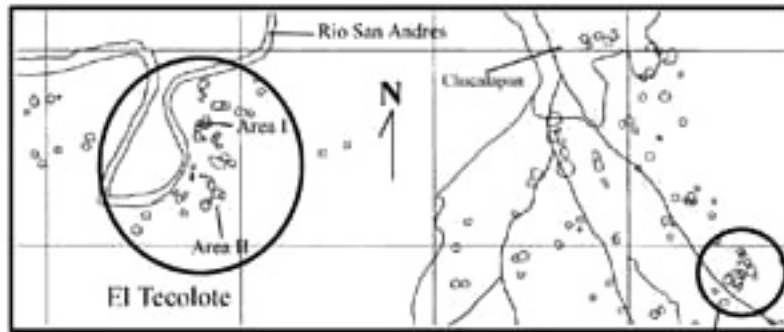


FAMSI © 2005: Daniel Welch

El Estudio Geofísico de Chacalapan, Veracruz, México

Traducido del Inglés por Alex Lomónaco



Año de Investigación: 2000

Cultura: Azteca

Cronología: Posclásico

Ubicación: Chacalapan, Veracruz, México

Sitios: Cinco Cerros y El Tecolote

Tabla de Contenidos

[Resumen](#)

[Abstract](#)

[Introducción](#)

[Metodología](#)

[Gradiometría Magnética](#)

[Resistividad Eléctrica](#)

[Interpretaciones](#)

[Prueba de Basalto](#)

[Cinco Cerros](#)

[El Tecolote](#)

[AREA I](#)

[AREA II](#)

[Conclusiones y Sugerencias para Futuras Investigaciones](#)

[Agradecimientos](#)

[Lista de Figuras y Mapas](#)

[Referencias Citadas](#)

Resumen

El Estudio Geofísico de Chacalapan (EGC) tuvo lugar en los alrededores del pueblo moderno de Chacalapan, en Veracruz, México, durante los meses de marzo y mayo del año 2000. Los objetivos principales del EGC fueron los de ayudar en el trabajo en curso (Proyecto Arqueológico Chacalapan), cuyo fin es revisar el grado de control azteca sobre la región y establecer una cronología cerámica posclásica. El EGC ayudó a concretar estos objetivos a través del hallazgo de depósitos domésticos y áreas quemadas, ocurrido gracias la gradiometría magnética y la resistividad eléctrica. La resistividad también se empleó para realizar "sondeos" a distintas profundidades en los muros de las excavaciones, como así también sobre terreno plano. Esto permitió que los investigadores pudieran inferir el tipo del sustrato (arena, limo, arcilla). El estudio produjo un cuerpo de mapas que mostraron áreas extensas y contiguas de la subsuperficie. El reconocimiento magnético, a la vez que tuvo éxito en la localización de varios yacimientos de importancia, quedó parcialmente obstaculizado por el uso actual de las tierras agrícolas, que ha dado origen a la presencia de desechos metálicos en la zona. Los datos obtenidos en seis excavaciones de prueba nos permitieron ajustar nuestra metodología interpretativa y eliminar las señales causadas por los metales intrusivos. La producción de mapas magnéticos precisos fue un objetivo en sí mismo. Dichos mapas permitirán que el Proyecto Arqueológico Chacalapan pueda decidir con mayor precisión qué áreas se habrán de excavar en el futuro, ahorrando, por lo tanto, tiempo y fondos.

Abstract

The Chacalapan Geophysical Survey (CGS) took place surrounding the modern town of Chacalapan, Veracruz, México during March and May 2000. The main goals of the CGS were to aid ongoing work (Chacalapan Archaeological Project) aimed at examining the degree of Aztec control over the region and establishing a Postclassic ceramic chronology. The CGS helped accomplish these goals by locating domestic deposits and burned areas through magnetic gradiometry and electrical resistivity. Resistivity was employed also to take "soundings" at varying depths in excavation walls and over flat ground. This allowed the researchers to infer the type (sand, silt, clay) of the substrate. The survey produced a body of maps showing large, contiguous areas of the subsurface. The magnetic survey, while successfully locating several important deposits, was partially hindered by modern agricultural land use that contributed metal debris to the area. The data from six test excavations enabled us to refine our interpretive methodology and eliminate signals caused by intrusive metal. The production of accurate magnetic maps was a goal in itself. Those maps will enable the Chacalapan Archaeological Project to better target areas for excavation in the future and thus save time and money.

Entregado el 1 de marzo del 2001 por:
Daniel Welch (dwelch@bu.edu)

Introducción

Recientes investigaciones (Berdan *et al.*, 1996) han sugerido que la zona del sur de Veracruz, en los alrededores del moderno pueblo de Chalcalapan, estuvo ubicada en el borde exterior del imperio azteca. Por lo tanto, los trabajos arqueológicos en esta área tienen el potencial de enriquecer nuestra comprensión de la interacción centro-periferia en una sociedad de estado imperial. El área actualmente está siendo estudiada por el Proyecto Arqueológico Chalcalapan (PAC), bajo la dirección de Chantal Esquivias de la Universidad de Boston ([Figura 1](#)). Los fondos fueron otorgados por FAMSI para llevar a cabo, conjuntamente con el PAC, un estudio de geofísica. El Estudio Geofísico de Chalcalapan (EGC) fue emprendido para ayudar a que el PAC localizara basurales y áreas domésticas.

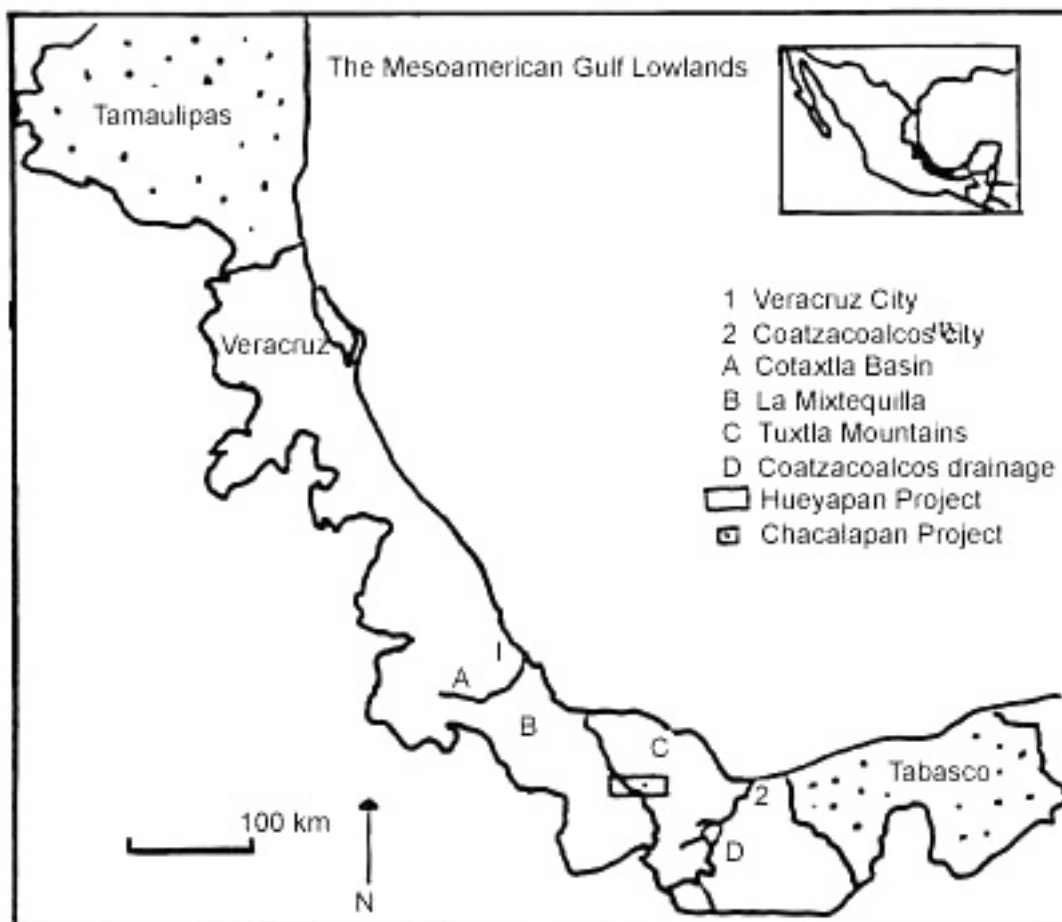


Figura 1: Las tierras bajas de la Costa del Golfo.

