



CARACTERÍSTICAS GEOMAGNÉTICAS DEL SUBSUELO EN EL SECTOR NORESTE DEL CONJUNTO MONUMENTAL DE PANAMÁ VIEJO

Alexis Mojica^{1,2}, Louis Pastor^{2,3} y Mario Caraballo⁴

¹ Instituto de Geociencias, Dpto. de Física, CITEN. Universidad de Panamá.

² Département de Géophysique Appliquée, UMR 7619 Sisyphe, Université P. & M. Curie - Paris VI, Tour 15 - 25, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France.

³ Université Denis Diderot – Paris VII – Francia.

⁴ Escuela de Física, Universidad de Panamá.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio geomagnético del subsuelo en un sitio que conforma uno de los más importantes legados históricos de Panamá: el Conjunto Monumental de Panamá Viejo. Con el objetivo de conocer la naturaleza del suelo y la respuesta de la actividad del hombre en el pasado sobre dicha región, se realizó un análisis cartográfico del gradiente magnético vertical. Estudiando el rango de la magnitud y el signo de polaridad de las anomalías magnéticas en dos zonas de dicho Conjunto, fue posible detectar, en una de ellas (zona 1), dos períodos de ocupación: uno de tipo hispánico y el otro más reciente del siglo pasado; y en la otra zona, ubicada un poco más hacia el Este de la primera, se detectó una extensión notable de rocas volcánicas (zona 2).

PALABRAS CLAVES

Gradiente magnético, magnetómetro, anomalía magnética, canaleta hispánica.

ABSTRACT

In this work the results of a geomagnetic study of the subsoil are presented in a place that conforms one of the most important historic legacy of Panama: The Joint one Monumental of Panama Viejo. With the objective of knowing the nature of the soil and the answer of the activity of the man in the past upon said region, an cartographical analysis of the vertical magnetic gradient was carried out. Studying the rank of the magnitude and the sign of polarity of the own magnetic anomalies of

place, was possible to detect in a zone, two periods of occupation: one of hispanical type and the other more recent one of last century (zone 1), and another zone located a little more toward the east of the first one, with a notable extension of volcanic rocks (zone 2).

KEYWORDS

Magnetic gradient, magnetometer, magnetic anomaly, hispanic canal.

INTRODUCCIÓN

Las ruinas de lo que un día constituyó el principal asentamiento español en el continente americano, se han convertido en el foco de diversos trabajos de investigación, tanto en el área de la Arqueología como en el de la Geofísica de Prospección. En este marco de investigaciones, los trabajos de estratigrafía han mostrado resultados interesantes concernientes a los diversos períodos de ocupación del sitio arqueológico de Panamá Viejo (Rovira, 1994).

Desde el punto de vista de la Geofísica Aplicada, es importante señalar que los modelos teóricos que intentan explicar los diversos fenómenos de la naturaleza, pueden ser aplicados no solamente a problemas geológicos, hidrogeológicos, agricultura de precisión, ingeniería civil, por mencionar algunos, sino también a problemas de identificación de estructuras arqueológicas, o dicho de otra manera, a la determinación de la geometría de las principales características arqueológicas enterradas a cierto nivel de profundidad (Scollar et al., 1990). El presente trabajo enfatiza en las generalidades de dos zonas ubicadas en la región oriental de una de las principales estructuras que forman parte del Conjunto Monumental de Panamá Viejo: el Convento de Santo Domingo. Es importante recalcar la labor que ha desarrollado la comisión de investigadores del Patronato de Panamá Viejo, pues gran parte de los resultados obtenidos en sus investigaciones han servido en la correlación con la posible respuesta geomagnética del sitio (Pastor et al., 2001). Estos resultados evidencian la existencia de una canaleta hispánica y pequeñas plataformas con fechas de finales del siglo pasado.

Marco geográfico y geológico del sitio

Las ruinas de Panamá Viejo se encuentran ubicadas a pocos kilómetros, al Este de la ciudad de Panamá, entre el río Gallinero y la quebrada del Algarrobo. Este importante sitio limita al Noreste con un área pantanosa, al Norte con el río Abajo, al Este con el viejo puerto, transformado en un área pantanosa y al noroeste, con el Jardín de Paz. La figura 1 muestra una fotografía aérea del Conjunto Monumental, incluyendo la región de interés de este estudio, la cual se encuentra representada por un polígono (ver flecha en la figura).



