción de la evidencia arqueológica a consecuencia del desarrollo urbano y la agricultura mecanizada. En especial en países con una importante y larga tradición arqueológica, cada vez que se efectúa una excavación para instalar tubería, líneas de comunicación o para construir cimientos, existe una alta probabilidad de encontrar rasgos arqueológicos. En muchos casos, para evitar costosos retrasos en los programas de construcción, se ha destruido la evidencia arqueológica. Por otro lado, debido a que los tractores cada día son más grandes y potentes, muchas estructuras, hasta hace poco presentes en campos de cultivo, se destruyen cotidianamente durante el trabajo agrícola.

b) El segundo factor es el incremento en los costos del trabajo arqueológico y la restricción de recursos para este tipo de investigación. Los problemas económicos en todo el mundo han afectado la investigación arqueológica, haciendo cada vez más difícil el obtener fondos para las excavaciones. Pero si la arqueología pretende continuar su desarrollo, es urgente buscar otras alternativas para estudiar los sitios en menor tiempo, a menor costo y sin perder información.

c) El último factor mencionado por Linington, es el importante papel de los buscadores de tesoros y los saqueadores en la completa

destrucción del contexto arqueológico y en la pérdida de objetos y monumentos.

Desde mi punto de vista, existe otro punto importante de considerar. Es el desarrollo científico y tecnológico moderno, que ha proporcionado a las ciencias de la tierra equipo superado para estudiar las propiedades del terreno. La arqueología debe adaptar estas técnicas para sus fines y con ellas tratar de enfrentar sus problemas actuales.

Según Aitken (1974:187) en la mayoría de los casos transcurre "poco tiempo entre el momento del descubrimiento de un sitio arqueológico y su total desaparición". La arqueología necesita incluir en su equipaje nuevas técnicas que ayuden a evitar riesgos innecesarios para el patrimonio arqueológico. Si sabemos que cada día se desarrollan nuevas técnicas, en muy diversos campos, y que muchas pueden ser aplicadas a la arqueología, es inevitable el reto de incluir las técnicas de prospección en el quehacer arqueológico tradicional. Es necesario utilizar para tal efecto recursos, de los actualmente disponibles, a fin de no enfrentar problemas nuevos sólo con herramientas de siglos anteriores.

BREVE REVISIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PROSPECCIÓN APLICADAS A LA ARQUEOLOGÍA

a) *Fotografía aérea*

El primer reconocimiento aéreo aplicado a la arqueología fue realizado por Crawford alrededor de 1920. Su primera publicación, *Wessex from the Air*, inició el uso de la fotografía aérea como técnica de prospección (Crawford 1928). Un poco más tarde, Bradford, aprovechando su experiencia como piloto durante la Segunda Guerra Mundial, publicó *Ancient Landscapes* (Bradford 1957). Estos autores establecieron la relación entre los eventos culturales que modifican las características del suelo y varios tipos de marcas en el suelo, observables desde el aire.

Quizá la característica más distintiva de la fotografía aérea sea su capacidad de abarcar grandes extensiones de terreno en una simple fotografía, permitiendo el estudio de correlaciones entre rasgos que son imposibles de apreciar al nivel del suelo. Además muestra los patrones de distribución, que hacen más fácil la detección y delimitación de sitios para estudio.

En México, el material más útil para la fotointerpretación arqueológica son los pares estereoscópicos; sin embargo, las fotografías

oblicuas comienzan a adquirir más importancia. De acuerdo a Limón (1975), las características más valiosas en el estudio de fotografías aéreas de las tierras altas de Mesoamérica son las sombras y las marcas en el suelo. Con el uso de las primeras se puede detectar estructuras aparentes; con las segundas, puede predecirse la localización de rasgos arqueológicos enterrados.

b) *Resistividad eléctrica*

En general, las técnicas geofísicas se dividen en dos grupos: las pasivas, que sólo miden la variación de las propiedades, y las técnicas activas, que producen una alteración, y miden el comportamiento del terreno en estas condiciones.

La resistividad eléctrica es una de las técnicas geofísicas activas. Se basa en diferencias en las propiedades eléctricas del terreno. En este caso, la diferencia se aprecia por el contraste entre los restos arqueológicos y su contexto, que a su vez, es dependiente de la naturaleza de los materiales involucrados, la profundidad, la forma de los restos, la proximidad entre ellos y el contenido de humedad del suelo. Si este contraste es suficientemente grande, los rasgos arqueológicos serán detectables.