Los objetivos fundamentales del PAC radicaban en identificar una presencia o influencia imperial azteca en el área del sur de Veracruz, y en redefinir la cronología cerámica del Posclásico para dicha área. De crucial importancia para estos dos objetivos era la necesidad de localizar cerámicas provenientes de una amplia gama de contextos. Los elementos arqueológicos más habitualmente visibles en la zona son los grandes montículos de tierra. El PAC eligió algunos de estos elementos para determinar su función y sus respectivos períodos de construcción y ocupación. Se esperaba que estas estructuras arrojarían también artefactos diagnósticos que pudieran poner en evidencia cualquier presencia azteca. El PAC también buscaba recuperar material de contextos de basurales fuera de los montículos. Debido a las dimensiones relativamente pequeñas de las excavaciones de prueba del proyecto, hizo falta una técnica para ubicar con precisión los elementos en la subsuperficie antes de iniciar las excavaciones, a fin de ahorrar tiempo y esfuerzos. Nosotros pensamos que un estudio geofísico de alta resolución podía ser la aplicación ideal para este problema.

Metodología

Nuestro trabajo de geofísica en Chacalapan y a su alrededor, se llevó a cabo en dos períodos. El primer período consistió aproximadamente de tres semanas y media durante el mes de marzo del 2000. Durante este período realizamos amplios estudios magnéticos. Este trabajo se concentró en cubrir la máxima extensión de área en un esfuerzo por ubicar tantos elementos como fuera posible. Por medio del uso de mapas generados en el campo a partir de los resultados de estos estudios, se excavaron algunos posibles elementos, pero también decidimos esperar a un procesamiento más intensivo de los datos antes de excavar en todo aquello que se interpretaba como una anomalía. Durante el segundo período, dos semanas durante mayo del 2000, usamos los datos procesados para generar mapas detallados a fin de ubicar posibles elementos que no aparecieran claramente visibles en los datos no elaborados. Entonces ciertos posibles depósitos arqueológicos fueron estudiados con resistividad eléctrica, en un esfuerzo para caracterizarlos aún más. Además, las pruebas de resistividad también se realizaron en los muros de una unidad de excavación abierta, a fin de refinar aun más la comprensión del registro estratigráfico de la zona. En esta sección se detallan las razones por las que elegimos cada uno de los métodos y los equipos utilizados. Presentamos una discusión sobre las técnicas de gradiometría magnética y resistividad eléctrica, seguida por una discusión sobre nuestros métodos de campo y los métodos de procesamiento computarizados.

La Gradiometría Magnética

Después de un estudio preliminar de los restos arqueológicos presentes en la región y la geología subyacente, realizado en el transcurso del Proyecto Arqueológico Hueyapan en 1998, elegimos la magnetometría y la resistividad eléctrica como los dos métodos que mejor se adaptaban al logro de nuestras metas. Los estudios de

magnetometría se usan para medir variaciones insignificantes, que se miden en nanoTeslas (nT) en las propiedades magnéticas de la Tierra y en un área determinada. Los elementos arqueológicos se detectan por el contraste entre sus propiedades magnéticas y las propiedades magnéticas del suelo circundante. Los metales ferrosos, los depósitos densos de cerámicas cocidas, y las áreas quemadas (hornos, fogones) son rápidamente detectados a través del magnetismo (Breiner, 1973; Weymouth, 1986). Más aún, las áreas con perturbaciones en el humus y con presencia orgánica (ya sea antigua o moderna) también son factibles de detectar. Dependiendo de la potencia de la fuente de interferencia magnética, pueden detectarse elementos hasta una profundidad de 2.5 a 3 metros. Los cambios muy leves en la química del suelo también pueden influenciar los resultados magnéticos. Las áreas de un determinado sitio pueden tener un suelo con una concentración más alta de minerales ferrosos que podrían llegar a afectar las lecturas en un área extensa, y es necesario identificarlas y trabajar con ellas durante el procesamiento de datos y su interpretación.

Un problema importante de la magnetometría es que el campo magnético de la Tierra no es constante a lo largo del día. Un magnetómetro registra lo que comúnmente se conoce como campo total. El campo total es la susceptibilidad magnética del suelo, de los elementos enterrados, del magnetismo normal de la Tierra, y de las influencias del sol. Las tormentas magnéticas y la actividad de las manchas solares pueden causar cambios de corta duración en la fuerza del campo magnético que son órdenes de magnitudes más grandes que los cambios causados por los elementos arqueológicos. El campo total puede estar en el rango de 30.000 - 50.000 nT, mientras que los elementos arqueológicos pueden sólo mostrar anomalías en el orden de algunos nT o fracciones de nT. El momento preciso y la intensidad de estas tormentas son completamente impredecibles. Inclusive, el campo magnético normal de la Tierra cambia de intensidad durante el día. A esto se lo denomina efecto diurno, y puede perjudicar gravemente la calidad de la información. A fin de neutralizar estas influencias, los geofísicos arqueólogos emplean la técnica de la gradiometría magnética. La gradiometría utiliza un par de magnetómetros conectados, programados para registrar lecturas exactamente al mismo tiempo. Un magnetómetro se pone encima del otro, a fin de que lean sólo el campo de la Tierra y cualquier interferencia estelar. El magnetómetro ubicado en la parte inferior lee lo mismo que el ubicado en la parte superior, pero lee también las influencias del terreno. Entonces, a un conjunto de datos se le puede restar el otro, para así filtrar casi la totalidad del ruido de fondo y dejar nada más que la influencia del terreno.

Se rentó un Magnetómetro de Geometrics G-858 de Vapor de Cesio configurado en modo gradiente, por un total de tiempo en el campo de 30 días. El G-858 de Geometrics representa la actual tecnología de punta en la magnética de alta resolución, y es capaz de recolectar datos precisos con extrema rapidez, y además, ha sido utilizado exitosamente en aplicaciones arqueológicas (Watters, comunicación personal; Hervanger, 1996). La gradiometría fue nuestra técnica primaria y la empleamos como una herramienta de prospección para la cobertura de áreas extensas. Toda vez que fue posible, las áreas se dividieron en cuadrículas de 40 x 20 metros. Era preferible estudiar un área todo lo extensa y regular en su forma que fuera posible, de tal manera que las nuevas cuadrículas estudiadas pudieran adecuarse fácilmente a las cuadrícula

previas. Sin embargo, teniendo en mente las condiciones de campo del mundo real, seleccionamos un instrumento que tiene la capacidad de reconocer áreas de dimensiones y formas irregulares, en caso de que nos viéramos limitados a causa de la topografía o de la cubierta del terreno (Geometrics, 1995). La cubierta del suelo sobre el conjunto del área estudiada estaba compuesta por pastizales bajos, y por lo tanto no representó un impedimento. Allí donde encontramos arbustos o árboles, la ubicación de los mismos fue marcada en mapas para poder luego identificarlos en los datos. La mayor parte del terreno era relativamente plana. En cada instancia en que se relevó una ladera, se efectuaron transectos sólo en una dirección. Esto fue así para mantener los sensores a una distancia constante de la superficie del suelo a fin de eliminar el error substancial que se da cuando la distancia del sensor al suelo varía. Las áreas planas se estudiaron siguiendo un modelo en zigzag, donde el final de un transecto era el comienzo del adyacente. El software interno del G-858 ha sido específicamente diseñado para este modelo y cumple su propósito, por lo que hacer un reconocimiento de este tipo resulta extremadamente rápido. El tiempo de reconocimiento para cada cuadrícula fue de aproximadamente 1 hora. Dentro de cada cuadrícula, se tomaron muestras del campo magnético cada 10 cm a lo largo de tramos oblicuos separados por 50 cm. Estos parámetros de estudio representan el muy alto nivel de resolución que se necesita para ubicar elementos arqueológicos. Los datos se cargaron en el software del MagMap96 de Geometrics para su procesamiento preliminar, y luego en la Version 6.0 de Surfer del Software Golden del GIS, para su procesamiento intensivo, análisis, y despliegue de resultados.