Fig. 1. Fotografía aérea del Complejo Arqueológico de Panamá Viejo y la zona de interés.

De acuerdo a las notas geológicas de (Rubio, 1949), el Istmo de Panamá presenta diferencias en su constitución geológica debido a la formación lenta que experimentó a lo largo del tiempo. Desde el punto de vista de la Geología, dicho Istmo está constituido por rocas ígneas propias del período Preterciario. En este mismo contexto geológico, sobre las formaciones del Eoceno se encuentran las del Oligoceno; las mismas son observadas de forma superficial en zona de mayor estudio realizado en el Istmo, el área del canal y sus alrededores. La base sedimentaria a lo largo de esta área canalera está formada por estratos de conglomerados de la formación Bohío, recubiertas por calizas que continúan a lo largo del área Este. Por otro lado, las rocas sedimentarias

más antiguas del Oligoceno y las tobas del Eoceno constituyen la base de la ciudad de Panamá. Dicho conglomerado consiste de fragmentos redondeados y angulares de rocas ígneas de color negro, cementadas por una toba oscura estratificada en muchos fragmentos redondeados debido a la acción del agua en las orillas de los ríos y arroyos. Los estratos de guijarros y guijas transportados y separados por los de arenisca y arcilla, también están presente (Rubio, 1949). El área de trabajo forma parte de la formación Panamá facie marina del Terciario, Oligoceno Superior.

Cabe destacar que el análisis efectuado a una muestra de tierra de este sector, revela un 65% de silicio, 3% de potasio y 2% de sodio; lo restante está constituido por basalto que está formado por plagioclasas o feldespato, albita y anortita, y además están presente los minerales máficos constituidos por elementos ferromagnéticos (Rubio, 1949).

Contexto arqueológico

Las ruinas del sitio colonial de Panamá Viejo, representan el deseo que surgió en el pasado de edificar un punto estratégico, tanto para las campañas de conquista y colonización, como sitio de convergencia para el comercio colonial de la Corona Española (Carles, 1969; Sosa, 1955). Esta importante ciudad fue fundada el 15 de agosto de 1519 por Pedrarias Dávila, y gracias al tráfico de la riqueza proveniente de México, Perú y Centroamérica hacia España, y la concentración de terratenientes y comerciantes pudientes, dicha ciudad logró convertirse en un foco gubernamental poderoso (Rubio, 1950). Es así que Panamá llega a representar el asentamiento español más importante de todo el continente americano de la época.

A pesar de todas las características que poseía este importante asentamiento europeo, hubo poco interés por parte de sus administradores para la construcción de edificaciones sólidas y planificadas, como fue el caso de otras ciudades de origen colonial en América, que aún existen. Se estima que la cantidad de casas que existía en el momento de la destrucción debido al ataque del pirata H. Morgan, oscilaba entre 600 a 700, las cuales en su mayoría fueron arrasadas por el incendio, quedando solamente las estructuras construidas por piedras, pero gran parte de ellas fueron deterioradas por las inclemencias del medio ambiente. Otras partes quedaron bajo

las edificaciones de las casas de los moradores que invadieron los terrenos que están alrededor del sitio histórico (Castillero, 1994).

El mapa de Antonelli, cuya descripción data de 1586 (Fig. 2), nos ofrece un panorama general sobre la distribución de las construcciones en la antigua ciudad de Panamá. En esta figura, se presentan algunas edificaciones principales en el sector este del Convento de Santo Domingo (área de interés). Existen además, otras fuentes que presentan no solamente las calles principales, sino también algunos alineamientos que corresponden a canaletas propias de un sistema de drenaje, ya que en esta parte de la ciudad, existían zonas pantanosas.

Esta descripción corrobora los estudios arqueológicos desarrollados por Suárez (2001a), en donde se logra identificar una canaleta construida a base de ladrillos, unidos estos por argamasa, propia de la época colonial.

