

CAPÍTULO 4

Prospección gradiométrica, PACH Temporada 2004

David Monsees

Área de reconocimiento

El área geofísica de reconocimiento esta ubicada en Chicolá, Suchitepéquez, Guatemala. El sitio arqueológico yace bajo y alrededor del pequeño pueblo de Chicolá, habitado actualmente por unas 8,000 personas. Tanto el sitio arqueológico como el pueblo formado por mayahablantes están colocados en la estrecha región de la parte Norte del departamento de Suchitepéquez y entre los rios Chicolá y Chichoy, inmediatamente bajo la cadena montañosa que aloja volcanes activos al norte y amplios llanos que descienden al oceano Pacífico. Diáriamente se observan las fumarolas de los volcanes al Noreste y Suroeste. La mayoría de la tierra en la región está dedicada a pequeñas parcelas de cafetal como parte del esfuerzo colectivo de la Empresa Campesina Asociativa ECA Chicolá, entidad que congrega estos esfuerzos individuales para comercializar el producto. Otras parcelas poseen maíz y otros cultivos cultivados solamente para consumo local o doméstico. Esta característica de la propiedad dividida en parcelas pequeñas restringe el esfuerzos del mapeo. A la fecha el sitio arqueológico ha sido mapeado en un área de 2 x 5.5 km (ver Capítulo 3) y representa aparentemente ocupaciones antiguas desde el Preclásico Medio y Tardío hasta el Posclásico (de 900 a.C. a 1500 d.C). El sondeo mediante sensor remoto pretendía probar el éxito de la gradiometría en el ambiente geológico de Chicolá, identificar puntos de interés para la excavación, y mapear por la prospección rasgos y estructuras en varias partes de la ciudad antigua.

Condiciones del campo

El suelo del área consiste en una capa muy fertil y rica en ceniza volcánica y piedras ígneas, así como arcillas con diferentes proporciones de hierro (el Taxcal, una pasta de barros en descomposición de naturaleza impermeable fue usado aqui por los antiguos habitantes para alojar conductos subterráneos de

agua revestidos con piedra. Se encuentra naturalmente en el subsuelo y varía entre los tonos amarillo, rojo y naranja, llegando hasta tonos grises azules)

Durante el trabajo de prospección hubo lluvia moderada y pesada, típicamente en la tarde, pero por las mañanas el agua del día anterior había sido drenada casi completamente, permitiendo el trabajo de prospección gradiométrica desde las siete de la mañana hasta las dos de la tarde. Debido a la naturaleza magnética del suelo de Chicolá fue necesario construir una plataforma o silla elevada de 1.60 m hecha de bambú atado y tablas para elevar la máquina y alejarla del suelo mientras se calibraba [Fig. 4-1].



Fig. 4-1. Se calibra la maquina.

La mayor parte de la tierra tenía cultivos, por lo que fue necesario utilizar las filas de plantas de café o maíz como retícula de transectos [Fig. 4-2]. Los árboles de café son plantados más o menos a dos metros de distancia entre si. El maíz a mas o menos un metro. La anchura varía entre las diferentes hileras y la orientación de los sembradíos cambia frecuentemente, complicando los esfuerzos para localizar las anomalías y obligando a utilizar los espacios entre hileras de sembradío como retícula. Aunque se limpió el terreno libre de sembradío con machetes, entre las plantas de café siempre encontraríamos los

árboles de sombra, este impedimento añadió dificultades al intento de reducir defectos en los datos.



Fig. 4-2. Los transectos.

La metodología del reconocimiento

El reconocimiento magnético se llevó a cabo durante las tres primeras semanas de junio de 2004. Los tamaños de las retículas variaron dependiendo del área a reconocer. Se reconocieron cuatro áreas: 1) la retícula inicial (RI) en Montículo 15, una retícula de 20 x 20 m establecida por estación total en un cafetal viejo y en las milpas adyacentes al Norte y Oeste del Montículo; 2) en “Área 35,”¹ plantada totalmente con maíz y adyacentemente un cafetal relativamente joven y fácil de prospectar; 3) en Montículo 5, un cafetal maduro que nos requirió limpiar o matar muchas plantas. La orientación de los transversos – aproximadamente de Norte a Sur contra aproximadamente Este a Oeste – fue forzada por la orientación de las filas de cultivos. Las ramas de las plantas de café obligaron a prospectar a dos metros entre ellas en lugar de a un metro, como es lo deseado. Todas las lecturas fueron recolectadas en intervalos regulares, obteniendo ocho por cada metro recorrido. En la retícula del Montículo 15 y en otros casos en