El procesamiento de datos era necesario para poder contar con la información de magnetismo en un formato posible de interpretar. El G-858 tiene un sistema de memoria interna que registra las lecturas de ambos sensores (los campos totales) al igual que la posición física de la lectura en el área de estudio. La información se bajó a las computadoras laptop a través del uso del software MagMap96 de Geometrics. El MagMap es un instrumento de software específico para descargar y analizar datos magnéticos de los instrumentos Geometrics. Proporciona una representación esquemática del área de estudio, de modo que el operador pueda tener la seguridad que todas las lecturas están en su correcta orientación espacial, pero el software tiene una capacidad limitada en cuanto a procesamiento e interpretación. Una vez que se realizaron las correcciones de la orientación espacial de los puntos de datos, las posiciones X e Y de los puntos de estudio y la diferencia entre los campos totales según lo que midieron los dos sensores (el gradiente) se trasladaron al Surfer. Además de llevar a cabo los cálculos estadísticos necesarios para procesar la información, el Surfer tiene la capacidad de manejar conjuntos de datos verdaderamente enormes. Esto fue significativo para nuestro trabajo porque deseábamos concatenar (o ajustar entre sí) todas las cuadrículas de estudio en un área dada, previo a su procesamiento. Ésto habría de garantizarnos que las funciones matemáticas habrían de operar en forma pareja en la totalidad del conjunto de datos. Para ilustrar el tipo de capacidad de procesamiento que necesitábamos, la más grande de las dos áreas del sitio de El Tecolote, se armó aproximadamente con medio millón de puntos de datos individuales.

Una vez en el Surfer, las estadísticas descriptivas de cada grupo de datos fueron computarizadas, y los datos se abrocharon en la parte exterior de dos desviaciones

comunes de la lectura buscada. Esto eliminó la influencia de las "espigas" de datos. Las espigas son lecturas que se encuentran en los extremos de los conjuntos de datos, y que por lo general han sido causadas por un error de los instrumentos o por basura metálica superficial, como por ejemplo tapitas de botellas o latas. Su presencia puede enturbiar las señales más efímeras que pueden ser consecuencia de la presencia de elementos arqueológicos. De todos modos, es útil examinar cuidadosamente los datos, con las espigas presentes, para discernir si pueden ser significativas desde el punto de vista arqueológico. A continuación los datos fueron nuevamente revisados con estadísticas descriptivas para controlar si se produjo alguna alteración drástica del medio, lo cual podría marcar un error. Entonces, el Surfer puso el grupo de datos mantenidos aparte en la cuadrícula, sin interpolaciones. Con todo esto se produjeron mapas de contorno y de imágenes coloreadas. El rango de datos exhibidos fue manipulado para tratar de centrar la puntería en los elementos. Produjimos mapas finales en el Surfer para usarlos en la programación de excavaciones. Estos mapas eran representaciones en escalas de grises, y como las lecturas de magnetismo tienen un componente numérico positivo y negativo, los extremos se identificaron con rojo o con azul. Esto le permitió a la computadora "estirar" sus 256 tonos de gris por un campo más fino y poner de relieve los detalles menos evidentes. Las anomalías fueron identificadas en base a sus formas. Las formas regulares, o las geometrías que aparecen como un patrón, muy rara vez están presentes en el mundo natural y por lo general señalan la presencia de elementos hechos por el hombre. Más aún, los elementos magnéticos altamente susceptibles tienden a causar una lectura pareja alta/baja, llamada dipolo. Los dipolos también fueron tomados en cuenta como posibles elementos arqueológicos.

Resistividad Eléctrica

Los estudios de resistencia miden variaciones, expresadas en ohms (Ω) en la resistencia eléctrica del suelo a través de un sitio o hacia abajo en una columna de tierra. Se introduce una corriente eléctrica en el suelo por medio de una serie de sondas. La corriente viaja por el terreno hasta otra serie de sondas que miden la diferencia potencial. La electricidad siempre busca el camino de la menor resistencia, de modo que si encuentra un elemento altamente resistente como puede ser un muro de piedra, le dará la vuelta. Un recorrido más largo dará como resultado una resistencia más grande. Las propiedades eléctricas de un suelo dependen principalmente del tipo de matriz, de la compactación, del contenido de humedad, y de los objetos en él enterrados (Clark, 1996; DeVore y Heimmer, 1995). La medición de ohms es luego calculada con respecto a la profundidad, para normalizarla, de manera que las lecturas tomadas como profundidades diferentes puedan ser comparadas; ésto se expresa como resistividad (ρ). Esta técnica fue usada en Chacalapan principalmente para poner a prueba áreas de interés magnético, para efectuar "sondeos" de resistencia a diferentes profundidades en una sola localización, y para estudiar los muros de las excavaciones abiertas. En general, las áreas de basurales ricas desde el punto de vista húmico tenderán a producir menores valores de resistencia, debido a una mayor concentración de iones orgánicos y a la presencia de vacíos más grandes cargados de

humedad en el relleno burdo del basural. Las mediciones de resistividad varían tremendamente con las diferentes humedades del suelo, de manera que esta técnica involucra mucho más trabajo conjetural e interpretativo. Puesto que los mismos tipos de elementos producen anomalías en las dos técnicas, la resistividad se correlaciona bien con el magnetismo de ciertos tipos de elementos. Los sondeos de resistencia también nos permitieron tener una idea del grado y tipo (arena, limo, arcilla) de relleno en las distintas profundidades. La resistividad no fue empleada para el estudio de áreas extensas, sino únicamente para "controlar en el lugar" ciertas áreas. Alterando el espacio entre las sondas del suelo, se puede configurar el instrumento para que lea a diferentes profundidades. Nosotros usamos un Medidor de Resistencia de Suelo Gossen Geohm 3, que nos prestó el Departamento de Arqueología de la Universidad de Boston sin costo alguno. El Geohm 3, a pesar de ser un instrumento más antiguo, respondía adecuadamente a nuestras necesidades.

Es pequeño, tiene una fuente de energía compacta, y tiene la posibilidad de configurar manualmente las sondas, lo cual permite fácilmente realizar estudios a profundidades múltiples. Para la mayoría de los elementos, las lecturas se hicieron a espacios de 50 cm a lo largo de un transecto ubicado para encuadrar las anomalías magnéticas. Las lecturas se hicieron entonces sobre un punto, tomadas a profundidades de .5, 1, y 1.5 metros. Luego, las lecturas fueron convertidas a mediciones de resistividad (ρ), a fin de poder comparar la composición del suelo a lo largo de la profundidad. No hizo falta ningún procesamiento adicional.

Interpretaciones

La sección Interpretaciones ha sido dividida en varias partes que consisten en descripciones de una prueba realizada sobre basalto enterrado y en los dos sitios estudiados: Cinco Cerros y El Tecolote ([Figura 2](#)). La prueba se llevó a cabo en El Tecolote y fue pensada para identificar la marca magnética del basalto. El grueso del estudio se realizó en El Tecolote porque se consideró que el sitio tenía mayores posibilidades de mostrar alguna presencia del Posclásico.

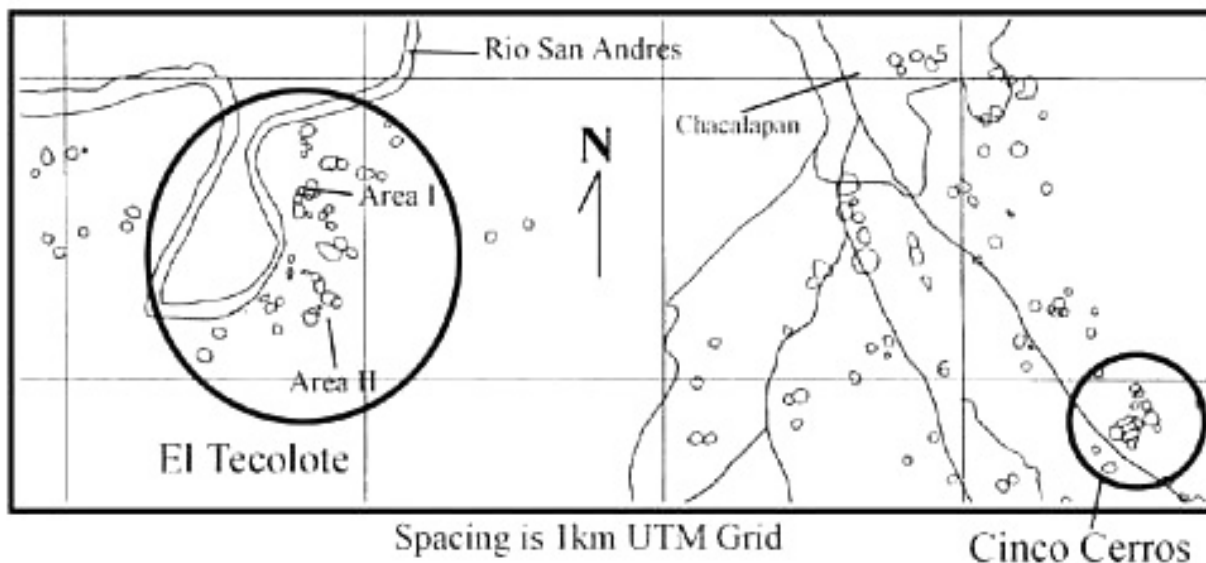


Figura 2: Ubicación de los sitios.