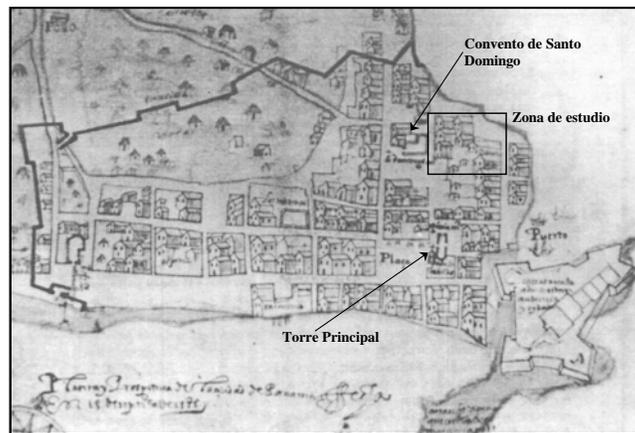


Fig. 2. Mapa de Antonelli sobre la distribución de las estructuras en Panamá Viejo, fechada el 15 de septiembre de 1586.

El estado de conservación de estos restos arqueológicos es acorde con una zona habitacional importante de la burguesía local (Suárez, 2001b). Los resultados de las excavaciones arqueológicas dieron evidencia de cierto tipo de intervenciones humanas del siglo pasado. Los resultados de estas excavaciones se presentan en la figura 3.



Fig. 3. Fotografía de una canaleta de tipo colonial ubicada en el área de interés (Suárez, 2001b).

En base a toda la información arqueológica del área, se seleccionaron dos zonas de interés: la 1 y la 2. Las mismas fueron elegidas con el objeto de conocer ciertas características físicas del lugar que pudiesen estar asociadas a las estructuras de drenaje de tipo hispánico ya mencionadas con anterioridad. La figura 4 muestra la distribución de algunas características arqueológicas aflorantes y las zonas ya mencionadas.

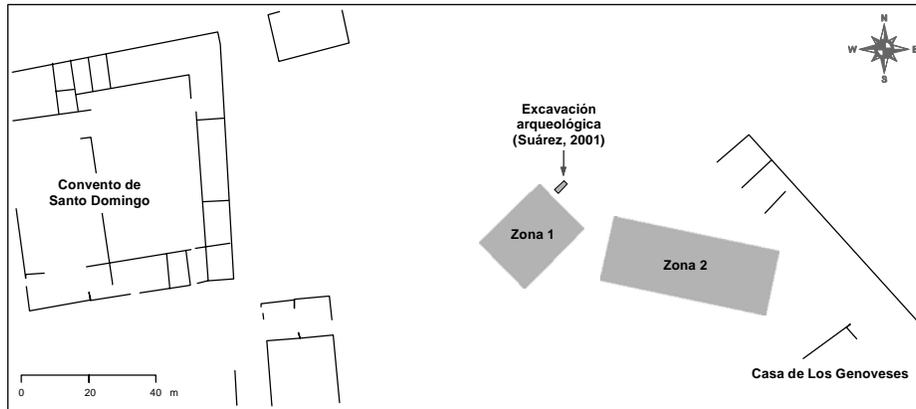


Fig. 4. Ubicación de las zonas 1 y 2 (en color gris) en el sector este del Convento de Santo Domingo.

En esta misma figura, se localiza la excavación arqueológica realizada por Suárez, en la parte noreste de la zona 1.

Es importante mencionar que a finales del siglo pasado, el Complejo Arqueológico de Panamá Viejo, fue objeto de diversas alteraciones producto de la expansión residencial en los alrededores del sitio y la presencia militar que incluyó la edificación no planificada de centros de almacenamiento, de oficinas centrales y caballerizas, entre otras.

INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA

Para la prospección magnética de las zonas 1 y 2, se empleó un magnetómetro de vapor de Cesio G – 858 (Magmapper) de la GeoMetrics. Este complejo sistema trabaja bajo el principio físico de bombeo óptico, el cual se basa en la energía proveniente de la transferencia de los electrones entre dos niveles energéticos (Breiner, 1973). Los gases clásicamente utilizados en este tipo de magnetómetros son los de Cesio, Rubidio, Sodio y Helio. De acuerdo a (Telford et al., 1996), los tres primeros elementos poseen un electrón único en la capa externa, donde el eje de rotación se alinea de manera paralela o antiparalela a la dirección del campo magnético creado por alguna estructura ubicada en el subsuelo.