La propiedad medida es la resistencia que presenta el suelo al paso de la corriente eléctrica. Debido a que esta resistencia es presentada por una porción específica del suelo, con dimensiones definidas, es necesario involucrar un factor dimensional. De esta forma, la resistividad eléctrica puede definirse como la resistencia ofrecida por un cubo de tierra de dimensiones unitarias. Hasta este momento se ha considerado que el material con el que tratamos es homogéneo, pero éste no es el caso normalmente. El concepto de resistividad eléctrica aparente ha sido introducido para tratar con la resistencia eléctrica de un suelo que no sea necesariamente homogéneo, y éste es el caso más frecuente en el trabajo de campo.

La primera vez que la medición de la resistividad eléctrica se aplicó a la arqueología fue en Inglaterra, en 1946, por Atkinson (1952). Después de esto, esta técnica eléctrica se ha aplicado exitosamente en muchos sitios, entre ellos, Cerveteri y Tarquinia en Italia (Lerici, sf).

c) *Prospección magnética*

El reconocimiento magnético es, por mucho, la técnica de prospección más usada en arqueología, debido quizás a su confiabilidad y fácil uso. Se basa en la medición de pequeños cambios en las propiedades magnéticas del terreno. Está considerada como una técnica geofísica pasiva.

Aun cuando se hicieron algunas prospecciones a principios de siglo midiendo propiedades magnéticas, no fue hasta 1985 que por primera vez Aitken aplicó el magnetómetro de protones a la arqueología (Aitken 1958). En ese momento el objetivo de la aplicación era detectar el magnetismo terromeramente producido por hornos y fuego, pero esos primeros experimentos mostraron nuevas posibilidades de aplicación de la técnica en la detección de otros rasgos arqueológicos, con menores diferencias en su susceptibilidad magnética.

El equipo usado para medir estas variaciones del campo magnético se llama magnetómetro, y en arqueología los más comunes son los magnetómetros de protones. Estos equipos son capaces de medir pequeñas variaciones en la intensidad del campo magnético en un lugar dado. Usando este equipo es posible recorrer un sitio arqueológico y registrar las lecturas en distintos puntos del mismo. El recorrido sistemático de la superficie permite finalmente, la interpretación de estos datos en términos arqueológicos.

Entre los rasgos más fáciles de detectar a través del uso de magnetómetros de protones, están los hornos. Esto es debido al gran cambio de propiedades magnéticas que el fuego produce con la combinación de la temperatura, los minerales de hierro presentes, el tiempo, y las condiciones reductoras durante la combustión, que ocasionan transformaciones importantes en las partículas de hierro. Dichas partículas modifican su estructura atómica y adquieren fuertes propiedades magnéticas, alineando sus dipolos constituyentes en la dirección del campo magnético bajo el que se encuentren. Este tipo de rasgos son fácilmente reconocibles debido a que son concentrados, ya que el contraste magnético con sus alrededores es muy alto. Entre más veces ocurra la combustión, más intenso será el campo magnético remanente (Tite y Mullins 1971).

d) *Estudio químico*

El análisis químico de los suelos es probablemente la menos usada de las técnicas de prospección. Esto se debe a que es un procedimiento analítico que consume mucho tiempo. Aun así, debido a su bajo costo, ha sido aplicada en diversos sitios desde que Arrhenius descubrió su aplicación a la arqueología (Arrhenius 1963, Cook y Heizer 1965).

Entre las herramientas químicas de prospección, sin duda el análisis de fosfato es el más popular, ya que este compuesto persiste en el suelo durante largos periodos de tiempo. La acumulación de fosfatos puede ser detectada debido a que las actividades humanas desechan sobre los pisos, gran cantidad de materiales que contienen

este elemento. Sin embargo, el fósforo y sus compuestos no son los únicos que se acumulan en las áreas de asentamiento humano. Existen al menos 10 elementos directamente asociables a actividades humanas, que son factibles de utilizar como indicadores químicos. De esta forma, es posible la utilización de los elementos químicos como indicadores para el estudio e interpretación de asentamientos humanos.

Si revisamos el desarrollo del análisis de fosfato en la arqueología, veremos que se originó de los estudios del suelo para la agronomía, donde se utiliza para predecir el comportamiento de plantas en relación a la fertilidad del suelo. En estos casos el análisis de suelo es una inversión económicamente redituable, y por lo tanto es posible analizar miles de muestras. Fue así como Arrhenius (1963) descubrió la correlación entre las altas concentraciones de este compuesto y la presencia de rasgos arqueológicos. Más tarde, los geógrafos europeos decidieron utilizar este análisis para estudiar asentamientos humanos y desarrollaron técnicas más simplificadas. De esta forma, la técnica analítica original fue transformándose en una técnica más simple y menos costosa y se fue adoptando cada vez más a los problemas y las necesidades arqueológicas.