¹ Nombrado por el área con montículos 32-35 pequeños y bajos que tienen muchos artefactos en la superficie.

donde existía espacio suficiente para andar en línea recta se emplearon cintas con marcas a cada medio metro para controlar la posición y así facilitar la toma de datos a intervalos regulares. El aparato empleado fue un gradiómetro Geoscan FM256 fluxgate operado en el nivel de sensibilidad 0.1 nT (nanotesla). Los recorridos de las tres áreas sumaron aproximadamente 70.000 puntos de datos recolectados.

Los datos magnéticos fueron transferidos a una computadora laptop usando el software Geoplot 3. El procesamiento de los datos incluye: 1) “clipping” a tres desviaciones estandares para aminorar la distorsión de espigas de frecuencia alta en los datos y para intensificar los rasgos arqueológicos mas debiles por cualquiera razón; 2) para eliminar las discontinuidades en la orilla de la reticula se aplicó un comando “zero mean grid”; 3) filtros “high pass” para eliminar las tendencias de gran escala y preservar los detalles espaciales de pequeña escala; 4) la interpolación a un número uniforme de puntos de datos en los ejes X, Y (cuatro cada metro) para facilitar la interpretación visual. Además fueron aplicadas otras técnicas de filtro y analisis, incluyendo de “zero mean traverse,” “low pass filtering,” “relief mapping,” “absolute function,” “median filitering,” y el “clipping” de los datos para mejorar el entendimiento de las anomalías magnéticas. Después de su procesamiento, los datos fueron exportados al software Surfer 8 para imprimir los mapas y otros gráficos.

Resultados e interpretaciones

Se describen las cuatro áreas prospectadas de Norte a Sur. El área al Norte posiblemente consistió en residencias de la élite, mientras el área central tuvo una funcion administrativa, y el área Sur consitió en casas de la gente común, talleres, y agricultura intensiva. El Montículo 15 y la milpa adyacente al Norte se ubican en el área Norte, “Area 35” al Sur del área administrativa, y al extremo Sur de esta se ubica el Montículo 5.

1. El área al norte del Montículo 15

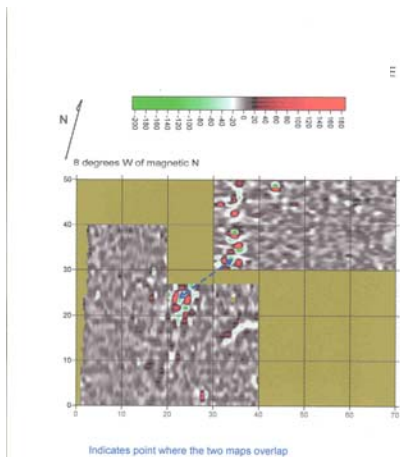


Fig. 4-3a. La milpa al norte del Montículo 15-1 y el área limpiada al Noreste.

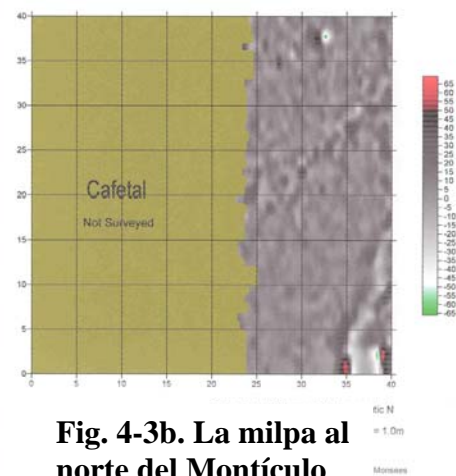


Fig. 4-3b. La milpa al norte del Montículo 15-1 y al Oeste del camino.

