

MACHUPICCHU

INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS

TOMO II

FERNANDO ASTETE y JOSÉ M. BASTANTE, editores.



PERÚ

Ministerio de Cultura

Dirección
Desconcentrada de Cultura
de Cusco

MACHUPICCHU

INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS

TOMO II

FERNANDO ASTETE y JOSÉ M. BASTANTE. editores



PERÚ

Ministerio de Cultura

Dirección
Desconcentrada de Cultura
de Cusco

© MACHUPICCHU. INVESTIGACIONES
INTERDISCIPLINARIAS / TOMO II
Fernando Astete y José M. Bastante, editores

© De esta edición:
Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco
Área Funcional del Parque Arqueológico Nacional de
Machupicchu
Calle Maruri 340, Palacio Inka del Kusikancha. Cusco
Central telefónica (051) – 084 – 582030
1a. edición - Setiembre 2020

Corrección de estilo:
Eleana Llosa Isenrich

Diagramación:
Saúl E. Ponce Valdivia

Arte de portada:
Saúl E. Ponce Valdivia
Miguel A. Aragón Collavino

Foto de portada:
José M. Bastante Abuhadba

Foto de solapa:
Sandro Aguilar

Coordinación:
Alex I. Usca Baca
Alicia Fernández Flórez

Revisión:
Carmen C. Sacsá Fernández
Alicia Fernández Flórez

ISBN: 978-612-4375-14-9
Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-03378

Impreso en:
GD Impactos
Calle Mártir Olaya 129, Of 1905, Miraflores - Lima

Tiraje: 1000 ejemplares

Impreso en Perú
Printed in Perú
Perú suyupi ruwasqa

MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ

Ministro de Cultura
Alejandro Arturo Neyra Sánchez

**Viceministra de Patrimonio Cultural
e Industrias Culturales**
Leslie Carol Urteaga Peña

Viceministra de Interculturalidad
Angela María Acevedo Huertas

**Director de la Dirección Desconcentrada
de Cultura de Cusco**
Fredy D. Escobar Zamalloa

**Jefe del Área Funcional del Parque Arqueológico Nacional
de Machupicchu**
José M. Bastante Abuhadba

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación por cualquier medio o procedimiento sin autorización expresa y por escrito de los editores.

Índice

TOMO I

Presentación

Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco 11

Prólogo

John Hemming 13

Introducción

Mechtild Rössler 21

Los trabajos de las Expediciones Peruanas de Yale en la *llaqta* de Machupicchu

José M. Bastante 25

Machu Picchu. Entre el cielo y la tierra

Luis Millones 59

Nuevos alcances científicos sobre la vida diaria en Machu Picchu

Richard L. Burger 77

Percepciones sobre inmigración y clase social en Machu Picchu, Perú, basadas en el análisis de isótopos de oxígeno, estroncio y plomo

Bethany L. Turner, George D. Kamenov, John D. Kingston y George J. Armelagos 107

Estado de la cuestión: historia y arqueología de la *llaqta* de Machupicchu

José M. Bastante, Fernando Astete, Alicia Fernández y Alex I. Usca 141

Machu Picchu. Monumento arqueológico

Rogger Ravines 237

Avances de las investigaciones interdisciplinarias en Machupicchu

José M. Bastante y Alicia Fernández Flórez 269

Machu Picchu: el centro sagrado

Johan Reinhard 289

<i>Llaqta</i> de Machupicchu: sacralidad y proceso constructivo <i>José Fernando Astete Victoria</i>	313
Aspectos constructivos en Machupicchu <i>Arminda Gibaja</i>	327
Machu Picchu: maravilla de la ingeniería civil <i>Kenneth R. Wright y Alfredo Valencia Zegarra</i>	335
Tecnomorfología de la <i>llaqta inka</i> de Machupicchu. Materiales, métodos y resultados del levantamiento arquitectónico y paisajístico <i>Adine Gavazzi</i>	353
Avances preliminares de la investigación con <i>lidar</i> en Machupicchu <i>Roland Fletcher, Nina Hofer y Miguel Mudbidri</i>	383
Lagunas sagradas de Salkantay. Investigaciones subacuáticas en el Santuario Histórico de Machu Picchu <i>Maciej Sobczyk, Magdalena Nowakowska, Przemysław Trzeźniowski y Mateusz Popek</i>	393
Ingeniería <i>inka</i> de Machupijchu <i>Jesús Puellas Escalante</i>	409
Contexto funerario bajo en el sector noreste de Machupicchu, 2002 <i>Alfredo Mormontoy Atayupanqui</i>	447
Los esqueletos humanos de Machu Picchu. Un reanálisis de las colecciones del Museo Peabody de la Universidad de Yale <i>John Verano</i>	455
TOMO II	
La mayoría silenciosa de Machu Picchu: una consideración de los cementerios incas <i>Lucy C. Salazar</i>	11
El cementerio de los incas <i>Christopher Heaney</i>	25
Quilcas en el Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu: análisis y perspectivas arqueológicas <i>Fernando Astete, José M. Bastante y Gori-Tumi Echevarría López</i>	35

Las quilcas del Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu: evaluación y secuencia arqueológica preliminar <i>José M. Bastante y Gori-Tumi Echevarría López</i>	59
El calendario solar de Machupicchu y otras incógnitas <i>Eulogio Cabada</i>	99
Observaciones astronómicas en Intimachay (Machu Picchu): un nuevo enfoque para un antiguo problema <i>Mariusz Ziółkowski, Jacek Kościuk y Fernando Astete Victoria</i>	131
Acercas de los instrumentos astronómicos de los incas: el mirador de Inkaraqay (Parque Arqueológico Nacional de Machu Picchu) <i>Fernando Astete Victoria, Mariusz Ziółkowski y Jacek Kościuk</i>	143
Machu Picchu: sobre su función <i>Federico Kauffmann Doig</i>	159
Machu Picchu, el mausoleo del emperador <i>Luis Guillermo Lumbreras</i>	193
Investigaciones interdisciplinarias en Machupicchu. Temporada PIAISHM 2017 <i>José M. Bastante, Alicia Fernández y Fernando Astete Victoria</i>	233
Investigaciones en el monumento arqueológico Choquesuysuy del Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu <i>José M. Bastante y Emerson Pereyra</i>	269
Investigaciones en el monumento arqueológico Chachabamba <i>José M. Bastante, Dominika Sieczkowska y Alexander Deza</i>	289
Arqueogeofísica aplicada a la arqueología inca: el caso del monumento arqueológico Chachabamba <i>Nicola Masini, Luigi Capozzoli, Gerardo Romano, Dominika Sieczkowska, Maria Sileo, José M. Bastante, Fernando Astete, Mariusz Ziolkowski y Rosa Lasaponara</i>	305
Materialización del culto al agua a través de la arquitectura hidráulica en la llaqta de Machupicchu <i>Alicia Fernández Flórez</i>	321