La característica más importante de las herramientas químicas es su posibilidad de detectar rasgos invisibles, que aun después de una cuidadosa excavación, son imposibles de apreciar. En excavaciones tradicionales, y aun en excavaciones que incluyen técnicas modernas, se desperdiciaba información importante intrínseca al suelo, al no incluir el análisis químico como herramienta de excavación.

El análisis químico de muestras de suelo detecta áreas enriquecidas, a través de altas concentraciones que contrastan con su contexto. Debido a la estabilidad química de los compuestos de fosfato, se les considera prácticamente inamovibles. Aun cuando esto no es estrictamente cierto, ha sido probado tantas veces y en tan diversas condiciones, que no queda duda de la confiabilidad de esta técnica en la arqueología.

El método más común para practicar el análisis de fosfato fue desarrollado por Eidt (1973) y está basado en una reacción que produce color azul sobre un papel filtro, estando relacionada la intensidad del color, con la concentración de fosfato en la muestra.

e) *Técnicas electromagnéticas*

Este es un ejemplo de una técnica desarrollada para detectar minas con propósitos militares, que encontró otras interesantes aplicaciones. En la arqueología se ha intentado usar como sustituto de las técnicas eléctricas, para evitar la tediosa actividad de inser-

tar los electrodos en el terreno. Desafortunadamente, los primeros experimentos mostraron que aunque teóricamente debe ser posible, los resultados en la práctica han sido pobres.

El principio de operación de este equipo está basado en campos electromagnéticos, que producen o reciben sus bobinas. Durante su operación normal, la bobina de transmisión produce un campo electromagnético que penetra el suelo. Si un metal o cualquier conductor está presente allí, el campo electromagnético genera corrientes parásitas, que a su vez producen un campo electromagnético secundario que emerge desde el suelo y que detecta la bobina de recepción. Finalmente, la señal se transforma en una indicación analógica o digital que permite las lecturas (Legal y Garret 1982).

Debido a su capacidad para detectar metales conductores, su más importante aplicación ha sido la detección de monedas y otros artefactos metálicos. Sin embargo, dado que los metales en Mesoamérica son escasos, su aplicación arqueológica en esta región está limitada.

En este trabajo se propone su uso como herramienta para minimizar las interferencias magnéticas causadas por la presencia de objetos metálicos próximos a la superficie. Puede ser una ayuda para desechar anomalías indeseables y evitar errores de interpretación en la prospección magnética. Hasta hoy, su principal uso ha sido sustituir equipo costoso, como los magnetómetros, o bien para evitar técnicas tediosas, como la resistividad eléctrica. En el primer caso, aun cuando detecta cambios en la susceptibilidad magnética, su penetración es extremadamente limitada. En el segundo, estos equipos no han mostrado ser sensibles a pequeños cambios en la resistencia eléctrica.

APLICACIONES DESTACADAS DE LAS TÉCNICAS DE PROSPECCIÓN EN LA ARQUEOLOGÍA

Probablemente una de las más famosas aplicaciones de las técnicas de prospección en la arqueología ha sido patrocinada por la Fundación Lerici en Tarquinia, donde muchas de las técnicas de prospección han sido aplicadas con buen éxito para detectar tumbas enterradas (Lerici sf).

Estas tumbas fueron excavadas en toba volcánica a casi tres metros de profundidad. La toba volcánica es un contexto homogéneo, en el que es posible encontrar un contraste significativo entre los huecos producidos por las tumbas excavadas y su contexto. En estas condiciones se aplicaron técnicas tan diversas como la magnetome-

tría, la resistividad eléctrica, el sondeo mecánico y la fotografía a través de un periscopio. Todas ellas han tenido éxito en la detección de cientos de tumbas, discriminando entre tumbas con muros decorados, tumbas no decoradas, tumbas intactas y tumbas saqueadas, ahorrando tiempo y dinero en el estudio y rescate de ellas.

La escala de este proyecto es otra de sus características distintivas. Existen miles de tumbas en la necrópolis de Tarquinia, y era necesario cubrir una enorme extensión y al mismo tiempo, competir contra los saqueadores en el descubrimiento de las mismas.

Las tumbas fueron localizadas después de un recorrido sistemático con magnetómetros, registrando las anomalías magnéticas; pero, a fin de precisar dicha localización, se utilizó la resistividad eléctrica como comprobación. De este modo, se superó el problema del desplazamiento de las anomalías magnéticas.

Una vez que la posible tumba era localizada, se introducía, a través de una perforación en el techo de la cámara, un ingenioso equipo modificado a partir de un periscopio de submarino. De esta manera fue posible observar el interior de la tumba, y más tarde, gracias a la adaptación de una cámara, fue posible fotografiarla y registrar los contenidos, permitiendo, en última instancia, la correcta decisión de excavarla o no excavarla.