La Figura **4-3a** muestra los resultados de la prospección magnética en el área al este del camino. La figura **4-3b** muestra los resultados en el área al oeste del camino. Los recorridos Este-Oeste mostrados en estas dos figuras fueron restringidos por las filas de maíz, y corresponden a la sección Suroeste de la figura **4-3a** y toda de la figura **4-3b**. El promedio de la anchura entre las filas de las plantas de maíz es 0.95 m. Después del limpiar de obstrucciones el área del Noreste que se muestra en la figura **4-3a**, fue recorrida en transversos orientados al Norte y separados por un metro de distancia. En los mapas de las figuras **4-3a** y **b** están representados más o menos 21.700 puntos de datos. La figura **4-3c** repite la figura **4-3a** pero con líneas dibujadas como parte del analisis.

Los datos del campo magnético representan las desviaciones de un campo entero dado. Las áreas con anomalías arqueológicas o geológicas se desvían de la suave uniformidad hipotética del campo. Los objetos sin magnetismo nos dan señales negativas y se indican en los mapas en tonos mas claros. Los objetos con susceptibilidad magnética o magnetismo remanente dan señales positivas, y se manifiestan con tonos oscuros. La susceptibilidad magnética es causada por concentraciones de moléculas ferroginosas. El

magnetismo remanente es causado por el calentamiento de ciertos materiales a una temperatura superior al punto Curie y su enfriamiento en un campo magnético – como el del planeta tierra-. Este proceso alinea las moléculas ferrosas en el material y produce un campo magnético permanente después de su enfriamiento.

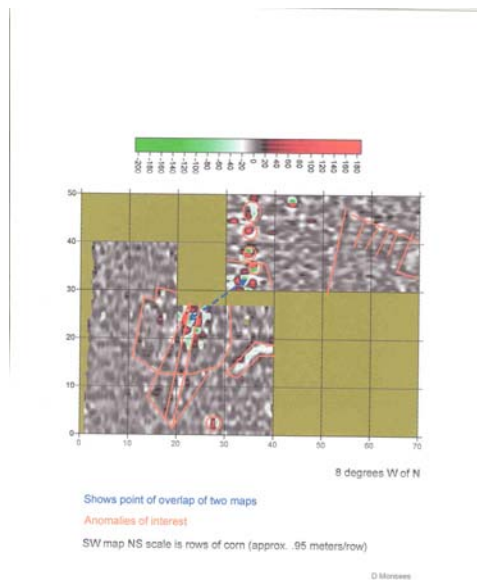


Fig. 4-3c. La milpa al norte del Montículo 15-1 y el área al Noreste con las anomalías delineadas.

Entre mas fuerte sea la presencia o ausencia de magnetismo, más oscuros o claros serán los tonos en el mapa. El hierro y el acero moderno producen, debido a la susceptibilidad magnética, un campo bipolar muy fuerte con polos positivos y negativos que distorsionan el campo, oscureciendo todas las lecturas a su alrededor. Las concentraciones de material orgánico, provenientes de basureros, agujeros de estaca, o pozos de agua, reflejan la concentración de moléculas ferrosas (susceptibilidad magnética) como anomalía positiva. El magnetismo remanente puede producir un campo bipolar muy fuerte con apariencia similar al hierro, especialmente en el caso de objetos o rasgos que alcanzaron altas temperaturas, por ejemplo piedra ígneas, hornos, or estructuras quemadas. El suelo que ha cambiado por la acción del fuego, los tiestos de cerámica, ladrillos exhibirán magnetismo remanente.

Para la figura **4-3a** las anomalías de interés están indicadas en color naranja, en la Figura **4-3c** las flechas azules muestran donde la milpa (mapa Suroeste) y el área limpiada (mapa Noreste) se traslapan y reúnen. Se pueden