La Reforma Agraria en el Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu <i>Alex Usca Baca</i>	337
La ciudad de San Francisco de Victoria de Vilcabamba y el pueblo antiguo del Ynga nombrado Huaynapicchu <i>Donato Amado Gonzales</i>	361
Biodiversidad anotada del Santuario Histórico de Machupicchu: especies endémicas y amenazadas <i>Julio Gustavo Ochoa Estrada</i>	375
Reportes anotados de mamíferos silvestres del Santuario Histórico de Machupicchu <i>Julio Gustavo Ochoa Estrada</i>	395
Quinquenio orquidáceo del Santuario Histórico de Machu Picchu. Géneros, especies nuevas y nuevos reportes <i>Benjamín Collantes</i>	407
<i>Vasqueziella</i> boliviana, conocida desde hace tiempo y de amplia distribución, pero muy poco frecuente <i>Benjamín Collantes y Günter Gerlach</i>	411
Una vista desde la bóveda: fotos de las expediciones a Perú de la National Geographic Society-Yale University <i>Sara Manco, Renée Braden y Matthew Piscitelli</i>	421
Autenticidad de Machupicchu, 100 años después <i>Ricardo Ruiz Caro y Fernando Astete Victoria</i>	427
ANEXOS	
Anexo 1. Relación de monumentos arqueológicos en el Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu y la Zona Especial de Protección Arqueológica	439
Anexo 2. Términos en quechua en los artículos	456

Arqueogeofísica aplicada a la arqueología inca: el caso del monumento arqueológico Chachabamba¹

Nicola Masini², Luigi Capozzoli³, Gerardo Romano⁴, Dominika Sieczkowska⁵, Maria Sileo⁶, José M. Bastante⁷, Fernando Astete Victoria⁸, Mariusz Ziolkowski⁹ y Rosa Lasaponara¹⁰

En las últimas décadas, el empleo de tecnologías de teledetección (satelital, aérea y terrestre) empezó una edad de oro caracterizada por el crecimiento de metodologías tanto clásicas como multidisciplinares, dirigidas al estudio, documentación y conservación de bienes culturales (Kvamme 2003; Lasaponara y Masini 2012; Lasaponara *et al.* 2017; Cuca y Hadjimitsis 2017; Opitz y Herrmann 2018; Masini Luo *et al.* 2019). Las herramientas digitales disponibles actualmente para la arqueología nos permiten obtener resultados extremadamente precisos y de forma no

invasiva y acortar los tiempos de las diversas fases de investigación, es decir, prospección, planimetría, excavación y monitoreo, a diversas escalas de interés, pasando de pequeños artefactos a estructuras arquitectónicas y a la reconstrucción del paisaje. Esto ha revolucionado totalmente el enfoque clásico de los estudios sobre las actividades humanas pasadas, anteriormente basado principalmente en la recuperación y análisis de la cultura material, el reconocimiento de campo, los pozos de prueba y, finalmente, las campañas de excavación. Todas estas actividades demandan tiempo, son costosas y pueden producir

1 Resumen del artículo publicado en 2018 por N. Masini, L. Capozzoli, G. Romano, D. Sieczkowska, M. Sileo, J. M. Bastante, F. Astete Victoria, M. Ziolkowski y R. Lasaponara: "Archaeogeophysical based approach for Inca Archaeology: Overview and One Operational Application" en la revista. *Survey in Geophysics* (traducción de Dominika Sieczkowska).

2 Ingeniero; responsable del Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale, Sede de Potenza (Italia); director de la Misión Italia de Arqueogeofísica en Perú (Itaca) (nicola.masini@cnr.it).

3 Ingeniero; investigador del Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di Metodologie di Analisi Ambientale, Potenza (Italia) (vincenzo.capozzoli@imaa.cnr.it).

4 Físico; investigador de la Universidad de Bari (Italia) (gerardo.romano@uniba.it).

5 Arqueóloga; Universidad de Varsovia (Polonia) (d.sieczkowska@uw.edu.pl).

6 Geóloga; investigadora del Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale, Potenza (Italia) (maria.sileo@cnr.it).

7 Arqueólogo, director del Programa de Investigaciones Arqueológicas e Interdisciplinares en el Santuario Histórico de Machupicchu, Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco, Ministerio de Cultura (jose.bastante@gmail.com).

8 Arqueólogo y antropólogo; jefe del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu, Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco, Ministerio de Cultura (fastetemachupicchu@yahoo.es).

9 Arqueólogo; director del Centro de Estudios Andinos de la Universidad de Varsovia en el Cusco (mziolkowski@uw.edu.pl).

10 Ingeniera; primera investigadora del Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di Metodologie di Analisi Ambientale, Potenza (Italia) (rosa.lasaponara@imaa.cnr.it).

impactos negativos. Actualmente, sin embargo, esto puede optimizarse a través de herramientas de predicción arqueológica, como las tecnologías de tele-detección y la geofísica.

El empleo de estas tecnologías es particularmente importante en ausencia de fuentes históricas. Este es el caso de las civilizaciones prehispánicas en el Perú y en otros países de América del Sur. A pesar de esto y del hecho de que la primera aplicación geofísica pionera en el sur de América data de 1985 (Gumaer 1985), la geofísica para el estudio de las civilizaciones andinas todavía no es empleada profusamente. Sin embargo, debe considerarse que en Europa y América del Norte el uso de la geofísica aplicada a la arqueología ha aumentado solo en las últimas dos décadas gracias a avances tecnológicos, disponibilidad de herramientas para el procesamiento de datos y mejoras en la visualización de los mismos, lo que facilita la interpretación de los resultados.

En este sentido, las tecnologías aplicadas a la práctica arqueológica son la geomagnetometría, el radar de penetración (GPR) o georradar y la tomografía de resistividad eléctrica (ERT), las cuales son empleadas en función a las características de los suelos. Los métodos de geomagnetometría, basados en la medición y registro de variaciones espaciales en el campo magnético de la Tierra, se han utilizado principalmente para detectar y mapear zanjas anulares de sitios prehistóricos en las tierras bajas de los llanos de Moxos en la Amazonia boliviana (Prümers 2006) y en muros enterrados en el Santuario de Pachacamac en Perú (Lasaponara *et al.* 2017). El GPR—que se basa en el análisis de la reflexión de la señal del radar en presencia de discontinuidades del subsuelo—ha sido empleado principalmente para detectar estructuras de mampostería de piedra, como las de andesita identificadas en Tiwanaku (Henderson 2004), y en asentamientos de tierra naturalmente seca desde

la época formativa en el noroeste de Argentina hasta el periodo colonial en la Patagonia (Bonomo, Osella y Ratto 2010; Lascano *et al.* 2003); el empleo de GPR ha sido también fructífero en la caracterización de áreas saqueadas en Ventarrón (Lambayeque, Perú) (Lasaponara *et al.* 2014). Finalmente, los métodos geofísicos integrados, incluyendo el ERT, se adoptan donde y cuando el uso de un solo método geofísico no es adecuado o efectivo en términos de calidad de la información, resolución de datos y capacidad de penetración, como es el caso del hallazgo en 2012 de una pirámide Nasca en el centro ceremonial de Cahuachi, realizado mediante la integración de GPR y ERT (Masini *et al.* 2016).

El uso conjunto de GPR y métodos magnéticos demostró ser complementario en la detección de diferentes características arqueológicas, como los cimientos de paredes de viviendas de quincha (sistema de construcción con madera, caña y barro) de las aldeas coloniales en el valle de Zaña al norte de Perú (Vanvalkenburgh, Walker y Sturm 2015), además de tumbas y ofrendas rituales en Cahuachi (Rizzo *et al.* 2010). En la sierra de Perú, se han realizado muy pocas investigaciones arqueogeofísicas, en particular en el valle de Vilcanota, donde estas solo se llevaron a cabo para monitorear los peligros de deslizamientos y mapear fracturas y zonas débiles en el lecho rocoso (Best *et al.* 2009).