Aun en proyectos tan destacados como el mencionado, el objetivo principal sigue siendo la localización de estructuras y no el estudio desde la superficie de las relaciones entre las estructuras y otros indicadores, como es el objetivo del presente trabajo.

PROPOSICIÓN DE UNA NUEVA METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Objetivo de la proposición

“Prospección arqueológica” es un término normalmente empleado para describir el uso de varias técnicas que, aplicadas a un sitio arqueológico, proporcionan información sobre la localización del sitio mismo y de sus rasgos enterrados. Pero lo que aquí denomino el estudio de sitios arqueológicos desde la superficie, va más allá de la anterior definición. Este estudio tiene por objeto localizar el sitio y las estructuras que lo constituyen, además de establecer las actividades humanas relacionadas con esas estructuras, utilizando para ello la información que proporcionan tanto la distribución de los materiales de superficie, como los elementos químicos asociados.

Las principales limitaciones de las técnicas de prospección en la

arqueología se deben a que la interpretación de resultados se restringe a la localización de los rasgos mayores, tales como estructuras, lo que resulta reducido si consideramos las múltiples posibilidades de interpretación inherentes a rasgos menores.

En mi opinión, existe la posibilidad de combinar distintas técnicas para formar un grupo que, complementándose y apoyándose mutuamente, permitan profundizar en la interpretación. Uno de los objetivos del presente trabajo es entender la correlación entre los rasgos mayores enterrados y las áreas de actividad asociadas, interpretadas desde la superficie.

De acuerdo a Limbrey (1975:223) "la información acerca de las actividades del hombre y sobre el medio ambiente en el cual vive, reside en el suelo mismo y en las cosas encontradas en, bajo y sobre éste. La 'información intrínseca' está contenida en el material que forma el suelo y en su distribución en el entorno".

En otro párrafo escribe: "otra fuente de información en el suelo es la 'información contenida', esto es, la información proporcionada por los residuos orgánicos y por los artefactos arqueológicos depositados sobre, contenidos en o enterrados bajo el suelo".

Debido a que la mayor parte de la información arqueológica no está ni en las estructuras, ni en los artefactos, sino en la relación entre ellos mismos y con el contexto arqueológico total, es una lástima que la excavación tradicional pierda la información intrínseca al suelo y a los sedimentos cuando los remueve y desecha.

Esta información intrínseca puede obtenerse desde la superficie y permite la interpretación arqueológica antes de practicar la excavación destructiva. De esta forma se brinda una mayor atención al contexto, al medir sus propiedades y al muestrearlo con el mínimo de alteración.

A fin de obtener toda esta información, es necesario combinar técnicas en una secuencia ordenada que permita la aplicación de cada una de ellas en el momento preciso en que resulten más valiosas y eficientes. En esta secuencia, los primeros resultados e interpretaciones soportan a las siguientes, continuando de esta manera. Además, intenta obtener la más completa información sobre un sitio arqueológico antes de la excavación, a través del estudio de las propiedades químicas y físicas de los sedimentos, evitando la destrucción del contexto arqueológico, guiando al arqueólogo en la decisión de dónde y cuánto excavar, haciendo finalmente, que la excavación resulte más rica en información y más eficiente tanto en tiempo como en dinero.

No hay duda de la importancia de las técnicas de prospección en la arqueología moderna, y aunque cada día las posibilidades de aplicación de estas técnicas aumentan con la aparición de nuevos equipos

mejorados, el problema de la interpretación de los resultados persiste y es importante resolverlo. La interpretación arqueológica resulta pobre porque cualquier característica física o química aislada es sólo una muy pequeña parte de la información arqueológica total. De esta forma, aun en el caso en que la interpretación de los resultados de la técnica aplicada fuera muy rigurosa y precisa, y se obtuviera el máximo posible de información, ésta será sólo una pequeña parte del total.

Ha habido muchos intentos para interpretar cuantitativamente la información geofísica, entre ellos podemos mencionar los de Schollar y Kurckeborg (1966), Linington (1964) y Aitken y Allred (1964). Todos ellos han aportado importantes contribuciones en la interpretación de las anomalías magnéticas, determinando la profundidad y la forma del origen de éstas. Sin embargo, los problemas de interpretación persisten y desde mi punto de vista será difícil resolverlos de esta manera, ya que el análisis cuantitativo ha sido diseñado para estudios geofísicos a gran escala, donde las anomalías son de origen natural, además de que resulta muy limitado para explicar las extrañas anomalías que producen, en espacios muy reducidos, las modificaciones culturales.