Prueba de Basalto

El basalto es una piedra volcánica pesada que se usó en tiempos prehispánicos para la estatuaria y para hacer piedras de moler llamadas metates. Hay una gran disponibilidad de ella en las cercanas Montañas de Tuxtla, y también la hay como consecuencia de los pequeños guijarros que se van deslavando río abajo desde las montañas, durante las violentas tormentas de la estación de lluvias. Se ubicó una cuadrícula de 5 x 5 metros y se la probó con el magnetómetro para asegurar que no hubiera presente ninguna anomalía importante ([Figura 3](#)). Del cercano río San Andrés se obtuvo un bloque de basalto de aproximadamente 15 kilogramos y se lo enterró a una profundidad de 50 cm. El área fue reconocida una vez más. Como puede observarse en la imagen del mapa, la diferencia es notable. El bloque de basalto produjo una lectura dipolar muy clara.

Cinco Cerros

El sitio de Cinco Cerros está ubicado aproximadamente a 1 km al sudeste del pueblo de Chacalapan. Está formado por una serie de montículos de tierra dispuestos alrededor de una plaza central ([Figura 4](#)). El PAC eligió concentrarse en Cinco Cerros porque se trata de un grupo formal de plaza claramente definido con mínimas evidencias de saqueo. Las excavaciones se emprendieron para fechar la ocupación prehispánica del sitio. Actualmente el área ha pasado a ser campo de pastura para el

ganado, por lo cual en los datos esperábamos encontrar basura metálica de uso moderno.

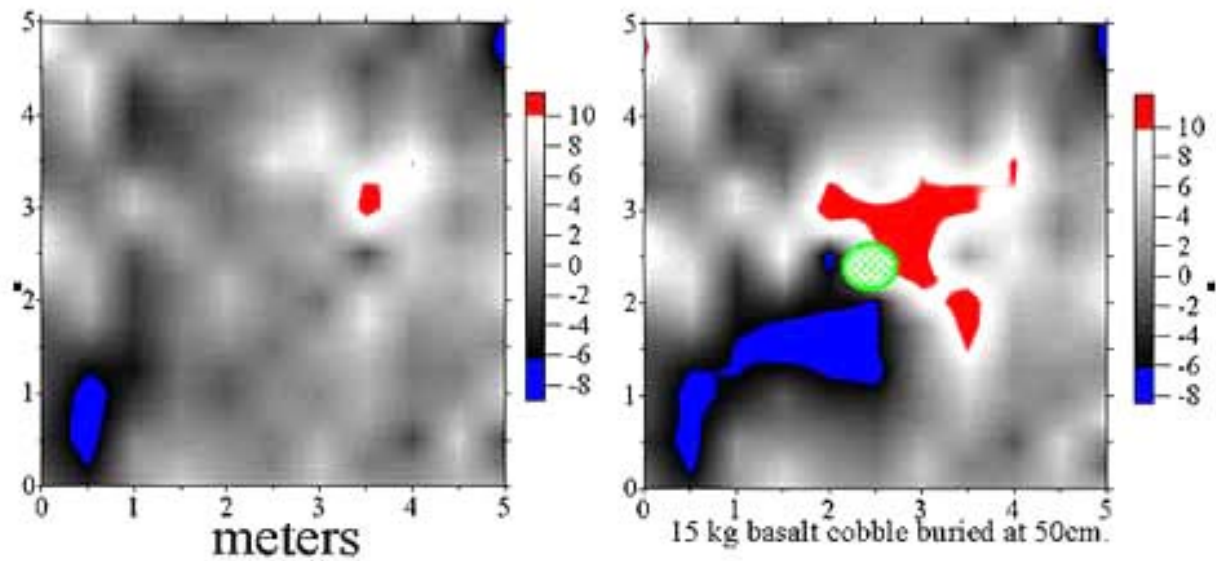


Figura 3: Prueba realizada con un bloque de basalto.

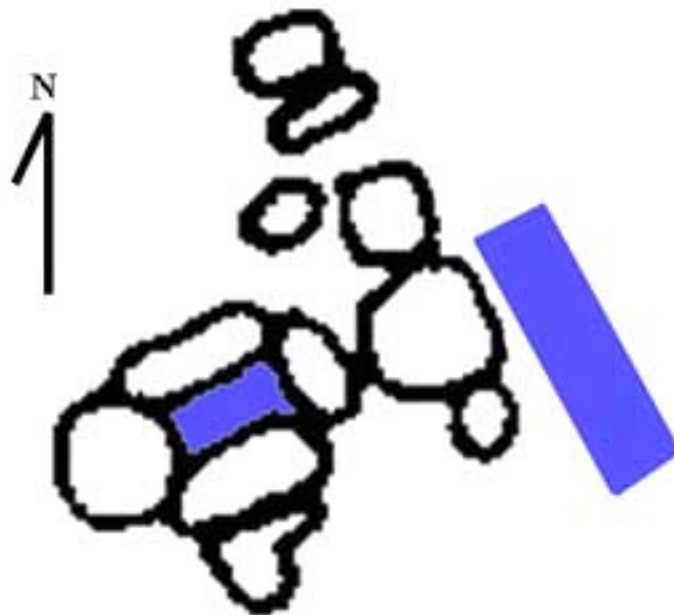
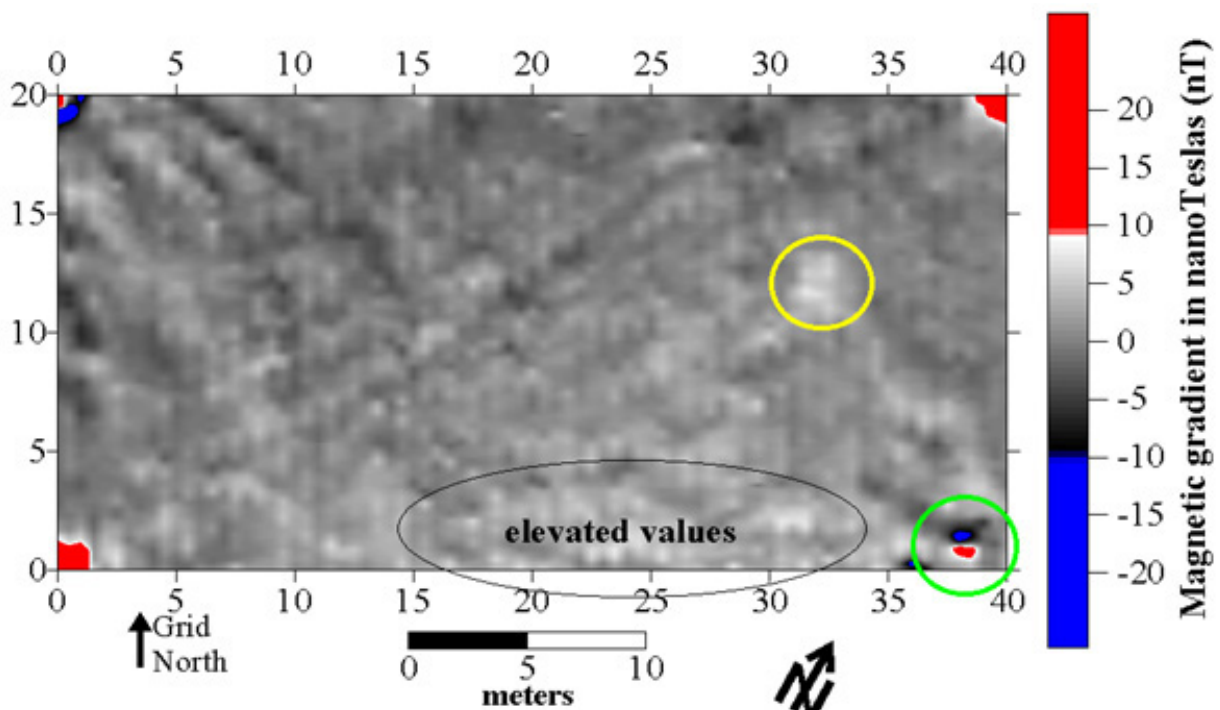


Figura 4: Cinco Cerros. Las áreas estudiadas aparecen en azul.