Para contribuir a llenar este vacío, particularmente en el ámbito del Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu (SHM-PANM), se realizó un proyecto en el marco de la cooperación bilateral entre la Misión Arqueogeofísica en Perú (Itaca) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) de Italia y la Universidad de Varsovia (Centro de Estudios Andinos de la Universidad de Varsovia) de Polonia con la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco. El objetivo de estas actividades fue

contribuir con las labores del Programa de Investigaciones Arqueológicas e Interdisciplinarias en el Santuario Histórico de Machupicchu (PIAISHM) mediante la exploración con las técnicas de tele-detección más avanzadas en algunos monumentos arqueológicos.

En este artículo, discutimos los resultados preliminares obtenidos de las labores realizadas en el monumento arqueológico Chachabamba del SHM-PANM. Las investigaciones se ejecutaron con la finalidad de experimentar y validar un enfoque arqueogeofísico que pudiera ser aplicable a otros monumentos con características similares en el área, es decir, muros incas con los mismos rasgos constructivos, sistemas de andenerías y canalizaciones de agua.

Chachabamba se encuentra en la margen izquierda del río Vilcanota sobre una terraza aluvial a una altitud de 2170 msnm. Tres caminos incas conectan el sitio con los monumentos arqueológicos Wiñaywayna, Condorpata y Choquesuysuy (Sieczkowska y Bastante 2017). Desde el punto de vista geológico, el sitio se caracteriza por el afloramiento de rocas permotrásicas y rocas ígneas intrusivas que forman parte del batolito de Vilcabamba, compuesto principalmente por granitos y granodioritas (Carlotto, Cárdenas y Fidel 2009). El monumento arqueológico Chachabamba se halla construido sobre depósitos aluviales formados por grandes bloques de granito en una matriz arcillosa y arenosa. Estos depósitos son muy inestables, especialmente en presencia de fuertes lluvias, ya que alcanzan inmediatamente el estado de saturación.

1. Materiales y métodos

Las investigaciones arqueogeofísicas se centraron en el sector A (Ceremonial) del monumento, incluyendo las plazas hundidas, la plaza central y los

alrededores de las *phaqcha* (fuentes de agua) y de la *waka* (figura 1a). El objetivo fue generar un mapa de predicción como antecedente para las futuras excavaciones, además de definir la presencia de fases constructivas; otro resultado esperado fue la configuración y validación de una base geofísica que permitiese un enfoque de investigación a ser empleado en otros monumentos. El estudio empleó la magnetometría y el georradar (figuras 1b, 1c y 1d). La primera técnica fue adoptada para detectar zanjas, canales y paredes poco profundas, mientras que el georradar se empleó para identificar paredes más profundas (hasta 2 m), canales, terraplenes y andenes enterrados. Los resultados de las investigaciones magnetométricas y del georradar han sido analizados e interpretados conjuntamente para maximizar la detección de rasgos de interés arqueológico.

2. Adquisición y procesamiento de datos

Los trabajos con georradar se realizaron empleando un sistema GPR de IDS equipado con dos antenas multifrecuencia de 200 y 600 MHz sobre un carro de inspección equipado con un codificador incremental. El procesamiento de los datos se realizó en varias etapas dirigidas a mejorar la proporción entre señal y ruido y a detectar las discontinuidades para facilitar la interpretación. Los datos fueron trabajados mediante técnicas de procesamiento bidimensionales estándar mediante el programa Reflex-W (Sandmeier 2016). De esta manera, se obtuvieron representaciones tridimensionales precisas de potenciales evidencias arqueológicas. El magnetómetro utilizado fue el Grad601-Bartington, instrumento de alta resolución empleado para medir variaciones mínimas en el campo magnético causadas por anomalías ocultas en el subsuelo, como son algunos rasgos arqueológicos, tubos, cables o municiones sin detonar. La calibración se realizó in

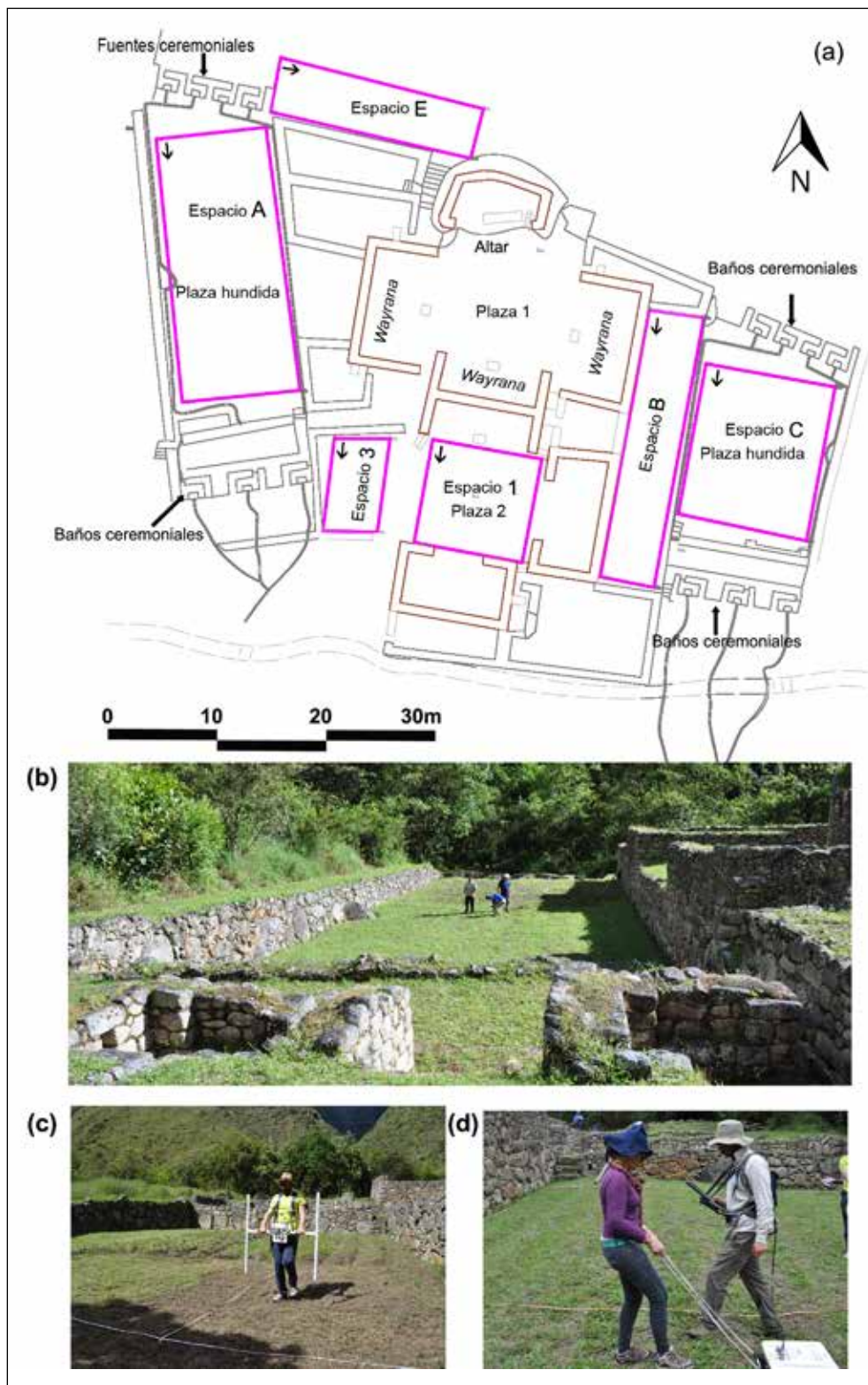


Figura 1. 1a) Chachabamba: áreas investigadas. Las flechas en las esquinas de las áreas investigadas indican el punto de inicio y la dirección de la adquisición de datos geofísicos. El mapa incluye las funciones más importantes de las áreas sagradas; 1b), 1c), 1d) actividades de prospección geofísica con técnicas geomagnéticas (1c) y georradar (1d).

situ con el fin de corregir posibles desalineaciones en las lecturas de los sensores.