notar diferencias en los rasgos debido a la interpolación usada en los dos mapas, la densidad de datos mas grande se concentra en las filas del mapa Suroeste y en las columnas del mapa Noreste. La apariencia manchada de los mapas se debe a altos y bajos de menos de +/- 25 nT; esto probablemente es resultado del trabajo de tala de árboles y las siembras en el pasado, aumentado por el tipo de filtro usado en el procesamiento y, talv ez, la geología del  rea. Las anomalías que muy probablemente son culturales se localizan a 13-15m NS y 7-8m EO, en un grupo de anomalías bipolares extremas que se extienden en rumbo Norte hasta la orilla del mapa, e inician en E20-26/N18, continuando al Norte. Se debe señalar que el mapa Noreste esta desplazado 10 m hacia el Este. Posiblemente se indica una estructura rodeada por una plataforma, marcada por un anillo positivo de color naranja. Se indican tambi en lajas o posibles monumentos. En la parte Este del mapa Noreste las líneas casi paralelas que corren Norte-Sur y terminan al Norte con una fila de puntos negativos (color claro) Este-Oeste, posiblemente representa una vereda dirigida al Río Chicolá, pero no podemos descartar que se deban al arado, puesto que en tiempos de la finca alemana, estos terrenos fueron cultivados en caña de azucar. Es necesario verificar la naturaleza de estos rasgos mediante excavación, para determinar el sentido sus anomalías. La anomalía curvada de bipolaridad extrema que se extiende de E32/N13 a E40/N18 probablemente señala un dique hecho de piedras  gneas. Se concluye esto porque la anomalía es consistentemente positiva al Norte y negativa al Sur – se piensa que si esta estructura es un rasgo cultural, las piedras con magnetismo remanente estarían orientadas al azar, tal como fue comprobado en el caso de la estructura del Montículo 15. La anomalía que demuestra extremos magnéticos en E28/N2 probablemente representa una piedra cualquiera, metal moderno, o un monumento.

En la figura **4-3b** no parece que existan anomalías de origen cultural. Las anomalías que se observan en la esquina inferior derecha probablemente indican materiales de la superficie que fueron depositados durante la construcción del camino inmediatamente al Este de la milpa. Las anomalías más

o menos lineales que se extienden a través del mapa rumbo Suroeste-Noreste comenzando aproximadamente a N15/E25 y terminando aproximadamente a N35/E40 podrían ser rasgos culturales, pero más probablemente provienen de la erosión del terreno.

2. El Montículo 15

La figura **4-4a** muestra la prospección total del Montículo 15. Previo al inicio la mayoría del área limitada por E20-40/N30-50 fue despejada completamente, mapeada con estación total, y estacada en intervalos de 2 m. Las áreas al Oeste y Este fueron limpiadas preservando los cafetales y la retícula fue establecida por medio de brújula y cinta métrica. Todos los recorridos estuvieron distanciados por un metro, siguiendo rumbo Sur-Norte paralelamente. La figura **4-4a** muestra más de 10.000 puntos de datos. La retícula inicial (RI) de 20 x 20 m fue mapeada dos veces para asegurar la precisión de la metodología.

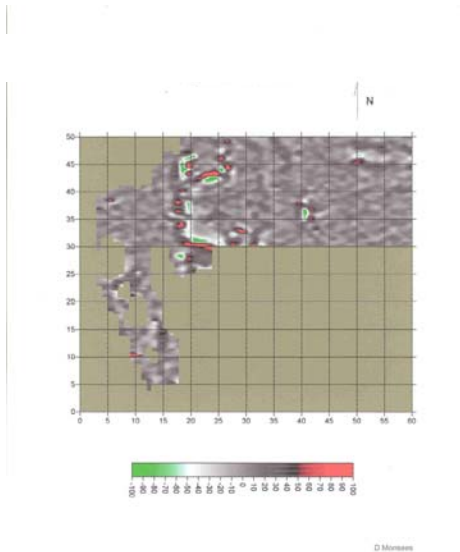


Fig. 4-4a. Montículo 15.

La excavación inmediatamente después del mapeo produjo información para la interpretación de anomalías en esta y otras áreas del sitio antiguo. La figura **4-4b** destaca las anomalías de interés en el mapa del Montículo 15. Los mapas muestran un código claro de líneas entrecruzadas corriendo Oeste SurOeste-EsteNoreste y Noroeste-Suroeste que mediante excavación, probaron ser marcas viejas de arado esparcidas en áreas positivas que indican probablemente plantaciones contemporáneas.