El dispositivo utiliza un sensor de Cesio en modo magnetómetro simple y dos sensores de Cesio, a manera de gradiómetro. Con el objeto de medir la diferencia del valor absoluto del campo magnético total entre dos posiciones sobre la superficie del terreno, el G-858 se programó en modo de gradiómetro, con una separación entre ambos sensores de 1,0 m. Esta elección se hizo sobre la base del fácil manejo y el control que se tiene sobre el dispositivo sobre el terreno. Dicha diferencia de intensidades magnéticas, dividida entre la separación de éstos, ofrece una buena aproximación del gradiente magnético vertical registrado en el punto medio entre ambos sensores (Bossuet et al., 2001). De acuerdo a (Lliboutry, 1998) este registro también ofrece una data corregida del efecto de la contribución magnética regional.

Con una frecuencia de medición de 10 registros por segundo, a lo largo de un perfil, el proceso de medición y almacenamiento son muy rápidos y efectivos, considerando además que el mismo ofrece una dispersión de 0,01 nT.

En este estudio se lograron prospectar las zonas 1 y 2 señaladas en el mapa de la figura 4, ambas con una superficie de $(20 \times 27) \text{ m}^2$ y $(50 \times 20) \text{ m}^2$, respectivamente; se especificó una malla en donde la distancia que separaba los perfiles, era de 1,0 m. Con esta separación entre los perfiles, se lograba trabajar sobre una malla lo suficientemente fina, de tal forma que pudiesen observarse a detalle los espectros generados. Los mapas del gradiente magnético vertical, para ambas zonas, fueron sometidas a un proceso de acotamiento y filtraje mediante algoritmos especiales de tipo estadístico que permiten definir ciertas características, y con esto, las anomalías magnéticas de interés.

RESULTADOS

El resultado de la prospección magnética se muestra en la figura 5. La misma contiene la integración de los dos mapas del gradiente magnético vertical.

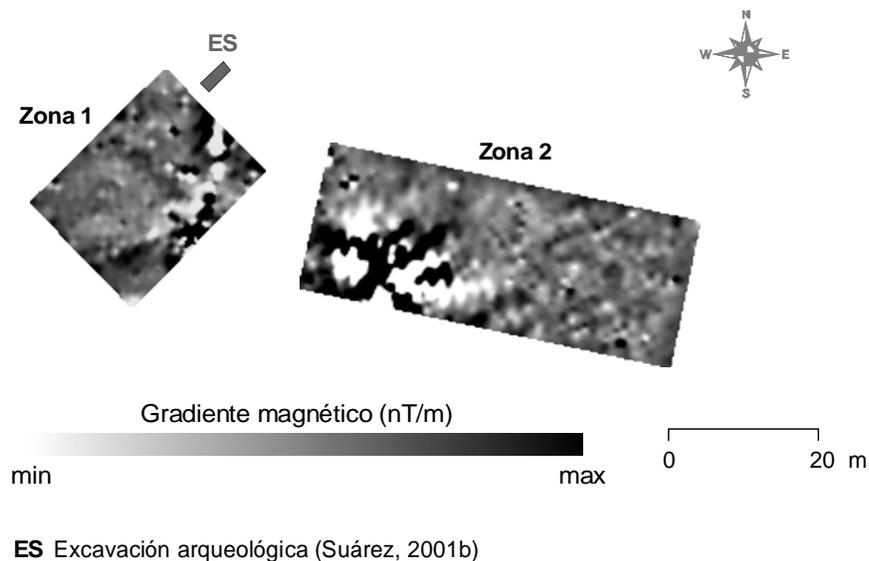


Fig. 5. Sector noreste del Complejo Arqueológico de Panamá Viejo. Mapas de gradiente magnético vertical para las dos zonas 1 y 2.

En la zona 1, es posible notar algunos contrastes fuertes del gradiente magnético (polaridad de las anomalías magnéticas), algunos de ellos, estrechamente relacionado con materiales férricos que se encuentran dispersos en el sitio. Para estos casos, son las anomalías intermedias, las que nos interesan. Por otro lado, en la zona 2, nos encontramos con una anomalía notable, cuya intensidad se relaciona con la existencia de roca volcánica.