De esta manera, los mapas adquiridos mediante el georradar proporcionaron información a diferentes profundidades, mientras que los datos gradiométricos brindaron información respecto a la profundidad máxima posible de la fuente de anomalías magnéticas. Las áreas investigadas se indicaron con la nomenclatura A, B, C, D, E, F, 1 y 3 (figura 1a).

3. Resultados y discusión

Espacio A

Para el caso de la plaza oeste del espacio A, los estudios involucraron un área de 24 x 10 m siguiendo

la dirección norte-sur (figura 2). Los estudios con georradar abarcaron el mismo espacio y se llevaron a cabo en las direcciones este-oeste y norte-sur, con una separación entre perfiles de 0.5 m.

La gama de anomalías magnéticas relativamente pequeñas (10 nT) y la ausencia de patrones regulares o alargados dificultaron la identificación de rasgos arqueológicos enterrados *sic et simpliciter*. La anomalía más relevante ubicada hacia el oeste (a1) se debe a la presencia de una formación rocosa también mapeada en las figuras 2a y 2b. Esta anomalía se generó por una reducción en la distancia entre los sensores magnéticos y la superficie investigada durante la adquisición de los datos. Otras anomalías magnéticas observables

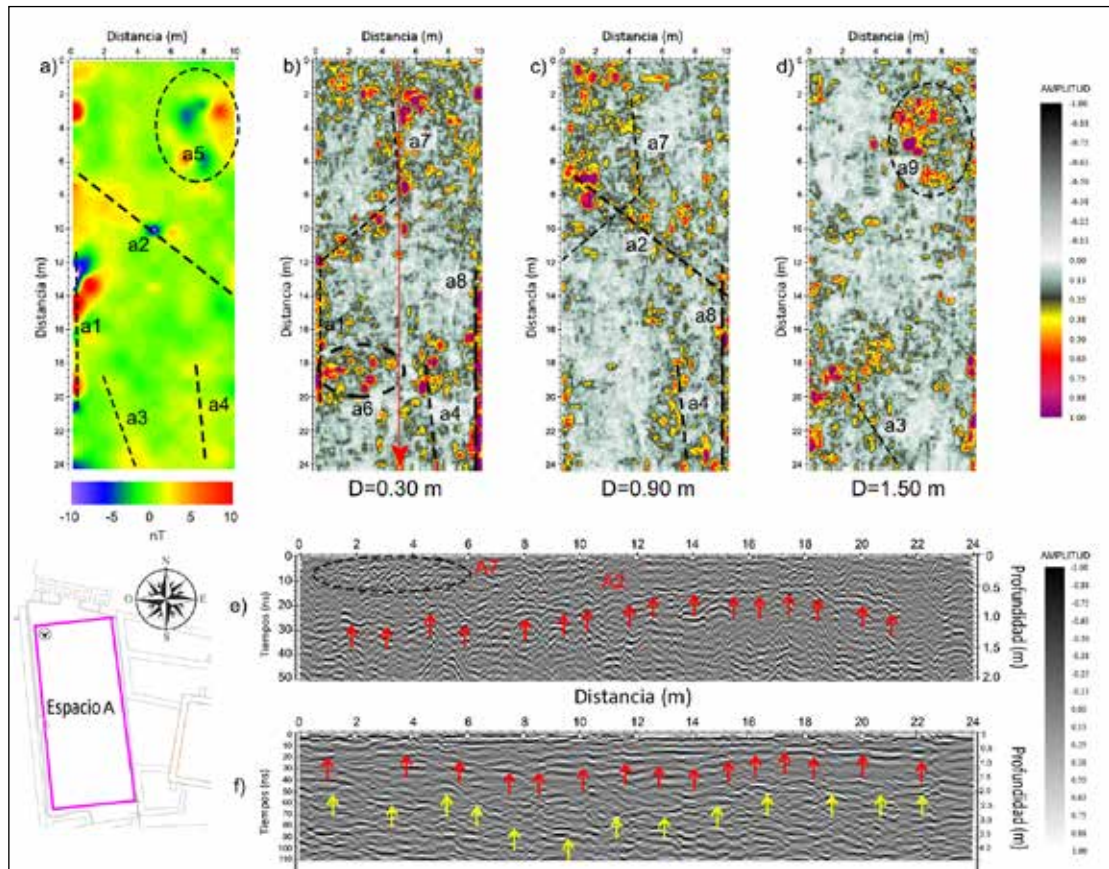


Figura 2. Espacio A. 2a) Mapa gradiométrico; 2b), 2c), 2d) mapas GPR (frecuencia de 600 MHz) a profundidades de 30, 90 y 150 cm, respectivamente (los colores rojo y púrpura indican reflejos con mayor amplitud); 2e), 2f) radargramas (perfiles de georradar) adquiridos a frecuencias de 600 y 200 MHz, respectivamente, en correspondencia con el perfil indicado con la flecha roja en 2b. Las flechas rojas y amarillas en 2e y 2f definen la presencia de dos fases estratigráficas principales (nT: nano Tesla; ns: nanosegundo).

hacia el oeste son atribuibles a la presencia de restos arqueológicos tales como muros y el canal que flanquea el lado oeste de la plaza (figura 2a). Las anomalías a3 y a4 parecen converger en un punto común y podrían estar asociadas con la presencia del canal de drenaje. Cabe destacar la presencia de anomalías lineales, como a2, que atraviesa transversalmente el área investigada, además de a5 y a9, en la esquina noreste de la plaza (figura 2).

Para el caso del georradar, los resultados obtenidos fueron sumamente difíciles de interpretar debido a la presencia de reflejos distribuidos sin interrupción y con continuidad. Para simplificar la identificación de estructuras significativas desde un punto de vista arqueológico, algunas secciones de profundidad fueron extraídas del modelo 3D. Estas secciones resaltaron la presencia de algunas alineaciones interesantes y de áreas reflexivas atribuidas a evidencias arqueológicas o a características geológicas que confirman los resultados geomagnéticos e identifican otras anomalías, en particular, a una profundidad de 0.30 m (figuras 2b y 2e), donde se detectaron estructuras lineales poco profundas (a1 y a8) que corresponden, presumiblemente, a canales de drenaje. En algunas áreas reflectantes, como a6 y a7, se detectaron anomalías orientadas como los muros más cercanos y podrían estar asociadas a rasgos arqueológicos. Se confirmó que la anomalía a2 detectada por el sensor magnético se encuentra a 90 cm de profundidad. Por su parte, las anomalías magnéticas a3 y a4 encajaron bien con los resultados del georradar a profundidades de 0.90 y 1.50 m, respectivamente. Finalmente, los reflejos irregulares se deben al afloramiento rocoso o a la existencia de una *wanka* en el centro de la plaza. Las figuras 2e y 2f muestran los radargramas adquiridos a frecuencias de 600 y 200 MHz, respectivamente. Estas corresponderían a diferentes evidencias arqueológicas.