Se hizo el reconocimiento de dos áreas, que representaron un total de 2720 m². La primera de las áreas comprendió una sola cuadrícula de 20 x 40 metros en el centro de

la plaza, y abarcó aproximadamente la totalidad del área de la plaza. Los transectos de la cuadrícula se orientaron 30 grados al oeste del Norte, a fin de que coincidieran con la orientación de la plaza. Probablemente se produjo algún error de instrumento como consecuencia de esta práctica, pero creemos que cualquier error de este tipo no pasa de ser mínimo. Para garantizar una resolución máxima sobre este terreno ligeramente desparejo, los transectos se estudiaron sólo en una dirección. El examen de los datos puso al descubierto varias anomalías interesantes ([Mapa 1](#)). La más notable es el dipolo en el ángulo sudeste de la cuadrícula (círculo verde). Como ya se dijo anteriormente, un dipolo es una marca magnética pareja alta/baja, y por lo general indica la presencia de un objeto muy susceptible magnéticamente. Ubicamos una excavación de prueba de 1 x 2 metros (excavación 23 del PAC) en el área, porque parecía similar a la marca que podía esperarse de una masa de basalto. La excavación reveló que, de hecho, la marca era causada por una grapa de acero del tipo que usan los agricultores para asegurar los alambres a los postes de cercas. La grapa fue encontrada en el estrato 2. La excavación sí reveló una capa de arena de río de un marrón amarillento oscuro (10YR $\frac{3}{4}$), presente a unos 30-60 cm por debajo de la superficie. Se creyó que este material representaba el relleno artificial del piso de la plaza.



Mapa 1: Plaza de Cinco Cerros.

Antes de que la unidad fuera rellenada nuevamente, se usó la resistividad en la pared de la excavación. La excavación llegó hasta los .9 metros por debajo de la superficie y en ella se observaron cuatro estratos. La matriz todo a lo largo de la columna estaba

húmeda, aunque desde hacía varias semanas venía persistiendo un período prolongado de clima extremadamente caluroso y seco. Se tomaron mediciones de resistencia de los cuatro estratos superiores. Las sondas se insertaron directamente dentro de la pared de la excavación, y el espaciamiento se mantuvo constante a 10 cm. Inmediatamente se hizo aparente una disminución general de la resistividad en los estratos del 1 al 4 ([Figura 5](#)). Ésto probablemente represente los efectos de un contenido de humedad variante en la profundidad. Podíamos anticipar que hubiera una más baja resistividad en la profundidad porque la humedad permanece por más tiempo en los materiales más profundos. Ésto también puede representar un sedimento más compacto y sin perturbaciones. El Estrato 4 resultó culturalmente estéril, y tenemos todos los motivos para creer que nunca fue perturbado. Como resultado, esta capa no mostrará un espacio vacío tan grande entre los granos de sedimento. En un medio ambiente de estaciones secas y de lluvias, los materiales menos porosos no sólo tardarían más en absorber agua en la estación de lluvias, sino que también la retendrían por más tiempo durante la estación seca. La composición del tamaño de grano del material también fue diferente. La matriz del estrato 4 estaba compuesta por sedimento, mientras que la cubierta superior era de arena sedimentaria. Más aún, las evidencias de manchas de hierro en el estrato 4 también son importantes. Los iones de hierro pueden estar filtrándose desde las capas superiores de material y redepositándose en los estratos inferiores, estando presente la concentración más grande en el estrato 4. Esto también sugiere que toda humedad que se mueve a través del perfil, llega a esta capa y queda atrapada el tiempo suficiente como para que precipite hierro. Un material rico en hierro iónico ciertamente parecería menos resistente, aunque es más probable que la diferencia de resistividad esté causada por la porosidad de la matriz que afecta el contenido de humedad.

Estrato	Profundidad Desplegada (cm por debajo de la sup.)	Descripción	Resistividad (ρ)
1	0-10	Humus 10YR2/1	323.0
2	10-30	Arena sedimentaria 10YR3/2	245.7
3	30-60	Arena sedimentaria 10YR3/4	127.5
4	78-	Limo 2.5Y4/4 con inclusiones 7.5YR5/6	38.3

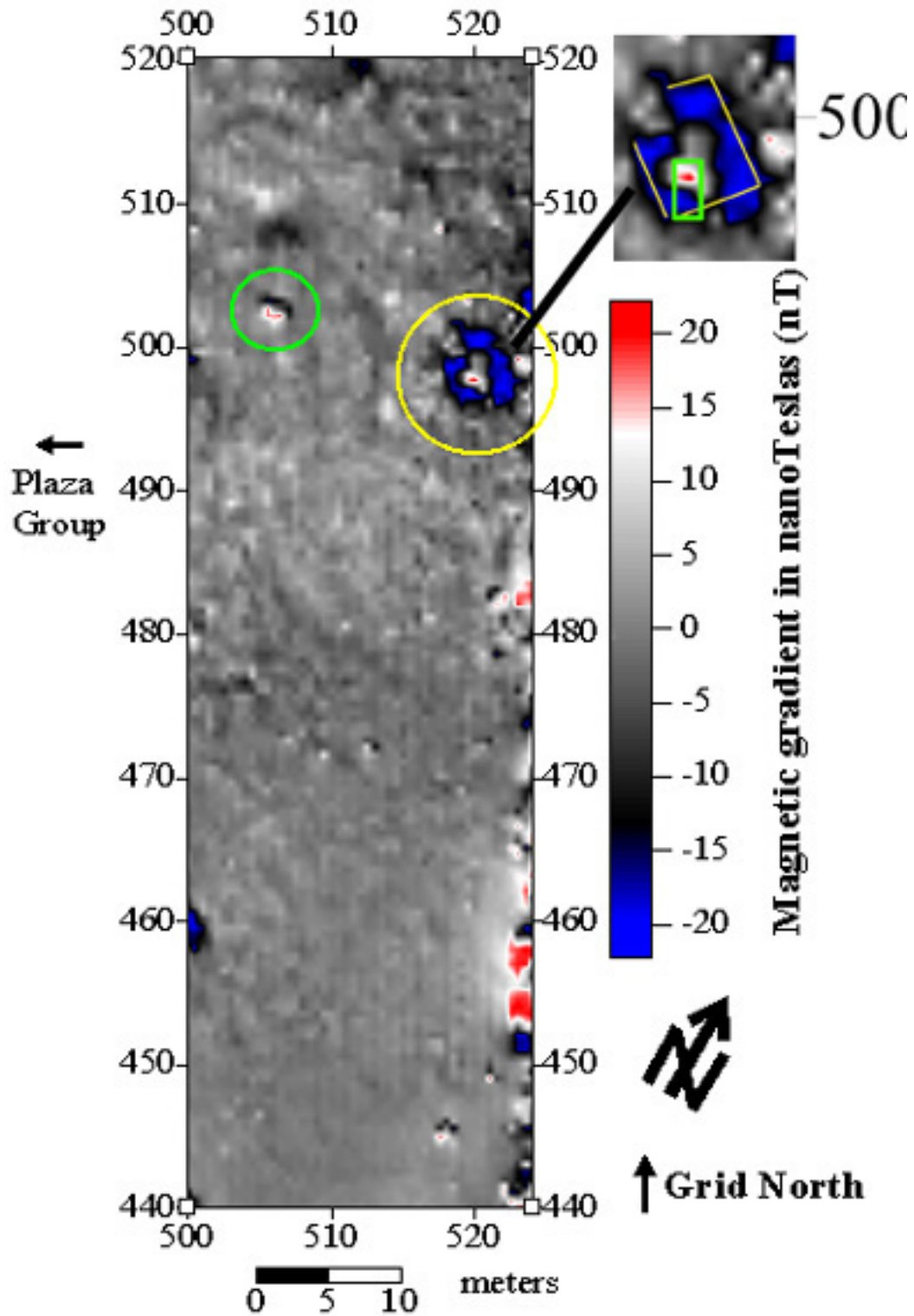
Figura 5: Mediciones de resistividad para la Excavación 23.