En la figura 6 presentamos el mapa anterior, pero con las interpretaciones para cada espectro magnético, y con sus respectivas coordenadas geográficas métricas (UTM).

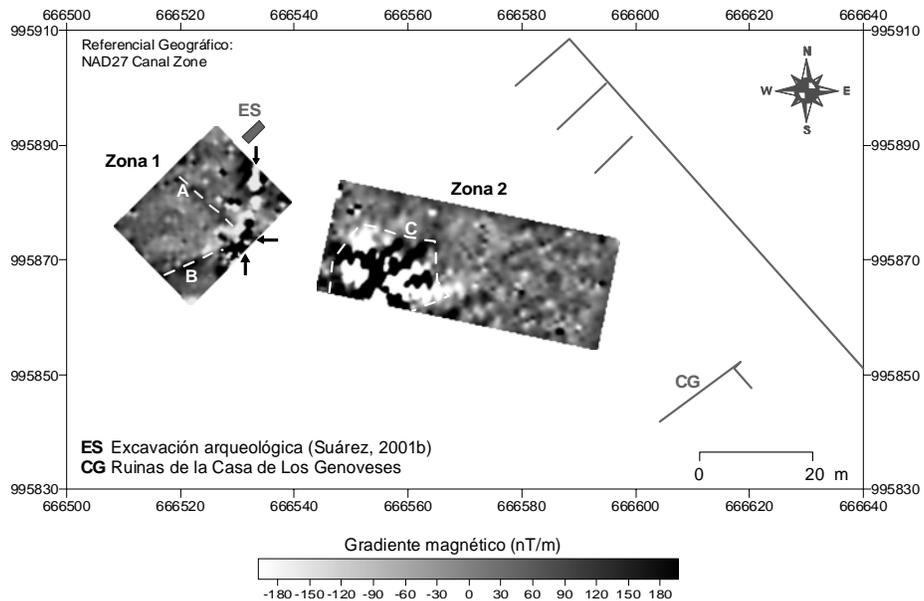


Fig. 6. Plan de las ruinas aflorantes en el sector este del Convento de Santo Domingo – Panamá Viejo, e interpretación de los mapas del gradiente magnético vertical.

En primer lugar, nos encontramos con un conjunto de fuertes anomalías, asociadas con lo que hemos mencionado anteriormente: metales de fechas recientes enterrados a poca profundidad (ver flechas negras en el mapa). Por otro lado, la anomalía A (en líneas blancas punteadas) se encuentra asociada al límite de una plataforma de ocupación humana reciente, o construida a finales del siglo pasado.

Esto corrobora los resultados obtenidos de las excavaciones arqueológicas, en donde se han revelado la existencia de pisos de concreto, propios de la época de ocupación militar; y en este mismo contexto, las prospecciones electromagnéticas (georadar) realizadas por C. Camerlynck (2002) señalan también la existencia de dicha plataforma. Por otro lado, la anomalía B se encuentra relacionada a estructuras de tipo hispánica, y ésta a su vez, a sistemas de drenaje, tal como lo reporta Suárez (2001b). Estas características detectadas, no sobrepasan 1,0 m de profundidad, corroborando los resultados de (Caraballo, 2001).

Finalmente la anomalía C, que se encuentra representada mediante un polígono de líneas blancas punteadas, corresponde a la presencia de una roca volcánica en el sitio, cuya característica magnética ocupa un 25% del espectro dado. El resto de este mismo espectro (zona 2), que podrían estar relacionadas a la posible presencia de material arqueológico en el subsuelo, no presenta otro tipo de variaciones significativas.

DISCUSIÓN

Podemos recalcar que la Geofísica de Prospección puede jugar un papel muy importante, en lo que a detección arqueológica se refiere. Hablamos más específicamente, de su papel como herramienta notable de apoyo al arqueólogo.