Espacio B

En el espacio B, los estudios involucraron un área de 24 x 5 m (figura 3) con una dirección de adquisición magnetométrica norte-sur y una distancia entre medidas de 1 m. En la misma zona, las investigaciones de GPR se realizaron solamente en dirección longitudinal norte-sur y con un espaciado entre los perfiles de 0.5 m. Los resultados del magnetómetro (figura 3a) han permitido identificar una anomalía (b1) que se muestra de forma perpendicular y alineada con un muro existente ubicado hacia el oeste, además de otras anomalías cerca del borde sur del área (b5), que podrían estar asociadas a material removido o a estructuras colapsadas. En esta zona, también se presentó una anomalía lineal (b4) caracterizada por una orientación no compatible con la de las estructuras existentes.

Los resultados del georradar (figuras 3b a 3f) han identificado la presencia de algunos reflectores alineados (b1) en continuidad con las paredes cercanas que confirman los resultados de la lectura magnética, además de una estructura perpendicular (b3) a profundidades de 0.90 y 1.30 m (figura 3e). La presencia de material no homogéneo o de estructuras colapsadas podría ser la razón de las anomalías reflectantes (b2 y b5) hacia el sur. Asimismo, se identificó, a una profundidad de 1.10 m, un área reflectante orientada linealmente y consistente con la anomalía magnética b4. Los resultados del georradar mostraron tres capas subhorizontales (figuras 3e y 3f) de posible interés arqueológico. También fue posible observar la presencia de un reflector subhorizontal continuo a una profundidad que oscila entre 0.50 y 1 m, correspondiente a labores recientes de movimiento de tierras. Finalmente, a una profundidad mayor a 3 m, se registró otra capa reflectante que podría corresponder al suelo geológico (fig-

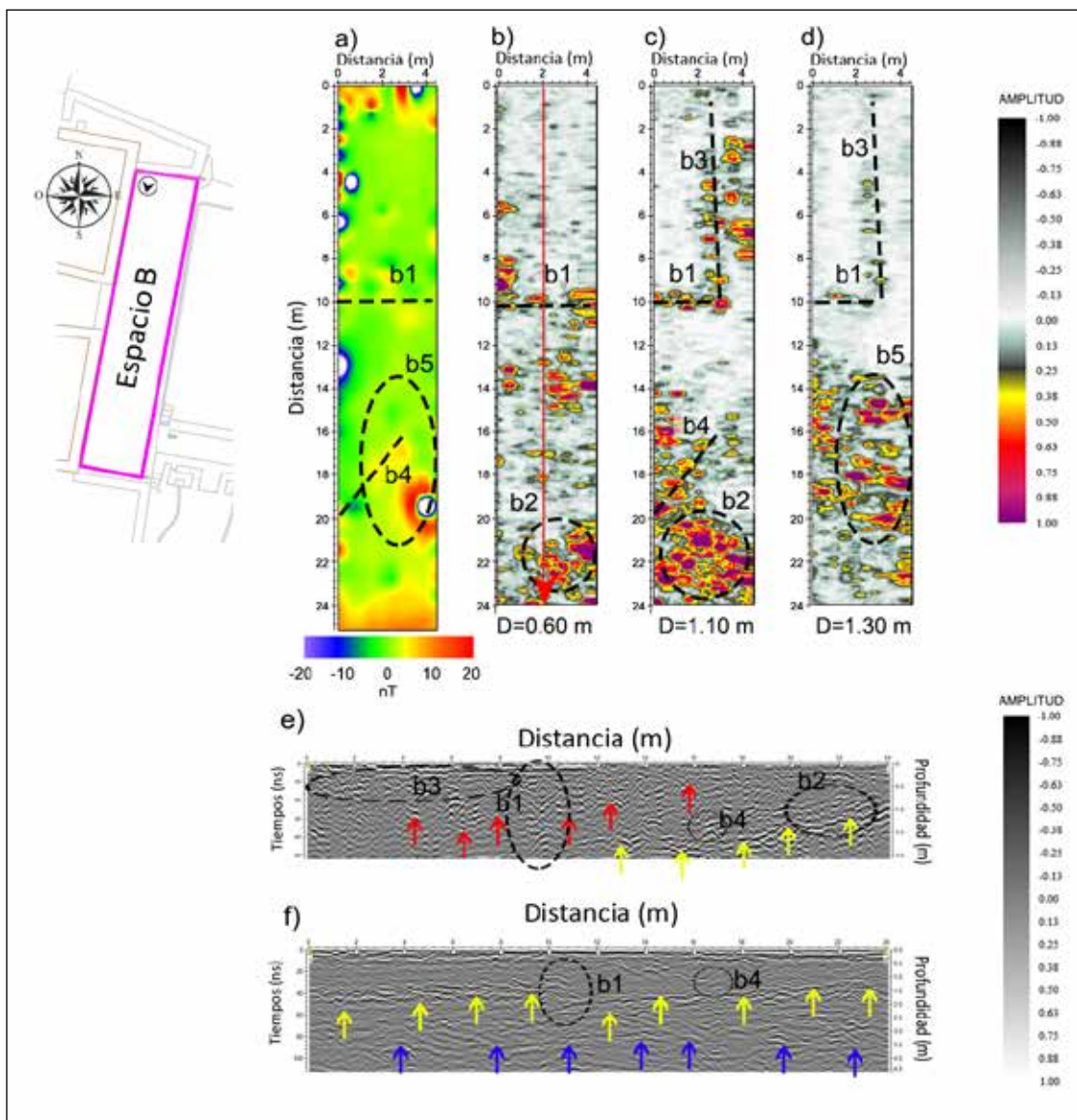


Figura 3. Espacio B. 3a) Mapa gradiométrico; 3b), 3c) y 3d) mapas de GPR (frecuencia de 200 MHz) a una profundidad de 60, 110, y 130 cm, respectivamente; 3e) y 3f) perfiles GPR adquiridos a frecuencias de 600 y 200 MHz, respectivamente, en correspondencia con el perfil indicado con la flecha roja (en 3b). En los perfiles 3e y 3f, las flechas rojas indican la posición del reflector subhorizontal debido a trabajos recientes de movimiento de tierras. Las flechas amarillas y azules marcan la presencia de capas reflectantes de origen antropogénico.

ura 3f). La presencia de este comportamiento nos lleva a sugerir la posible presencia de algunas terrazas encerradas por muros que serían la continuación de las más cercanas. Esta hipótesis también se confirma por la presencia de las alineaciones reflectantes b1 y b2.

Espacio C

Las mediciones magnetométricas del espacio C se realizaron sobre un área de 12 x 14 m mediante adquisiciones longitudinales con una separación de 1 m. Los estudios con GPR abarcaron la misma área, pero la distancia entre las líneas investigadas se re-

dujo a la mitad para obtener una mejor resolución. La presencia de surcos de riego en el suelo complicó en gran medida la adquisición de datos, por lo que las investigaciones se realizaron solo de forma paralela a la dirección del canal. El plano magnético (figura 4a) muestra la ausencia de alineaciones notables, aunque una de estas, ubicada a lo largo de los bordes sur y este, podría estar relacionada con la presencia de muros perimetrales (anomalía xc). Por su parte, el corte de profundidad del georradar parece confirmar la ausencia de áreas reflectantes relevantes para la arqueología. Sin embargo, a una profundidad de 0.40 m se detectaron posibles alineaciones (c2 y c3, en las figuras 4b, 4c y 4d). Considerando la discontinuidad de

las anomalías observadas y su limitada extensión en profundidad, estas podrían estar asociadas a la presencia del canal de drenaje. Las anomalías c4, c5, c6 y c8 posiblemente corresponden a estructuras colapsadas o a un agrupamiento de bloques líticos; mientras que la anomalía c7 puede haber sido generada por restos arqueológicos o por un elemento lítico alargado.