Se ubicó otra excavación de prueba de 1 x 2 metros sobre el área de lecturas elevadas que aparecen indicadas con un círculo amarillo. El área inmediata era una ligera elevación en la superficie del terreno. Esta excavación (PAC # 22) llegó a los 70 cm por debajo de la superficie. A los 40-60 cm hubo una indicación de un estrato posiblemente de arena redepositada, pero la matriz exhibía manchas anaranjadas (posiblemente más hierro). Al igual que en la excavación 23, hubo una baja concentración de material cultural y es posible que la anomalía magnética hubiera estado causada por cambios en la química del suelo en esa área o por un elemento arqueológico que pasó desapercibido debido a una exposición tan pequeña. La resistividad se llevó a cabo a

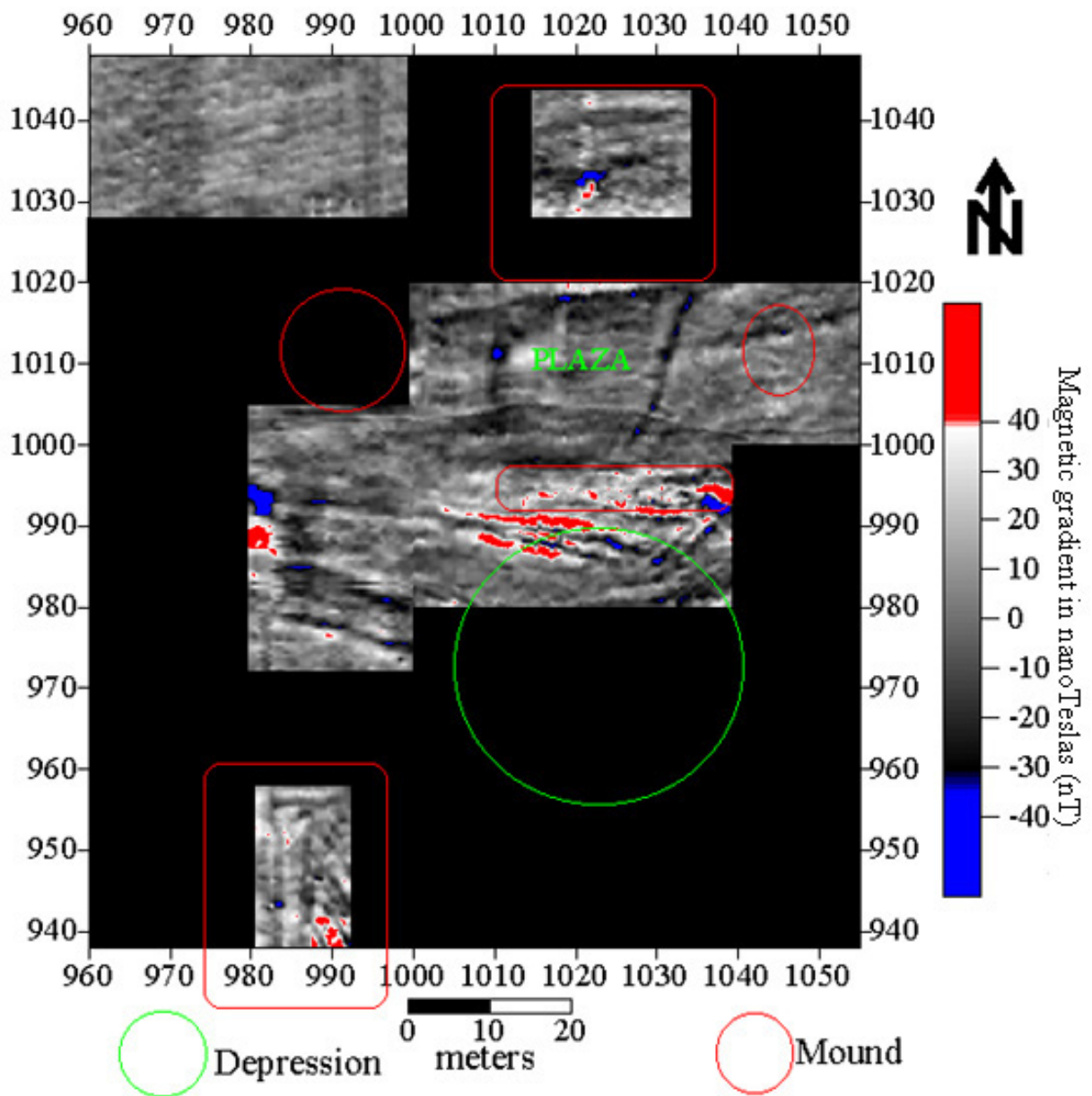
distintas profundidades, en un transecto que dividía en dos la anomalía magnética, pero las lecturas no fueron concluyentes.

El área junto al extremo sur de la cuadrícula muestra valores magnéticos consistentemente aumentados. Después de estudiar los datos de Cinco Cerros y El Tecolote, queda claro que aquellas áreas alrededor de los montículos muestran un "halo" de valores aumentados causados por la erosión de estratos culturales más susceptibles magnéticamente y ricos desde el punto de vista húmico de los montículos y las depositaciones sobre el humus circundante. Esta matriz húmica muestra valores magnéticos aumentados.

La otra área que se estudió en Cinco Cerros está ubicada en el lado opuesto de los montículos que forman el borde noreste de la plaza ([Mapa 2](#)). El área medía 80 x 25 metros y su eje largo también estaba orientado 30 grados al oeste del Norte. Una cerca de alambre de púas fue la causante de los valores elevados junto al borde oriental de la cuadrícula. Es de particular interés la anomalía indicada por el círculo amarillo. En los reconocimientos geofísicos, el primer método de interpretación radica en localizar patrones de geometrías, como pueden ser los elementos circulares, lineales o rectilíneos. En este caso, la anomalía es de forma rectilínea y mide aproximadamente 5 x 5 metros. La anomalía se clasificó como una posible estructura. Una minuciosa observación de la topografía reveló que un montículo casi insignificante estaba ubicado en el preciso lugar de la anomalía magnética. Se trataba de una elevación tan pequeña que en los recorridos iniciales para el estudio del sitio había sido pasada por alto. Una excavación de prueba de 1 x 2 metros (PAC 21, indicada por el recuadro verde) fue abierta en el lugar para ubicar lo que se creyó podía ser un muro. La unidad alcanzó una profundidad de 50 cm por debajo de la superficie, donde se llegó a una capa estéril. Se hallaron grandes densidades de artefactos domésticos, entre ellos 2 fragmentos de torteros y un fragmento de un *metate*. Este estrato también contenía una alta densidad de cerámicas y una mancha circular en el suelo, de la que se tomó una muestra para hacer un análisis de flotación. Se halló abundante adobe y caña quemados, lo cual indicaba que la estructura podía haber sido quemada (haciéndola más visible magnéticamente). Aproximadamente 15 metros hacia el noroeste de la cuadrícula de la casa, se detectó otra fuerte anomalía, que fue percibida en varios transectos consecutivos. Está marcada en el [Mapa 3](#) con un círculo verde. Este anomalía puede representar un fogón o algún otro elemento en el que se encendió fuego. Durante esta temporada de campo no se realizaron excavaciones en ella.



Mapa 2: Área 2 de Cinco Cerros.



El Tecolote

El Tecolote se encuentra en la margen sur del río San Andrés, aproximadamente a 2 kilómetros al oeste de Cinco Cerros. El río San Andrés es un meandro estacional del río de gran energía, que en el transcurso de los últimos dos años cambió de curso y creó el recodo que bordea a El Tecolote. Hay otras evidencias que sugieren que el río con su cambio de curso erosionó buena parte de la sección norte del sitio. En los recorridos de estudio realizados a pie por el Proyecto Arqueológico Hueyapan en 1998,

encontramos cerámicas posiblemente del período Posclásico. Como Cinco Cerros, El Tecolote se compone de una serie de grandes montículos de tierra organizados en varios agrupamientos principales ([Figura 6](#)). Hoy en día se encuentra allí un rancho ganadero en plena actividad, y antes de esto, el área fue usada para el cultivo de caña de azúcar. Se estudiaron dos áreas de El Tecolote.

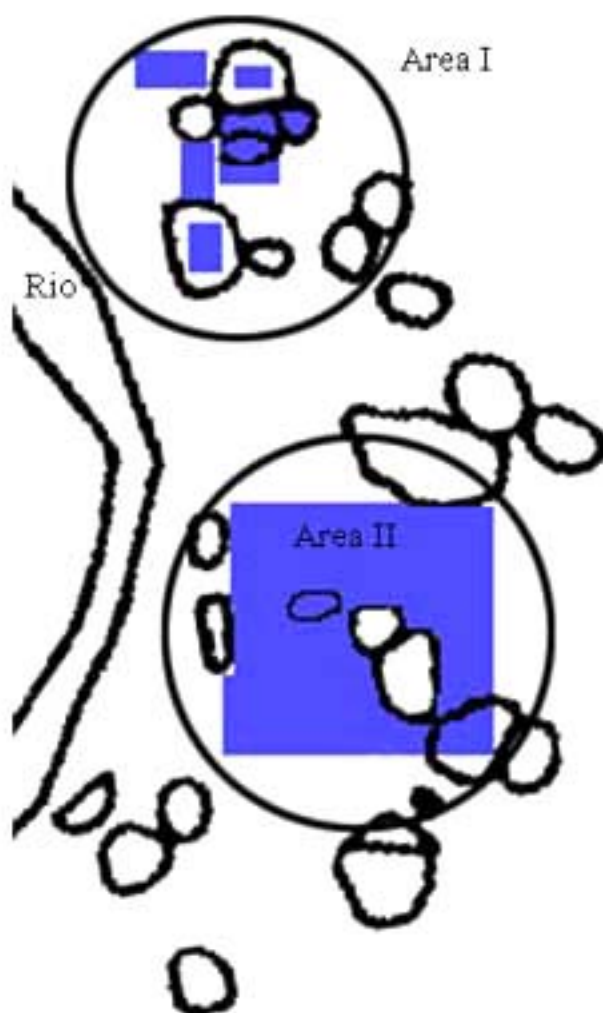


Figura 6: Áreas estudiadas de El Tecolote.