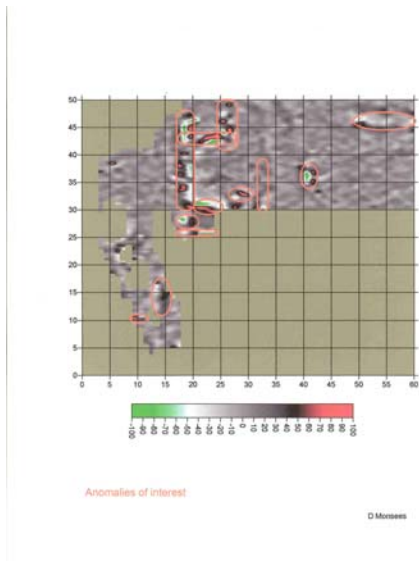


Fig. 4-4b.
Montículo 15 con
las anomalías
delineadas.

El área al Noroeste de la retícula inicial (RI) 20 x 20m muestra señales extremas positivas y negativas. Al principio se pensó que la gran anomalía elipsoide en E21-27/N40-44 habría sido causada por un rayo. Sin embargo durante la excavación se observó que la anomalía representaba los cimientos de piedra del muro Sur de la Estructura 15-1. Es posible que la anomalía haya sido causada por el uso antiguo de piedra ígnea en el muro, y también por el magnetismo remanente de un rayo ya que las tormentas con rayos son frecuentes en esta área. Se determinó que la anomalía en E18-20/N40-47 representaba una hilera de piedras en forma de talud y formó parte del muro Oeste de la Estructura 15-1. La anomalía parece continuar al Sur hasta N30 donde dobla y continua al Este hasta E28. Al extremo Este del muro y continuando al Norte localizamos las anomalías E25-27/N48-50, que probaron ser tres muros de la Estructura 15-1. Después de la excavación la anomalía en E27-30/N33 probó ser una porción de canal (ver capítulos 5 y 6). Un canal bien preservado que corre por toda la retícula de E31.5/N30 a E30.5/N50 fue localizado durante la excavación. Sin embargo aparte de la porción sur de este canal, ningún otro rasgo cultural fue anticipado por la gradiometría.

Justamente al Este de la retícula inicial (RI) 20 x 20m se presentó una anomalía compleja, sin embargo la excavación de cuatro pozos de un metro y medio de profundidad cada uno probaron estar en terreno sin rasgos

arquitectónicos. (Se recomienda continuar la excavación de estos pozos a niveles más profundos para localizar la causa de esta anomalía). Dado los valores bipolares extremos es inconcebible que no se haya localizado el origen de la anomalía. Finalmente, en E50-60/N45-47 se encuentran valores extremos al extremo Oeste con una larga área negativa moderada, flanqueada a cada lado por señales positivas moderadas. Es posible que sean de naturaleza geológica, pues se localiza en una pendiente que corre hasta el río donde la erosión ha expuesto una concentración de piedra volcánica. Es recomendable hacer un pozo profundo para asegurar que no se trata de un rasgo cultural.

En el área abajo de N32 y al Oeste de E15 hay dos anomalías que probablemente representan canales. Realizar este recorrido fue difícil, pues esta área está debajo de un poste que conduce cableado eléctrico con dos polos de varas ferrosas. Las tres áreas blancas al Norte dentro del mapa reflejan la extripación de las señales extremas de los cables, con la intención de preservar la sensibilidad de la máquina para los artefactos del subsuelo. El área blanca más al Sur refleja un gran tronco (donde habitan las hormigas más viciosas). Las anomalías en el área entre N25 y N30 deben ser investigadas. Es muy posible que haya rasgos culturales tales como canales asociados con la extensiva ruina de la Estructura 15-1 y otros rasgos que fueron excavados dentro de la retícula inicial de 20 x 20m.