De acuerdo con Chenhall (1975), el estudio del material arqueológico de superficie proporciona una imagen muy reducida al compararla con la imagen original de la cultura material. De la misma manera, la información proporcionada por cualquier técnica de prospección aislada es muy limitada, y como consecuencia, la interpretación es pobre y se dificulta. Un aspecto interesante que este autor, al igual que muchos otros, no considera la participación de técnicas geofísicas y geoquímicas en la recuperación de la información desde la superficie, y de este modo no se concibe a las anomalías como un indicador de materiales o rasgos arqueológicos. Considero que estas anomalías deben ser incluidas como parte importante del registro arqueológico, ya que es la única forma en que la arqueología de superficie superará su dependencia de la lítica y la cerámica para elaborar sus hipótesis. Los "rasgos de prospección" que hasta el presente han sido ignorados, pueden ser detectados desde la superficie aun en ausencia de artefactos, y podrían ser interpretados en términos arqueológicos si se estudian con la participación simultánea de varias técnicas.

Ya que la diversidad de las actividades humanas produce muy variadas modificaciones en el área de asentamiento, en lugar de practicar un análisis intensivo de una de esas modificaciones, en esta propuesta se intenta estudiar tantas alteraciones como sea posible e interpretar todas ellas en conjunto. Considero que ésta es la única manera en que la información geofísica y geoquímica per-

mitirá la interpretación de sitios arqueológicos desde la superficie, ya que en esta forma, muchas pequeñas partes se conjuntarán para construir un cuerpo de información más completo.

Para tratar de explicar lo anterior, usaré el ejemplo de la producción de las modernas impresiones a color, que se originan de la superposición de varias capas de diferente color. Por sí misma, y aislada, ninguna de las capas tiene mucho valor. Su significado aparece sólo después de la combinación de todos los colores. De esta manera se produce una imagen clara y fácilmente reconocible. De la misma forma, es posible superponer la información proporcionada por las diferentes técnicas de prospección, que quizás aisladas no signifiquen mucho, pero que combinadas e interpretadas en conjunto permiten una clara idea de su aplicación arqueológica.

En las publicaciones especializadas no es común encontrar aplicaciones simultáneas de dos o más técnicas de prospección. Ha sido sólo hasta épocas muy recientes en que se notan los primeros intentos de combinar algunas técnicas geofísicas. Esto es debido principalmente a que la dificultad en la interpretación de los resultados requiere de un apoyo extra; todavía no se producen interpretaciones conjuntas de los resultados químicos, arqueológicos y geofísicos.

En párrafos anteriores se mencionó el uso de diversas técnicas en Tarquinia con el propósito de encontrar y registrar tumbas (Lericí s/f); también en Montelibretti se utilizaron para estudiar grandes extensiones de terreno con el propósito de diferenciar las áreas culturalmente estériles, antes del inicio de construcciones importantes (Linington 1974).

Hammond (1974) y Hus (1975) utilizaron un magnetómetro y un equipo de resistividad en el mismo sitio. Uno y otro confirmaron sus respectivos resultados y los experimentos fueron exitosos.

En general, resulta difícil disponer de ambos instrumentos en el mismo sitio debido a su alto costo, además de que estas técnicas superponen sus campos de aplicación y, como consecuencia, no es común aplicarlas juntas. Sin embargo, es importante considerar que también son complementarias y que pueden apoyarse mutuamente.

Recientemente, un magnetómetro y un radar de penetración se utilizaron simultáneamente. Ya que la interpretación del radar fue problemática en el área histórica estudiada, se propuso el uso del magnetómetro para ayudar en la interpretación de los datos (Brain 1980).

El presente trabajo es un intento pionero de involucrar no sólo distintas técnicas geofísicas, sino incluir técnicas geoquímicas, sedi-

mentológicas y arqueológicas en forma ordenada, e interpretar sus resultados en forma integral y con propósitos arqueológicos.

La secuencia de aplicación

El estudio de un sitio arqueológico, a través del uso de técnicas geofísicas y geoquímicas, es posible gracias a que los asentamientos humanos modifican necesariamente el ciclo natural de formación del suelo, produciendo alteraciones físicas, concentración de compuestos químicos y acumulación de materiales culturales. La intensidad de tales modificaciones es dependiente de la duración del periodo de ocupación, el número de habitantes y el tipo de actividades realizadas.

La mayoría de estas modificaciones permanecen el tiempo suficiente para ser detectables después de miles de años, y son intrínsecas al paleosuelo o forman parte de los sedimentos que cubren al sitio.