AREA I

Esta primera área comprende varias cuadrículas ubicadas alrededor de una plaza rectangular, limitada a cada lado por montículos de tierra ([Mapa 3](#)). La configuración del grupo de la plaza es similar a la de Cinco Cerros, si bien las construcciones de los

montículos son significativamente más pequeñas en tamaño. El grupo de la plaza estaba orientado de forma que el eje largo de la misma corría en dirección este-oeste, a diferencia de la orientación a 240-60 grados de Cinco Cerros. Inmediatamente al sur de este grupo de plaza separado, había una larga depresión circular que medía 30 metros transversalmente, y varios metros de profundidad. Al sudoeste de la depresión había otro montículo en el que se encontró, durante un recorrido de reconocimiento, un fragmento de ladrillo quemado. Decidimos incluir este montículo, para determinar si había presente alguna construcción colonial. En total, se reconoció una superficie de 4800 metros² alrededor del grupo de la plaza.

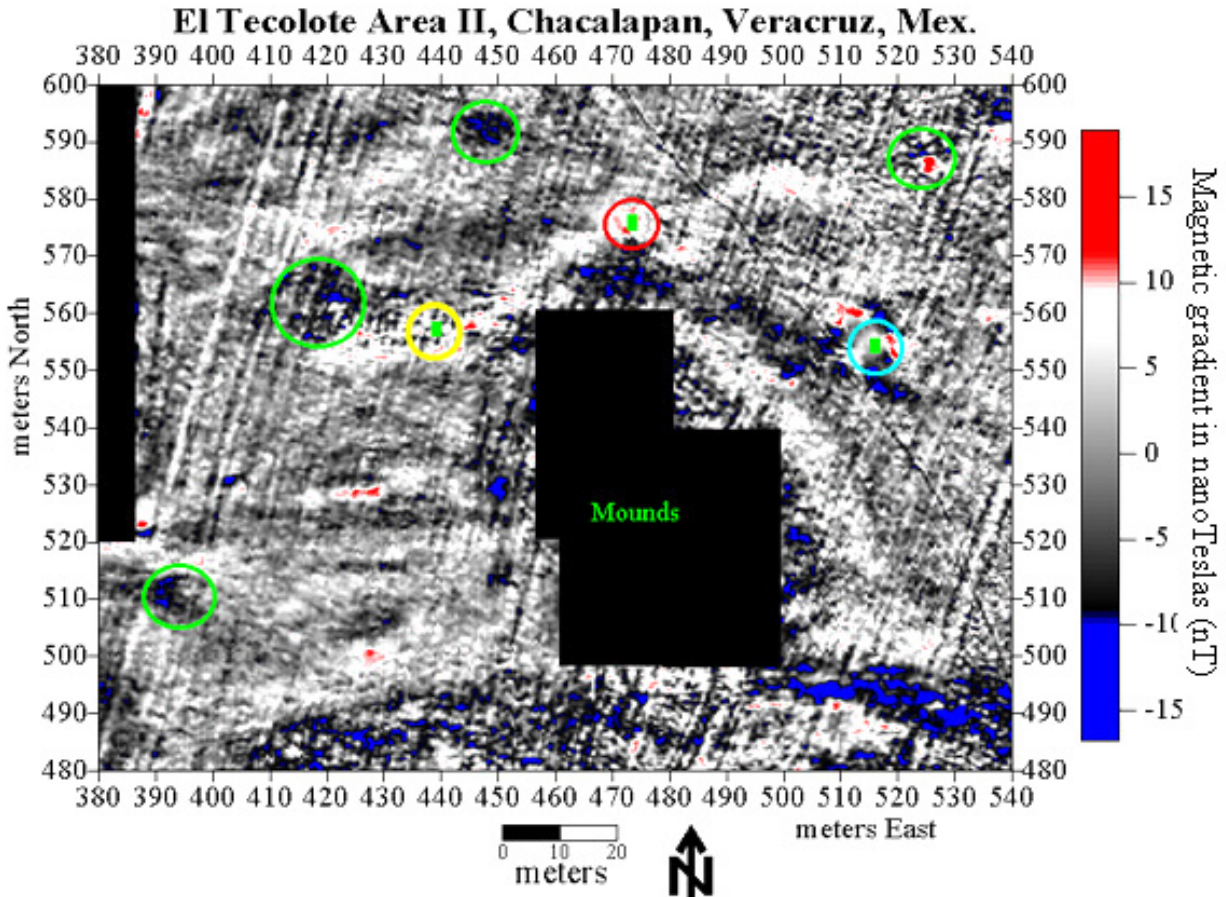
En la representación del mapa magnético ([Mapa 4](#)), los montículos se han identificado con un círculo rojo y la depresión, con un círculo verde. El sistema de cuadrículas fue arbitrario y no está enlazado con la segunda área estudiada en El Tecolote. De inmediato surgen varias anomalías. Las franjas rojas y azules que van de este a oeste aproximadamente a 990 Norte son resultado de un error de los instrumentos. Los cinco metros de la cuadrícula que están más al norte, al sur de la plaza, están sobre una importante ladera ascendente. Las franjas alternadas hacia arriba y hacia abajo son causadas por la naturaleza aterrazada de la superficie del suelo. Casi todos los declives de los montículos de El Tecolote fueron ligeramente "aterrazados" cuando el área se usó para la producción de caña de azúcar. A medida que la distancia al suelo de los sensores cambiaba, las lecturas iban fluctuando de manera muy marcada.

Dentro mismo de la plaza, cuatro elementos lineales aparecen claramente visibles. Los dos que corren a lo largo de los bordes norte y sur de la plaza representan senderos modernos. Los dos sobre los bordes este y oeste probablemente sean marcas de los surcos de caña. Esta interpretación está basada en la orientación de los surcos presentes en la segunda área de El Tecolote.

La cuadrícula en el noroeste del grupo de la plaza no mostró anomalías dignas de mención. Esto fue sorprendente, considerando que se trataba de la cuadrícula estudiada que se encontraba más próxima al río.

Los resultados más llamativos provinieron del montículo norte. En el centro aproximado del montículo se registró una fuerte lectura dipolar. Es aproximadamente del tamaño, forma e intensidad de la anomalía detectada durante la prueba de basalto. Si bien el PAC no realizó una excavación de estudio en la presente temporada, probablemente lo hará en el futuro.

La cuadrícula ubicada al sur del montículo occidental, contenía tanta basura moderna en la superficie que la gran anomalía que se detectó a 990N 980E puede muy bien ser un pozo de basura moderno. Otra cuadrícula hacia el oeste podría haber ayudado a definir mejor la anomalía, pero la presencia de matorrales altos hizo que esto no fuera posible.



Mapa 4: Área 2 de El Tecolote.

AREA II (Mapa 4)

Esta fue el área contigua más extensa que se estudió. Medía 160 x 120 metros y estaba centrada en un ordenamiento de 8 montículos de tierra que no formaban un grupo de plaza separado. Se usó un punto de dato y una cuadrícula arbitrarios para ubicar cuadrículas una respecto de la otra, pero no para enlazarlas con el Área 1. La gran área negra en el centro del mapa corresponde a la ubicación de montículos empinados que no fue posible estudiar con efectividad. El halo de materia húmica redepositada es visible y rodea a los montículos centrales. Nos sorprendió notar el grado de erosión de los montículos indicado por la distribución del halo. Las lecturas magnéticas fueron elevadas, inclusive a una distancia de 30 metros del montículo.

El aspecto más llamativo del conjunto de datos es la franja lineal que se extiende hacia el noreste. Son representaciones de surcos de labranza. Debido a una reacción bioquímica que es la responsable de la creación de humus, el material se hace ligeramente susceptible, magnéticamente. Siempre que el humus ha sido perturbado o

removido, el hecho se hace evidente en los datos magnéticos. Otro largo elemento lineal entra en el conjunto de datos por el lado este, aproximadamente a 500 Norte, y corre en dirección noroeste. Esta anomalía es un sendero moderno y también fue causada cuando se perturbó el humus.