3. El Área 35

Inicialmente 40m de la porción Norte del Área 35 fueron mapeados en un cafetal usando tramos paralelos Norte-Sur distanciados a 2m [Fig. 4-5a]. La baja densidad de datos se evidencia en las partes borrosas de este mapa. La parte mapeada consistió de milpas rodeadas por cafetales no mapeados. Las filas de la milpa fueron recorridas en una dirección Oeste-Este. Estas filas eran variables en anchura, además tuvieron que ser esquivadas algunas veces especialmente en la sección que mide 40 m de largo. Es probable que estas variaciones hayan resultado en una distorsión de los posibles rasgos; la extensión de la distorsión se discute abajo, en la descripción del Montículo 5. Como se puede entender por

la figura **4-5b**, el Área 35 muestra mucha actividad magnéticamente. La probabilidad que esa actividad señale rasgos culturales se sostiene debido al hallazgo en superficie de muchos artefactos cerámicos, navajas de obsidiana, piedras labradas, y algunas piedras grandes espigadas, probables estelas (lisas?). El arado y el apilamiento de piedras por los campesinos ha perturbado el contexto para la lectura magnética no solamente en la superficie, si no también en la profundidad. La profusión de artefactos, especialmente aquellos quebrados o gastados conducen a pensar que es un área de talleres de producción de algún tipo. Los grandes grupos de interés se discuten abajo, pues no es posible aludir a todas las anomalías. Todas las áreas que señalan valores magnéticos extremos probablemente tienen piedras de interés cultural y deben ser investigados mediante excavación. La Figura **4-5b** presenta más de 28.100 puntos de datos.

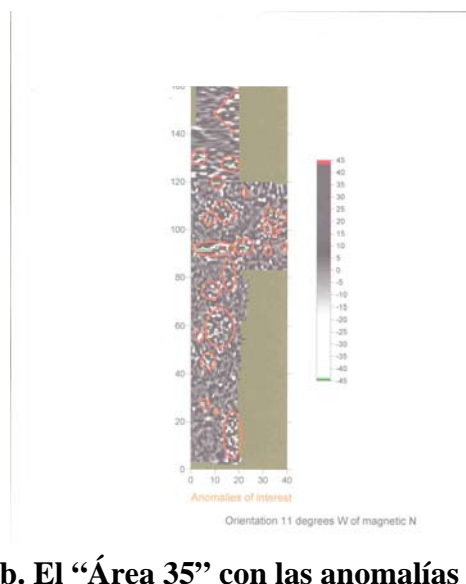
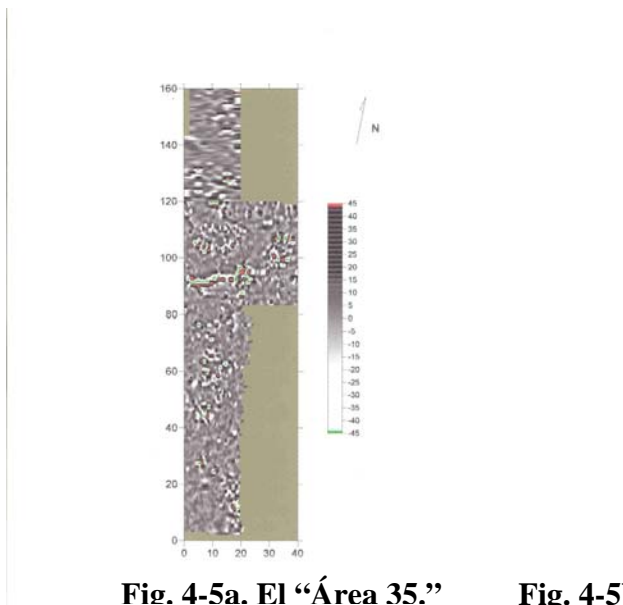


Fig. 4-5a. El "Área 35."

Fig. 4-5b. El "Área 35" con las anomalías delineadas.

En el área al Norte del cafetal se indica una anomalía de interés localizada al extremo Este, sin embargo es posible que indique un afloramiento natural cerca del riachuelo, y que las señales sean a causa de la geología. Solamente la excavación de este rasgo puede determinar la causa. En esta área también se encuentran menos artefactos en la superficie, entonces si se trata de rasgos culturales es mas probable que tengamos un contexto antiguo menos

perturbado. En las áreas al Sur se encuentran dos grupos de anomalías marcadas entre N98 y N112 que muy probablemente son estructuras culturales. Cerca de N90 se encuentra lo que probablemente es un dique de piedra ígnea, o un muro de estructura hacia el Este. También observamos grupos con valores extremos en N50-68 y N5-14.