A fin de detectar estas modificaciones y de estudiarlas, es necesario agrupar las técnicas de manera que puedan ser aplicadas en aproximaciones sucesivas, de forma que las más simples cubran amplias extensiones en breve tiempo, mientras que las técnicas más precisas y lentas se destinan a cubrir superficies más pequeñas donde proporcionen información detallada.

El grupo propuesto en este trabajo está formado por técnicas tomadas de campos tan distintos, como la geofísica, la geoquímica, la agronomía, la edafología y la arqueología, en donde las mismas técnicas se pueden utilizar con muy distintos propósitos.

El orden de aplicación propuesto es el siguiente:

1. *Fotografía aérea.* Incluye la fotointerpretación de imágenes de satélite, de fotografías oblicuas y verticales desde aeroplanos y de fotografías desde globo.

2. *Estudio del medio ambiente.* A fin de ubicar los sitios localizados en las fotografías en un contexto geográfico y geológico, es necesario incluir un estudio sinóptico del área. Esto también proporcionará información sobre condiciones del paleoambiente, del clima y del deterioro de los materiales arqueológicos.

3. *Topografía.* Es absolutamente necesario realizar un buen mapa topográfico del área de trabajo, que ilustre las relaciones entre construcciones modernas, como casas, arroyos, caminos, veredas, etcétera, y muestre, además, el relieve detallado de áreas de importancia para la investigación arqueológica.

4. *Registro del material arqueológico.* Al recorrer un sitio arqueológico es común encontrar material fragmentado, disperso en la

superficie. A fin de establecer la correlación entre las estructuras enterradas y esos materiales es necesario registrar su localización y evaluar su concentración.

5. *Estudio magnetométrico.* Esta es una de las más importantes técnicas geofísicas aplicadas a la arqueología. Su contribución consiste en la detección de los principales rasgos enterrados. Su portabilidad y fácil manejo permiten que sea usado para cubrir extensiones en poco tiempo y así guiar posteriores estudios. Esta técnica se ubica inmediatamente antes del recorrido electromagnético, y del estudio de resistividad, para tratar de evitar las interferencias de metales modernos y restringir el estudio eléctrico a las áreas más interesantes.

6. *Recorrido electromagnético.* Esta técnica funciona como un auxiliar del recorrido magnetométrico. Su función será detectar objetos metálicos modernos en la superficie, que pudieran causar interferencia al magnetómetro.

7. *Estudio de resistividad eléctrica.* Esta técnica tiene un papel importante en nuestra proposición. Su versatilidad permite su uso en sondeos, perfiles y recorridos. También permite la localización precisa de las anomalías detectadas por el magnetómetro, ya que las anomalías magnéticas están desplazadas un poco respecto del origen de la anomalía.

Existen casos donde la interferencia afecta el funcionamiento del magnetómetro, disminuyendo su capacidad de detección o simplemente no permitiendo su operación. En estas circunstancias, es obvio que la resistividad eléctrica será muy útil para obtener información del subsuelo. Por otro lado, en suelos muy secos o muy salinos, las mediciones de resistencia eléctrica son seriamente afectadas y la información proporcionada por el magnetómetro es muy valiosa. Pero aun entre estos dos extremos, existen casos en donde estas técnicas se auxilian una a la otra para discriminar el origen de una anomalía dada. Ésta es quizá la principal razón para el uso simultáneo de estas técnicas. Por ejemplo, los rasgos enterrados, como muros construidos con rocas ígneas, presentan fuertes cambios eléctricos y magnéticos, pero una ligera anomalía magnética y valores de resistencia disminuidos, podrían ser interpretados como un hoyo relleno de material conductor. De este modo, teniendo datos de ambas técnicas es posible tener una más clara idea del origen de las anomalías.

8. *Sondeo edafológico.* Aun cuando las lecturas eléctricas proporcionan alguna información sobre la estratigrafía, es importante confirmar tal interpretación con otra técnica independiente. Se utiliza un nucleador de suelo para obtener muestras a profundidades conocidas. Las muestras se analizan para detectar cambios en sus

propiedades físicas y químicas y se tamizan para recuperar el material arqueológico.

9. *Análisis químico de muestras de suelo.* La participación de la química en este proceso es muy importante para proporcionar información relacionada con actividades. El análisis químico tradicional es una actividad que consume mucho tiempo, por lo que ha sido colocada en la última etapa del proceso. La interpretación de los resultados previos, permitirá la localización de áreas en donde este análisis proporcione información detallada sobre la concentración de los elementos químicos que puedan asociarse con actividades humanas.

10. *Análisis computarizado de los datos.* Este es uno de los pasos más importantes del estudio, ya que de otra manera no sería posible procesar los datos a la velocidad necesaria para interpretar los datos durante el trabajo de campo, y los estudios previos no podrían ser la guía de los pasos subsecuentes.