El radargrama que se muestra en la figura 4e, adquirido a la frecuencia de 600 MHz, evidencia la presencia de tres unidades estratigráficas principales –resaltadas con flechas verdes, negras y rojas– a diferentes profundidades, que probablemente correspondan a diferentes fases arqueológicas del monumento. La parte superior y las unidades inferiores –flechas

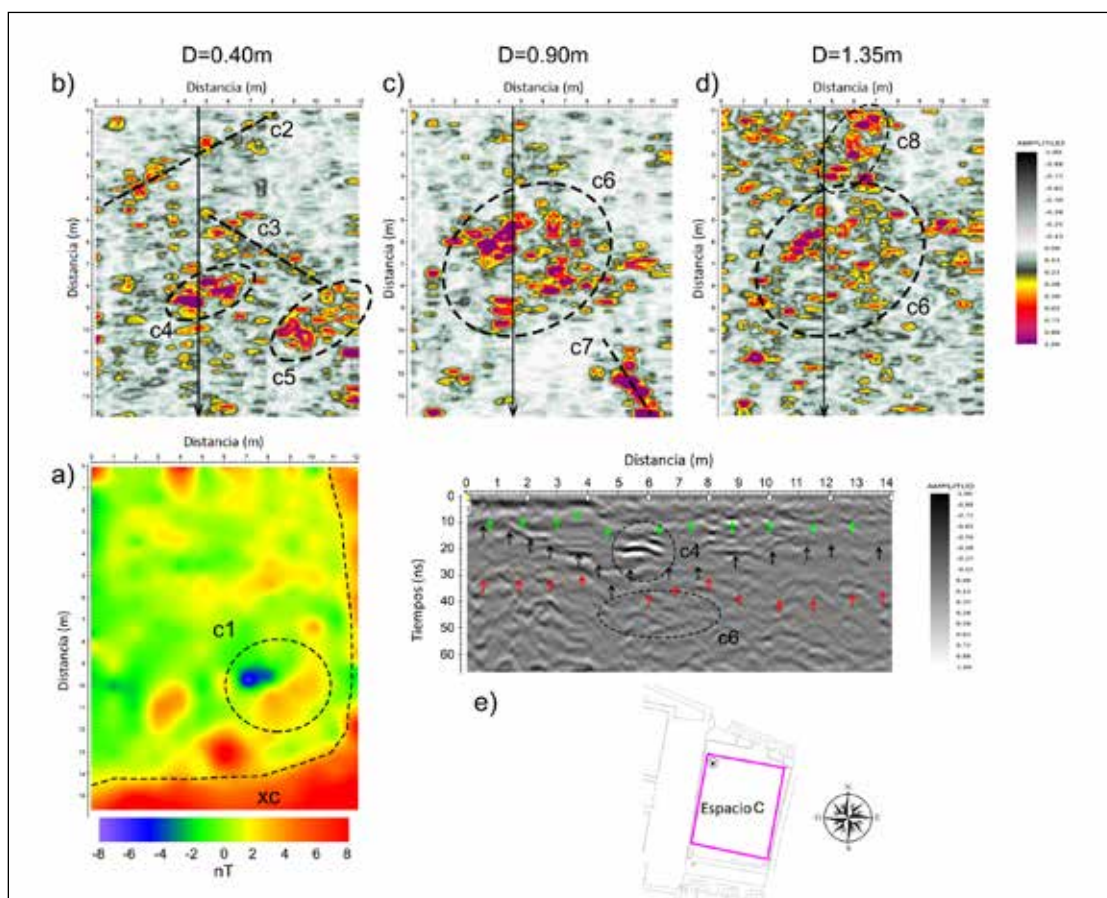


Figura 4. Espacio C. 4a) Mapa gradiométrico de Z; 4b), 4c), 4d) perfiles de GPR (frecuencia de 600 MHz) a profundidades de 40, 90 y 135 cm, respectivamente; 4e) radargrama adquirido a 200 MHz en correspondencia con el perfil (flechas negras). Las flechas verdes, negras y rojas indican la presencia de tres capas culturales. El edificio entre las plazas occidental y central fue agregado posteriormente, lo que modificó la forma de la primera plaza.

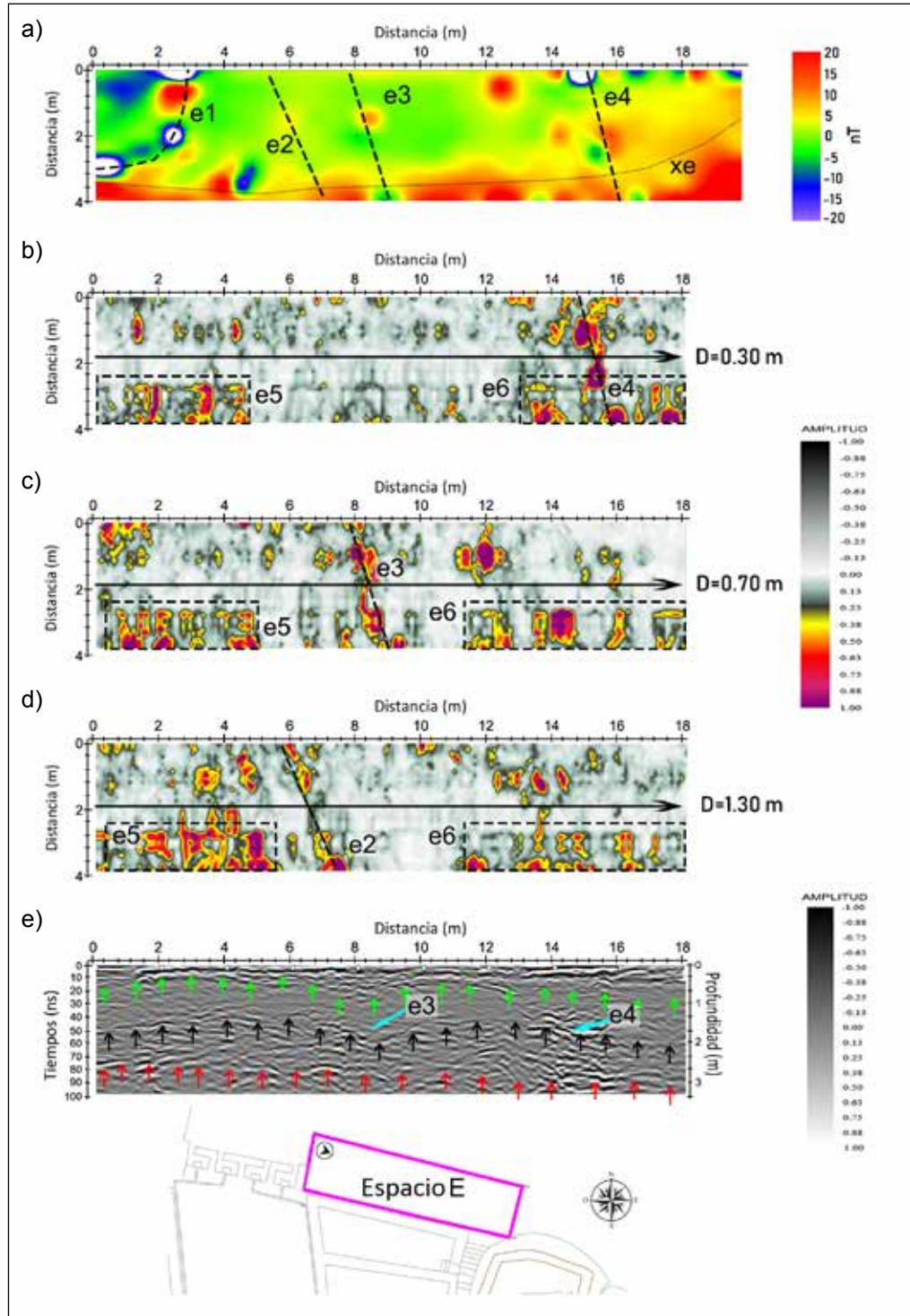


Figura 5. Espacio E. 5a) Mapa gradiométrico; 5b), 5c), 5d) mapas GPR (frecuencia 600 MHz) a una profundidad de 50-17, 100-125 y 150-175 cm, respectivamente; 5e) radargrama adquirido a 600 MHz de frecuencia en correspondencia con el perfil indicado con la flecha negra (5b, 5c y 5d). Las flechas verdes, negras y rojas identifican la presencia de tres capas a diferentes profundidades que corresponden a diferentes fases arqueológicas del monumento, corroborada por excavaciones arqueológicas del PIAISHM.