4. El Montículo 5

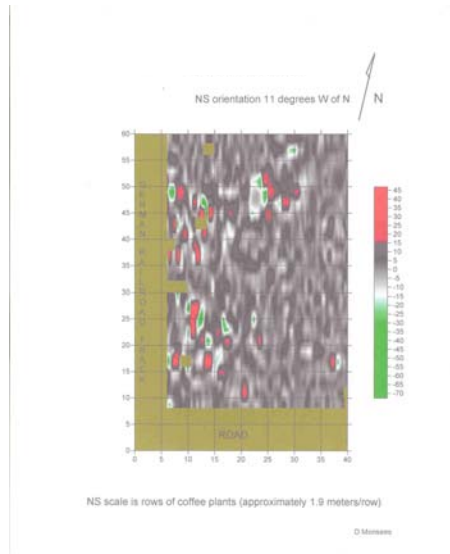


Fig. 4-6a. Montículo 5.

Esta área cubierta por cafetal requirió limpieza de ramas antes de realizar los recorridos con el gradiómetro, tal procedimiento resultó en variaciones en las direcciones, en lugar de ser Oeste a Este se realizaron Oeste-Sur-Oeste hasta Este-Norte-Este. Como se puede ver en la figura **4-6a**, hacia el Sur se ubica un camino de acceso al cafetal. Al Oeste yacen los restos de un área limpia que anteriormente conducía la línea del ferrocarril que funcionó en la primera mitad del siglo XX. Cuando se removió la vía del tren, se acumularon grandes clavos y otros desperdicios ferrosos en la zona. Dicha basura fue removida de la superficie antes de comenzar con la prospección para evitar señales falsas y para aminorar la distorsión de otras anomalías. Algunas veces las filas de las plantas cambian sus orientaciones en el medio del recorrido, en otras ocasiones la distancia entre las filas varía y lo que comienza como una fila se convierte en dos. La distorsión causada puede ser vista en la figura **4-6b** donde el cuadro azul marca la posición de una retícula de 20 x 20 m con una orientación ordinal.

Esa distorsión complica la interpretación de las anomalías pero no fue posible proveer otra solución. La figura representa más de 7.000 puntos de datos.

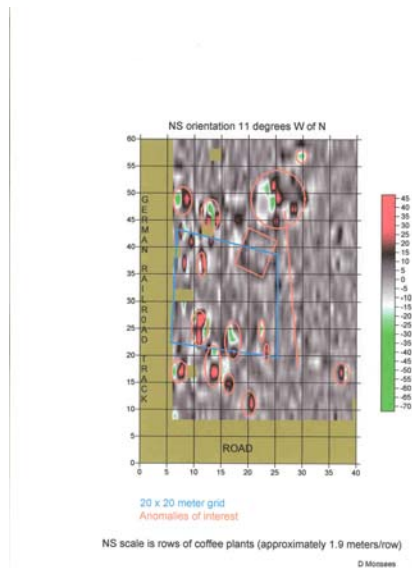


Fig. 4-6b. El Montículo con las anomalías delineadas.

Las anomalías con valores extremos (y usualmente bipolares) que vemos dispersas en las figuras **4-6a** y **4-6b** pueden representar piedras ígneas (nativas o que pertenecen a estructuras) u objetos modernos de hierro. Las espigas bipolares mas pequeñas no pueden ser determinadas sin excavación. Las anomalías y las anomalías unipolares probablemente no reflejan rasgos modernos. Sin embargo, su contexto aparece perturbado por las actividades del cultivo. Las líneas moderadas positivas y negativas que corren del Sureste al Noroeste probablemente reflejan el arado. Se puede notar que algunas de las anomalías importantes están alineadas con estas marcas, posiblemente algunas piedras han sido alíneas por el arado. En la figura **4-6b** el cuadro a E16-26/N35-44 es una anomalía positiva que puede reflejar algún rasgo cultural y debe ser probado por excavación. El círculo grande de esta figura que tiene su centro en E26/N49 es un área con señales arriba del promedio, especialmente en el Oeste, pudiendo reflejar la geología, y está pendiente de prueba. Continuando desde este círculo hasta el Sur se encuentra una línea con valores negativos periódicos, ésta puede ser de naturaleza cultural especialmente si los valores negativos son el resultado de piedra sedimentaria.