En base a este conjunto de datos, se tomó la decisión de realizar tres excavaciones. Estas fueron las unidades 9-11 del PAC, y sus localizaciones han sido marcadas en el mapa con rectángulos verdes. La Excavación 9 fue emplazada sobre una anomalía muy grande que medía aproximadamente 10 metros, en sentido transversal. Esta anomalía produjo lecturas que se elevaron en dos órdenes de magnitud por sobre el ruido de fondo. La excavación fue llevada a una profundidad de 1.7 metros por debajo de la superficie, sin que fuera posible descubrir la fuente de la anomalía. La densidad de artefactos en toda la unidad también fue muy baja. Las nuevas pruebas en el área hechas con el magnetómetro después de la excavación, continuaron mostrando una anomalía muy extensa, de modo que es probable que la pequeña unidad de prueba de 1 x 2 metros haya pasado por alto la causa de estas lecturas elevadas. Las pruebas de resistividad mostraron un ligero descenso en la resistencia, a una profundidad de 1 metro.

La Excavación 10 se ubicó en lo que se creyó podía ser el probable emplazamiento de un pozo de basura, en base al área altamente susceptible, magnéticamente, rodeada por lecturas elevadas dispersas y a su ubicación en las proximidades de un montículo. La unidad de prueba de 1 x 2 metros se excavó hasta una profundidad de 1.6 metros por debajo de la superficie, y luego se excavaron otros 90 cm utilizando un azadón para cavar hoyos para postes. La densidad del material cultural era baja, aunque sin embargo fue superior a la de la Excavación 9. También se encontraron artefactos en niveles muy profundos, a 1 metro y 1.4 metros por debajo de la superficie. Mientras que el área circundante con lecturas elevadas podría representar un basural o material húmico que se desprendió de los montículos, la causa de la espiga tan alta se halló al comienzo de la excavación. Un trozo de hierro moderno, probablemente de maquinaria agrícola, apareció cerca de la superficie. Esto nuevamente ilustra el tema central de la práctica de la geofísica en arqueología: uno nunca sabe qué está causando una anomalía hasta que cava.

La Excavación 11 se ubicó en el lado este de un montículo bajo (menos de 1.5 metros de altura) y oblongo. A 100 metros era la unidad de prueba más próxima al recodo del río. El magnetismo mostró una serie de lecturas dipolares junto al montículo, y la excavación fue emplazada para cavar en una de ellas. La unidad de prueba de 1 x 2 metros se cavó hasta una profundidad de 2.15 metros por debajo de la superficie y arrojó hallazgos interesantes. Los primeros 60 cm estuvieron casi libres de artefactos. Hubo evidencias de quemado presentes desde los 60 cm por debajo de la superficie hasta 1.84 metros por debajo de la superficie. A mucha profundidad en esta unidad, se halló arcilla quemada, cenizas, carbono, huesos de animales, dientes, y cerámicas. El sedimento que rodeaba a estos artefactos aparecía enrojecido por la cocción, e indicaba que el material se hallaba en su contexto primario ([Figura 7](#)). A una profundidad de 1.8 metros se detectó un elemento manchado, circular, y se pensó que podía ser un posible hoyo de poste.

Las tres excavaciones representan sólo una pequeña muestra de las anomalías de El Tecolote que deberían ser sujetas a estudio. A partir de la evidencia excavada, parecería que los niveles culturales son inusualmente profundos en el terreno plano, casi en el límite de la sensibilidad de profundidad del G-858. Se sabe que el río San Andrés tiene crecidas, y aparte de los montículos antropogénicos, el área es una llanura plana. El asentamiento puede haber estado concentrado en la parte superior de los montículos, con áreas especiales de actividad o basurales sólo en los terrenos aluviales. Por lo tanto, dichas áreas especiales de actividad bien pueden estar enterradas bajo un metro de terreno aluvial.



Figura 7: Ceniza y elemento quemado, Excavación 11.

A pesar de la cuestión de la profundidad, el estudio de magnetismo sí indicó varios posibles elementos arqueológicos. Los mismos están marcados con círculos verdes. La identificación de éstos está basada en los patrones geométricos de las señales y en la comparación de las señales con elementos conocidos, como por ejemplo la "casa" quemada que se identificó en Cinco Cerros. La toma de muestras de dichos elementos puede ayudar a terminar de definir la cultura y la cronología de El Tecolote.

Conclusiones y Sugerencias para Futuras Investigaciones

El Estudio Geofísico de Chacalapan produjo resultados mixtos. En total, se estudiaron cerca de 27.000 metros cuadrados a una muy alta resolución. La presencia de metal moderno en el área de reconocimiento nos llevó a emplazar dos de las seis excavaciones de prueba sobre anomalías no arqueológicas. Dos de las excavaciones resultaron no concluyentes. Esas dos anomalías también pueden haber sido causadas por desechos modernos, o al hecho de que las excavaciones en pequeña escala pudieron simplemente haber pasado por alto los objetivos causantes de dichas anomalías. Las dos unidades restantes produjeron datos valiosos. En total, el tiempo requerido para llevar a cabo el estudio fue menor del que se hubiera necesitado para cavar a la manera tradicional con una pala. Más aún, los pozos cavados con pala sólo ofrecen una visión fugaz de la subsuperficie, mientras que el mapa magnético es continuo. En este aspecto, consideramos que el reconocimiento fue un éxito calificado, y creemos que la técnica tiene un excelente potencial para los estudios de áreas en esta región.

Las mediciones de resistividad de puntos concretos resultaron de un uso limitado. Las condiciones extremadamente secas de la capa de humus dificultaron el paso de la energía eléctrica. Debería insistirse con la resistividad en distintas épocas del año, para determinar en qué estación las condiciones de humedad del suelo son mejores para aplicar esta técnica.

Es nuestro deseo que los investigadores que estén interesados en aplicar la gradiometría magnética en su trabajo en esta área comparen sus datos con los del presente estudio, a fin de refinar aún más una metodología interpretativa que se adecúe mejor a la arqueología del sur de Veracruz.

Agradecimientos

Esta investigación fue posible gracias a la beca #99024 otorgada por la Fundación para el Avance de los Estudios Mesoamericanos, Inc. Asimismo, el Proyecto Arqueológico Chacalapan contó con el apoyo de la National Science Foundation (Beca # BCS9907262) y de la Wenner Gren Foundation (Beca # GR6484). Para llevar adelante la investigación, se obtuvo el permiso del Instituto Nacional de Antropología e Historia, de México. Esta investigación no se hubiera podido llevar a cabo sin los lineamientos y el marco de trabajo establecidos por el Proyecto Arqueológico Hueyapan 1998, dirigido por Thomas Killion y Javier Urcid. También deseamos expresar nuestro agradecimiento a: Antonio Curet, Norman Hammond, Kenneth Kvamme, y Margaret Watter.

Lista de Figuras y Mapas

[Figura 1](#): Las tierras bajas de la Costa del Golfo.

[Figura 2](#): Ubicación de los sitios.

[Figura 3](#): Prueba realizada con un bloque de basalto.

[Figura 4](#): Cinco Cerros. Las áreas estudiadas aparecen en azul.

[Figura 5](#): Mediciones de resistividad para la Excavación 23.

[Figura 6](#): Áreas estudiadas de El Tecolote.

[Figura 7](#): Ceniza y elemento quemado, Excavación 11.

[Mapa 1](#): Plaza de Cinco Cerros.

[Mapa 2](#): Área 2 de Cinco Cerros.

[Mapa 3](#): Área 1 de El Tecolote.

[Mapa 4](#): Área 2 de El Tecolote.

Referencias Citadas

Berdan, Francis *et al.*

1996 *Aztec Imperial Strategies*. Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Washington, D.C.

Breiner, S.

1973 *Applications Manual for Portable Magnetometers*. Geometrics, Inc., Sunnyvale, CA.

Clark, Anthony

1996 *Seeing Beneath the Soil: Prospecting Methods in Archaeology*. Londres: B.T. Batsford Ltd.

DeVore, Steven L. y Don H. Heimmer

1995 *Near-Surface, High Resolution Geophysical Methods for Cultural Resource Management and Archaeological Investigations*. Denver: National Park Service, U.S. Department of the Interior.

Geometrics, Inc.

1995 *Operation Manual: G-858 MagMapper*. Sunnyvale, California.

Hervanger, Jorg

1996 "Acquisition, Processing and Inversion of Magnetic Data in Archaeological Prospection", Institut für Geophysik Technische Universität Clausthal.

Watters, Margaret S.

1999 Archaeogeophysicist, IMA Consulting, Minneapolis, Minnesota.

Weymouth, John W.

1986 "Geophysical Methods of Archaeological Site Surveying," En *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol 9. Michael B. Schiffer, editor, Academic Press, Inc.