verdes y rojas– son principalmente horizontales. La parte intermedia muestra una depresión en correspondencia con la anomalía c_4 . El georradar también evidenció la amplitud de la reflexión asociada a esta anomalía, mientras que las reflexiones menores y más caóticas se relacionan con la anomalía c_6 .

Espacio E

La investigación magnetométrica en el espacio E se realizó sobre un área de 4 x 18 m, con adquisiciones longitudinales hacia el este y un espaciamiento de 1 m. Los estudios con el georradar abarcaron el mismo espacio, pero solo en la dirección longitudinal hacia el este y con un espaciamiento de 0.5 m. La parte inferior del plano magnético (figura 5a) está significativamente influenciada por la presencia del muro (anomalía x_e). Otras anomalías se indican como e_1 , e_2 , e_3 y e_4 , siendo solamente la anomalía e_1 claramente visible, constituida principalmente por tres anomalías dipolares, lo que sugiere que no está relacionada con un cuerpo continuo (geológico o arqueológico). Por su parte, las anomalías e_2 , e_3 y e_4 se presentaron en la base del análisis de datos del georradar (figura 5) y se encuentran asociadas a elementos alargados en dirección norte-sur, probablemente correspondientes a restos poco profundos, como canales. Además, se presentaron fuertes reflexiones en las zonas e_5 y e_6 , lo que indica claramente la presencia de elementos funcionales y constructivos relacionados con las estructuras de las fuentes. En particular, las formas de e_5 y e_6 a profundidades de 30 a 1.30 m, respectivamente, son muy similares a los muros de las fuentes de la plaza occidental, lo que sugiere que se realizaron modificaciones estructurales en este espacio.

Espacio 1

En el espacio 1 no se realizó el levantamiento magnético debido a la presencia de placas. La investigación con

el georradar se llevó a cabo en un área de 10 x 10 m con las adquisiciones transversales espaciadas en 50 cm y direcciones oeste-este y norte-sur. Los cortes de profundidad a 600 MHz exhibieron altos valores de amplitud, indicados con s_3 y s_4 (figuras 6a y 6b) y a profundidades entre 70 y 120 cm, respectivamente, lo que podría corresponder a una acumulación de elementos líticos para la nivelación de la plataforma. Al estar cerca de la esquina de la *kancha*, dicha acumulación podría estar relacionada con material colapsado. De la misma manera, la anomalía s_3 podría responder a un muro colapsado que interceptó dos estructuras enterradas (identificadas por las anomalías $s_{1,1}$ y $s_{1,2}$) que definen una zona cuadrangular.

Se podría hacer una interpretación similar para las anomalías $s_{1,6}$ y $s_{1,7}$, halladas a una profundidad aproximada de 1.50 m. Estas se encuentran orientadas a unos 15° respecto a los lados del patio (figura 6c), lo que conduce a plantear que podrían corresponder a una fase de construcción anterior al patio. La hipótesis fue confirmada por el radargrama (figura 6d), que evidencia la presencia de al menos tres capas separadas asociables a tres fases distintas. La primera, indicada con una línea discontinua verde, debe estar relacionada con un piso; la segunda y la tercera, indicadas con las líneas roja y amarilla, respectivamente, se refieren a dos fases más antiguas. Algunos reflectores con forma hiperbólica (figura 6d) sugieren la presencia de muros o antiguos canales de drenaje.

Espacio 3. Comparación entre hallazgos arqueológicos y resultados del GPR

El estudio con el georradar en el espacio 3 se realizó en un área de 5 x 8 m con adquisiciones y espaciamiento de 0.5 m (figura 7). Luego de las prospecciones geofísicas en este espacio, se realizaron excavaciones arqueológicas (figura 3c) hasta una profundidad de