En este mismo contexto, el empleo de determinados procesos de acotamiento de intensidades magnéticas y la aplicación de algoritmos especiales, facilitaron, en este caso, la interpretación de las anomalías del gradiente magnético vertical que revelaron dos períodos de ocupación: época hispánica y recientemente (fines del siglo pasado). A pesar del notable trabajo de rescate cultural desarrollado por el Patronato de Panamá Viejo en todo el Conjunto Monumental y la aplicación de diversas técnicas de tipo electromagnético (georadar), ha sido difícil dar una continuidad a los trabajos de prospección geofísica debido al elevado nivel de contaminación del sitio. La misma se debe a serias alteraciones del sitio mediante la construcción de estructuras no programadas y la deposición de desechos inorgánicos. Por esta razón es necesario hacer un análisis profundo sobre la importancia de nuestro legado cultural.

CONCLUSIONES

Gracias a la utilización de herramientas geofísicas no destructivas, fue posible identificar estructuras correspondientes a un período de ocupación colonial, en donde se detectaron ciertas características arqueológicas relacionadas con sistemas de drenaje, y además, de otro período de ocupación reciente relacionados con una plataforma enterrada y que corresponde a intervenciones humanas no planificadas.

Por otro lado, los espectros revelaron las características ígneas del sitio, corroborando de esta manera, lo reportado por la literatura sobre la geología local.

REFERENCIAS

Bossuet, G., C. Camerlynck, C. Brehonnet, & C. Petit. 2001. Magnetic Prospecting of Diachronic Structures (Antiquity to First World War) on the Site of the Sanctuary of Ribemont – sur – Ancre (Somme, France). *Archaeol. Prospect.* Vol. 8. pp 67 – 77.

Breiner, S. 1973. *Applications Manual for Portable Magnetometers.* GeoMetrics Sunnyvale, USA.

Caraballo, M. 2001. *Estudio del gradiente magnético vertical de las estructuras arqueológicas en la zona oriental del Convento de Santo Domingo – Panamá Viejo.* Trabajo de graduación – Universidad de Panamá.

Carles, R. 1969. *220 Años del Período Colonial en Panamá.* Taller de Arte Gráfica del Colegio Artes y Oficios – Melchor Lasso de la Vega.

Castillero, A. 1994. *Arquitectura, Urbanismo y Sociedad – La vivienda colonial en Panamá.* Fondo de Promoción Cultural Shell.

Lliboutry, L. 1998. *Géophysique et géologie.* Editorial Masson.

Pastor, L., R. Vanhoeserlande, N. Florsch, I. Florsch, J. Toral, J. González, M. Lezcano & A. Mojica. 2001. Prospección arqueogeofísica en Panamá La Vieja: presentación de casos. *Arqueología de Panamá La Vieja – Avances de investigación – Época Colonial.*

Rovira, B. 1994. Sitio de Panamá Viejo; Planificación de Labores Arqueológicas. (Afiche).

Rubio, A. 1949. *Notas sobre Geología de Panamá*. Tall. Imp. Nacional.

Rubio, A. 1950. *Panamá: Monumentos Históricos y Arqueológicos*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Sosa, J. 1955. *Panamá la Vieja*. Imprenta Nacional.

Suárez, L. 2001a. Informe sobre el Proyecto General de Sondeo Superficial – Este de Santo Domingo. Panamá: Dirección de Arqueología, Patronato de Panamá Viejo.

Suárez, L. 2001b. Una canaleta colonial. Boletín Informativo – Panamá Viejo.

Scollar, I., A. Tabbagh, A. Hesse & I. Herzog. 1990. *Archaeological Prospecting and Remote Sensing*. Cambridge University Press: Cambridge.

Telford, W., L. Geldart & R. Sheriff. 1996. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press: Cambridge.

AGRADECIMIENTOS

Consignamos nuestro más profundo agradecimiento al Centro Cultural y de Cooperación para América Central (CCCAC), a la Embajada de Francia y el Servicio Cultural Francés en Panamá por el apoyo brindado durante todos estos años para la conclusión satisfactoria de estos trabajos de investigación. Al Dr. Pierre Mechler de la Universidad de París VI por facilitarnos los dispositivos de prospección geomagnética. De igual manera, deseamos agradecer al Patronato de Panamá Viejo por la información suministrada y la Universidad de Panamá por abrirnos las puertas y apoyar el rescate de nuestro legado cultural, y con ello, el desarrollo nacional.

Recibido marzo de 2003, aceptado julio de 2003.