La mayoría de las técnicas mencionadas han sido usadas en la arqueología en una forma u otra. Han sido escogidas con base en su confiabilidad, facilidad de uso, y principalmente por su característica de no destruir el contexto arqueológico. Este aspecto es importante, ya que después de una temporada de trabajo de prospección, el mayor daño producido en el terreno serán los huecos de los nucleadores, los que no sobrepasan los 10 cm de diámetro. Otra característica importante del grupo de técnicas incluidas es que han sido seleccionadas, ordenadas y modificadas para permitir la obtención y el procesamiento de los datos durante el trabajo de campo, previo a la excavación, para ser útil como referencia para trabajos posteriores y una guía para la estrategia arqueológica de excavación.

El laboratorio móvil para arqueología de superficie

Para poder llevar a cabo la anterior proposición, fue necesario diseñar y construir un vehículo que proporcionara espacio y facilidades de trabajo, además de ser un medio para transportar el equipo al campo.

Tomando en consideración algunas experiencias previas en el diseño de laboratorios móviles (Noakes y Sneider s/f, McCawly y Stone 1983), este laboratorio fue diseñado considerando solamente actividades relacionadas con la arqueología de superficie. El enfoque restringe la actividad del laboratorio a aquellas acciones dedicadas a la predicción desde la superficie de rasgos arqueológicos enterrados, antes de cualquier excavación. Esto implica que no se incluyen facilidades para la excavación, o el análisis de materiales, haciendo el

diseño y la operación de campo más eficiente. Caso contrario al laboratorio diseñado por Noakes y Sneider que, contando con grandes facilidades analíticas para estudiar el material de excavación, debía esperar que los hallazgos justificaran su presencia en el sitio de trabajo.

El vehículo con que se cuenta es un camión con 50 metros cúbicos de volumen en su caja, que ha sido modificada para albergar tres áreas principales. El área de análisis químico y de revelado que incluye una mesa, fregadero, instalaciones de agua, drenaje y espacio para el almacenamiento de reactivos químicos y muestras. El área de estudio y procesamiento de datos consiste de un escritorio, lugares de almacenamiento de libros y manuales, mesa de trabajo, una microcomputadora equipada con monitor, *drives*, e impresora, además de *software* especialmente seleccionado para estas aplicaciones de campo. El área de carga está diseñada para transportar equipo delicado, como el magnetómetro de Cesio, y para albergar el equipo de perforación y de prospección en general.

El espacio dentro del laboratorio móvil está pensado para dar cabida a cuatro o cinco personas trabajando simultáneamente en su interior, con la posibilidad de agregar otras cuatro personas, bajo su toldo externo. Su principal contribución es disponer de todos los medios y herramientas para hacer el trabajo de campo más fácil y eficiente, permitir el análisis químico y físico de las muestras de suelo, y permitir además la producción inmediata de mapas que muestren la distribución de los indicadores empleados en el terreno. Tales mapas pueden mostrar la concentración de los materiales en la superficie, el relieve topográfico, la localización de anomalías magnéticas y eléctricas, etcétera, lo que permite ir construyendo hipótesis parciales que pueden ser probadas al día siguiente, hasta alcanzar una interpretación final.

Comentarios

La proposición de estudio aquí presentada se ha probado hasta el momento en tres sitios arqueológicos. Es una metodología de estudio en evolución constante y en su continua revisión de procedimientos y resultados, se autoevalúan e incorporan nuevas técnicas al final de cada proyecto. De esta forma, la secuencia de aplicación utilizada en San José Ixtapa (Barba 1984), en el sitio propuesto por Morrison Limón, es distinta de la utilizada en el "Proyecto Antigua Ciudad de Teotihuacan" a cargo de Linda Manzanilla y aun distinta de la utilizada en el "Proyecto Cuicuilco" con Manuel Gándara. No obstante las diferencias existentes, las tres aplicaciones tienen el deno-

minador común de intentar estudiar unidades habitacionales antes de la excavación.

Los resultados de todas ellas son alentadores y apoyan la hipótesis de partida de que un sitio arqueológico enterrado puede ser utilizado sin necesidad de la excavación, siempre que se integren en forma adecuada los datos obtenidos desde la superficie.