Entre las otras anomalías notadas en la figura **4-6b** – aquellas ubicadas en E17/N15, E15/N23, E13/N26, y E8/N48 (para facilitar la descripción se

denotan por sus puntos centrales) han sido probadas mediante excavación como hileras de muros de piedras de 4- x 45 m, y forman parte de una estructura denominada 5-1. Es de notar que buena parte del muro no aparece en el mapa gradiométrico. La conclusión a la que se puede llegar es que muchas de las piedras usadas son de origen sedimentario y no ígneo, razón por la cual no se registran en los recorridos del gradiómetro. Un procedimiento importante a llevar a cabo, ya conociendo la ubicación precisa de los muros de la plataforma es la investigación mediante excavación de los valores extremos dentro de los muros.

Conclusiones

La gradiometría ha demostrado ser de utilidad sustancial para la identificación y localización de rasgos arqueológicos en el área volcánica de Chicolá. Las fuertes señales causadas por la piedra ígnea tuvieron la tendencia de oscurecer los detalles que habrían sido evidentes en una localidad con menos actividad magnética en general. Los recorridos separados por un metro tendían a proveer detalles superiores para tomar decisiones sobre la excavación en contraste con aquellos de dos metros. Sin embargo, en consideración de las circunstancias que se encuentran los investigadores no hay otra opción. La distorsión en el mapeo ocasionada por tener que trabajar entre las filas de los cultivos es evidente. Sin embargo, la utilidad de los mapas de prospección es clara en determinar la ubicación precisa de las anomalías de interés y para guiar la excavación subsecuente. Estos mapas añaden significado a los datos obtenidos por la recolección superficial y reafirman la conceptualización que se hace de las áreas de Chicolá como entidad urbana.

Las interpretaciones de este capítulo deben ser consideradas preliminares excepto donde ya han sido confirmadas por la excavación en las partes investigadas (Montículos 5 y 15). Esta es la primera experiencia del agrimensor geofísico con este tipo de suelo volcánico, y con sitios arqueológicos del área Maya, sin embargo la identificación y la interpretación de las anomalías fueron mejoradas significativamente por las excavaciones simultáneas. Se aprendió no solamente si las señales indicaban rasgos verdaderos o no, además

esto sirvió al agrimensor para refinar los métodos e interpretar las señales en dos dimensiones: 1) El agrimensor conceptualizó los elementos o aspectos de las características únicas del suelo y cómo la gradiometría las refleja; 2) capacitó al Proyecto para ganar tiempo en la toma de decisiones, al proveer buenos grados de certeza en la identificación de concentraciones anómalas que representaran rasgos culturales únicos de los restos antiguos de la ciudad.

Recomendaciones

Es notorio que solamente con las pruebas de excavación durante la prospección por sensor remoto ha sido posible proveer retroalimentación para el correcto funcionamiento del gradiómetro. Las condiciones locales del magnetismo varían mucho de sitio a sitio, y solamente con dichas pruebas hemos logrado este aprendizaje. Con precaución, es posible extrapolar los conocimientos y determinaciones de una parte del sitio a otras partes enfatizando entonces que debe considerarse la prueba por excavación una prioridad.

En consideración de lo expuesto, es recomendado enfrentar las siguientes preguntas:

- En las excavaciones llevadas a cabo, algunas ideas de la interpretación de anomalías identificadas habrían cambiado; entonces, es correcta o no la interpretación preliminar de las anomalías que aun no han sido probadas por la excavación?
- Cual es la composición física de los rasgos de piedra? Son de naturaleza ígnea todas las piedras usadas?
- Puede ser mejor identificado el contexto cultural de los rasgos? Son las estructuras de fecha Preclásica? Son las áreas por ejemplo de "Área 35" realmente áreas de talleres? Podemos determinar las funciones de las otras estructuras? Obviamente estas preguntas son de interés general al proyecto, pero tienen interés también específicamente para las investigaciones gradiométricas.