Los mismos resultados indican que esta metodología no sustituye a la excavación en su capacidad de informar en detalle sobre los rasgos enterrados y sus interrelaciones, pero sí brinda una nueva posibilidad, de escala intermedia, entre los recorridos de superficie y la excavación extensiva. El primero informa sobre la localización de sitios y su temporalidad, mientras que la metodología propuesta dirige su atención a las estructuras enterradas que forman el sitio previamente localizado. Por otro lado, aunque la excavación extensiva es una excelente manera de entender las estructuras y las áreas de actividad asociadas, tiene la enorme limitante de cubrir un área muy reducida. Es por esto que la aportación de la nueva metodología de estudio es entender estas mismas estructuras y áreas de actividad en menor tiempo y en mayor número, aunque nunca con el detalle de la excavación.

En conclusión, podemos decir que no está lejos el día en que ésta y hoy novedosa metodología sea parte del trabajo rutinario previo a la excavación arqueológica, pues factores tales como la reducción de presupuestos, la rápida desaparición de los sitios, la tecnología moderna y la teoría arqueológica, apuntan en esa dirección.

REFERENCIAS

- Aitken, Martin J.
 1958 "Magnetizing Prospecting", *Archaeometry*, 1:24-29.
 1974 *Physics and Archaeology*, 2a. ed., Oxford University Press, Londres.
- Aitken, M. J. y J. C. Alldred
 1964 "A Simulator-Trainer for Magnetic Prospecting", *Archaeometry*, 7:28-35.
- Arrhenius, Olof
 1963 "Investigation of Soil from Old Indian Sites", *Ethnos*, 2-4:122-136.
- Atkinson, R. C. J.
 1952 "Métodes Electriques de Prospection en Archéologie", A. Laming *et al.*, *La Découverte du Passé*, 59-70, A y J. Picard y Cie, Paris.

- Barba Pingarrón, Luis
1984 *The Ordered Application of Geophysical Chemical and Sedimentological Techniques for the Study of Archaeological Sites: the Case of San José Ixtapa, México*, tesis de Maestría, University of Georgia, Athens.
- Bradford, J. S. P.
1957 *Ancient Landscapes*, Bell, London.
- Brain, Jeffrey P.
1980 *Archaeological and Electronic Survey of the Trudeau Site*, Final Report to Office of State Parks, Baton Rouge, Lower Mississippi Survey, Peabody Museum, Harvard University, Cambridge.
- Chenhall, Robert G.
1975 "A Rationale for Archaeological Sampling", *Sampling in Archaeology*, J. W. Mueller (ed.), The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Cook, S. F. y R. F. Heizer
1965 *Studies on the Chemical Analysis of Archaeological Sites*, 2, University of California Press, Berkeley.
- Crawford, Osbert G. S.
1928 *Wessex from the Air*, Clarendon Press, Oxford.
- Eidt, R. C.
1973 "A Rapid Chemical Field Test for Archaeological Site Surveying", *American Antiquity*, 38(2):206-210.
- Hammond, P. C.
1974 "Magnetometer/Resistivity Prospecting at Petra, Jordan in 1973", *Journal of Field Archaeology*, 1(4):397.
- Hus, J. J.
1975 "Magnetic and Electrical Survey Powerful Aids for the Location and Confirmation of Archaeological Features Seen on Air Photographs", *Aerial Reconnaissance for Archaeology*, D. R. Wilson (ed.):98-102 o "Council for British Archaeology", *Research Report*, no. 12
- Legal, Roy y C. Garret
1982 *The Complete VLF-TR Metal Detector Handbook*, Ram Book, Dallas.
- Lerici, Carlo M. (ed.)
s.f. *A Great Adventure of Italian Archaeology. 1955/1956 Ten Years of Archaeological Prospecting*, The Lerici Foundation, Rome.

Limbrey, Susan

1975 *Soil Science and Archaeology*, Academic Press, Londres.

Linington, Richard E.

n.f. *Technical Introduction to Prospecting Problems*, mecanoscrito, Fondazione Lerici, Roma.

1964 "The Use of Simplified Anomalies in Magnetic Surveying", *Archaeometry*, 7:3-13.

1974 "Magnetic, Electric and Coring Surveys at Colle del Forno, Montelibretti. 1970-1973", *Prospezioni Archaeologiche*, 9:47-59.

McCawley, J. C. y T. G. Stone

1983 "A Mobile Conservation Laboratory Service", *Studies in Conservation*, 28:97-106.

Noakes, J. E. y K. A. Schneider

s/f *A Proposal for a University of Georgia Mobile Archaeological Laboratory*, Ms.

Scollar, I. y F. Kurckeborg

1966 "Computer Treatment of Magnetic Measurements from Archaeological Sites", *Archaeometry*, 9:61-71.

Thomas, David Hurst

1979 *Archaeology*, Holt, Rinehart y Winston, New York.

Tite, M. S. y C. Mullins

1971 "Enhancement of the Magnetic Susceptibility of Soils in Archaeological Sites", *Archaeometry*, 13:209-220.