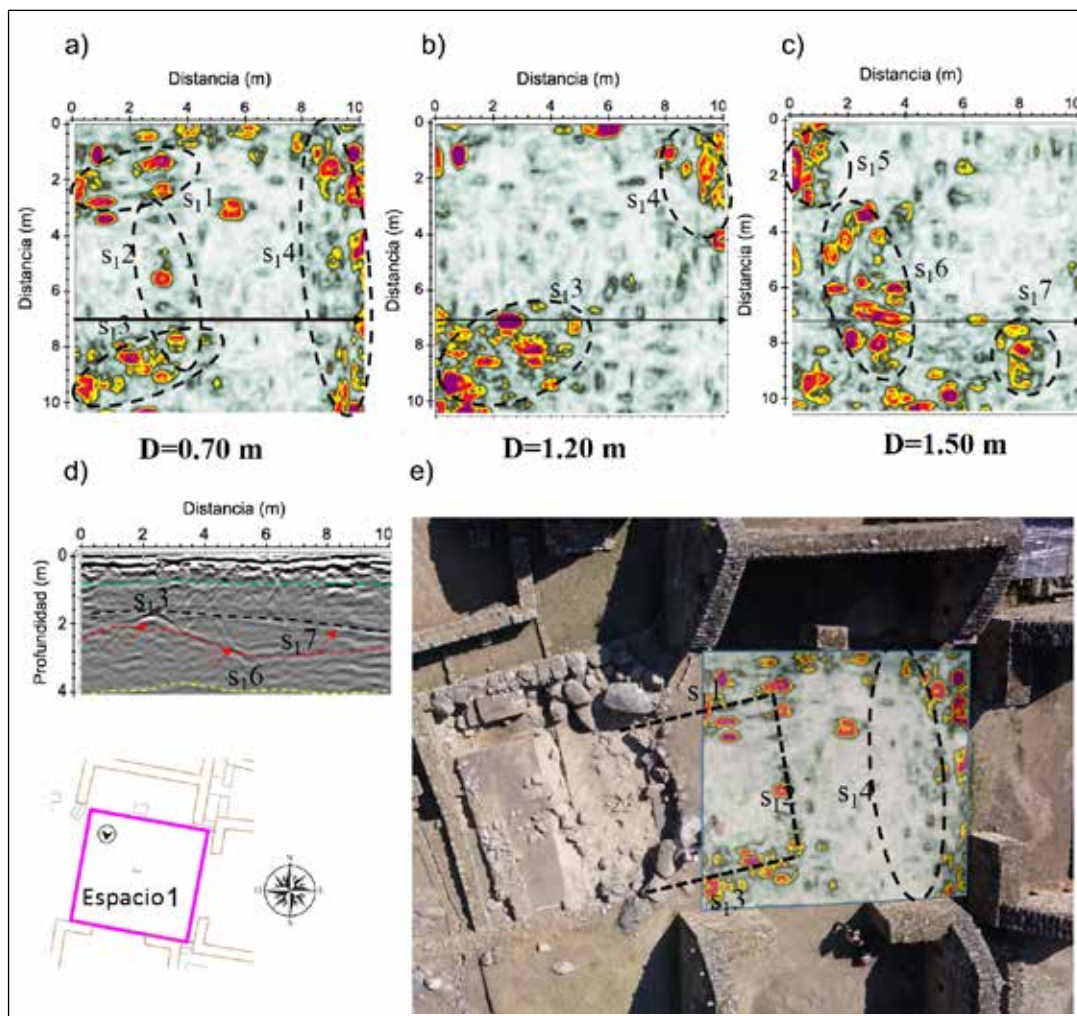


Figura 6. Espacio 1. 6a), 6b), 6c) Mapas de georradar (frecuencia de 600 MHz) a profundidades de aproximadamente 70, 120 y 150 cm, respectivamente; 6d) radargrama adquirido a una frecuencia de 200 MHz a lo largo del perfil indicado con la flecha negra en 6a, 6b y 6c. Las líneas discontinuas verdes, rojas y negras indican la presencia de diferentes fases arqueológicas; las flechas rojas marcan la presencia de algunos reflejos con forma hiperbólica sugiriendo la presencia de paredes y canales de drenaje; 6e) superposición del mapa de georradar de profundidad a 70 cm en la fotografía aérea del sitio caracterizado por el área excavada (y parcialmente) del Espacio 3.

aproximadamente 1 m (Bastante 2018). Por lo tanto, la interpretación de los datos consistió en la comparación entre lo desenterrado y lo que se observa en los planos geofísicos (figuras 7d y 7e). Los elementos líticos alineados en orientación perpendicular pueden explicar, en particular, las anomalías $s_{3,1}$, $s_{3,2}$ y $s_{3,3}$ representadas en las figuras 7a, 7b, y 7c. Por su parte, los fuertes eventos de reflexión denominados $s_{3,4}$ y $s_{3,5}$ podrían estar asociados con la presencia de

estructuras lineales (muros); solo la segunda fue parcialmente excavada (Bastante 2018). La correspondencia entre las estructuras evidenciadas en las excavaciones arqueológicas y la reflexión del radar es más evidente si se observan los perfiles de este último en las figuras 7f y 7g. Como en el caso del espacio 1, aquí también es posible observar la presencia de tres reflectores continuos horizontales producto de la presencia de diferentes fases arqueológicas –iden-

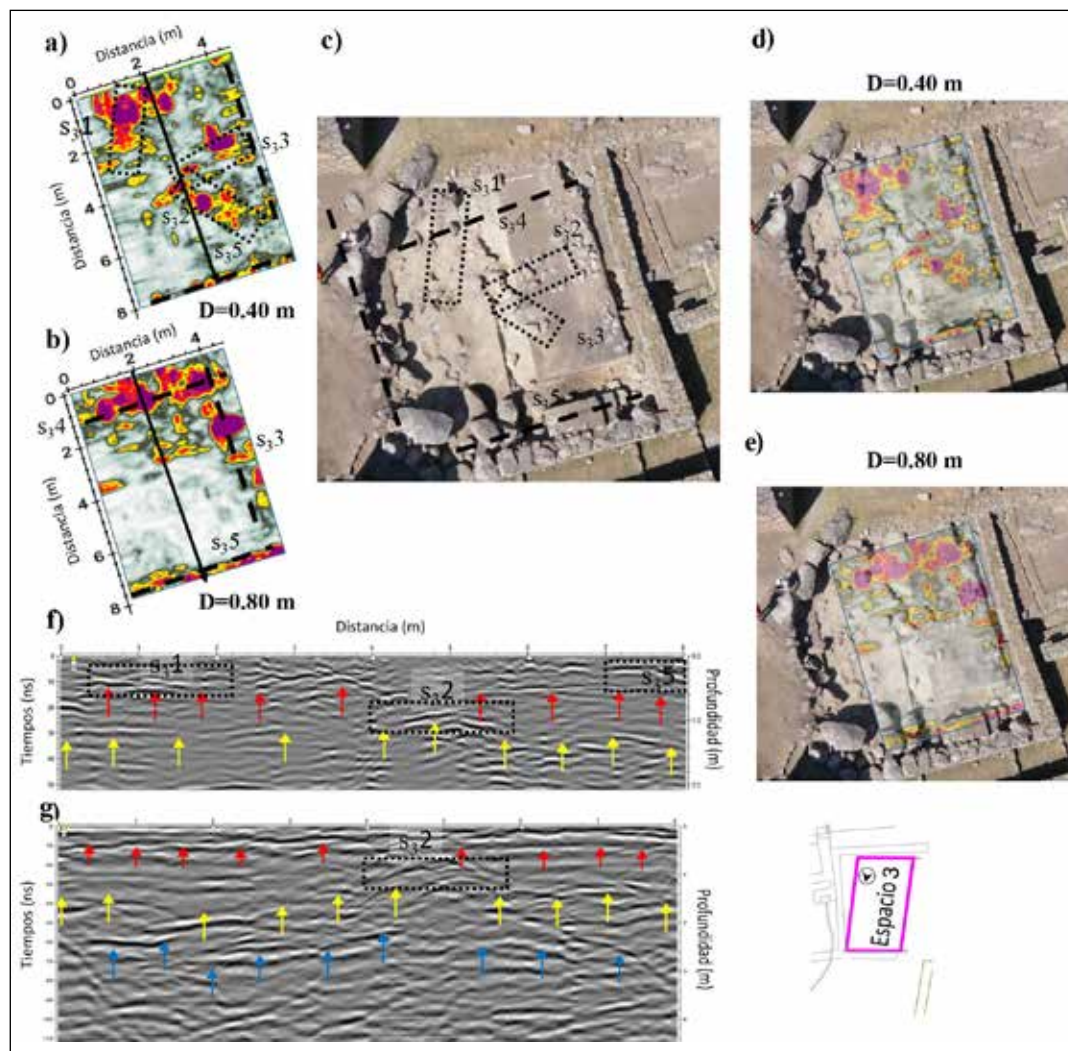


Figura 7. Espacio 3. 7a), 7b) Mapas GPR (frecuencia de 600 MHz) a profundidades de aproximadamente 40 y 80 cm, respectivamente; 7c) fotografía aérea de las áreas excavadas con identificación de las anomalías GPR más interesantes; 7d), 7e) superposición de los mapas en la fotografía aérea del área investigada; 7f), 7g) radargramas adquiridos a 600 y 200 MHz, respectivamente, con la identificación de las capas principales asociables supuestamente a unidades estratigráficas arqueológicas (marcadas con flechas rojas, amarillas y azules).

tificadas con flechas rojas, amarillas y azules en los radargramas—. Se considera que los dos primeros estarían relacionados con rasgos arqueológicos, mientras que el tercero respondería a la formación geológica. El análisis comparativo destaca tanto los potenciales como los límites de la prospección geofísica en la detección de estructuras y artefactos de interés arqueológico, especialmente en contextos menos regulares y caracterizados por paredes colapsadas, como en el caso del espacio 3.

4. Discusión

Como otras tecnologías de observación de la Tierra, la geofísica solo proporciona datos indirectos (indicadores *proxy*) relacionados con la presencia de restos arqueológicos enterrados; por lo tanto, la pregunta que surge es: ¿cómo es posible reconocer los restos arqueológicos? La clave se encuentra en el proceso de interpretación mediante la integración de los resultados de diferentes técnicas geofísicas, el análisis de relaciones espaciales de los restos arqueo-

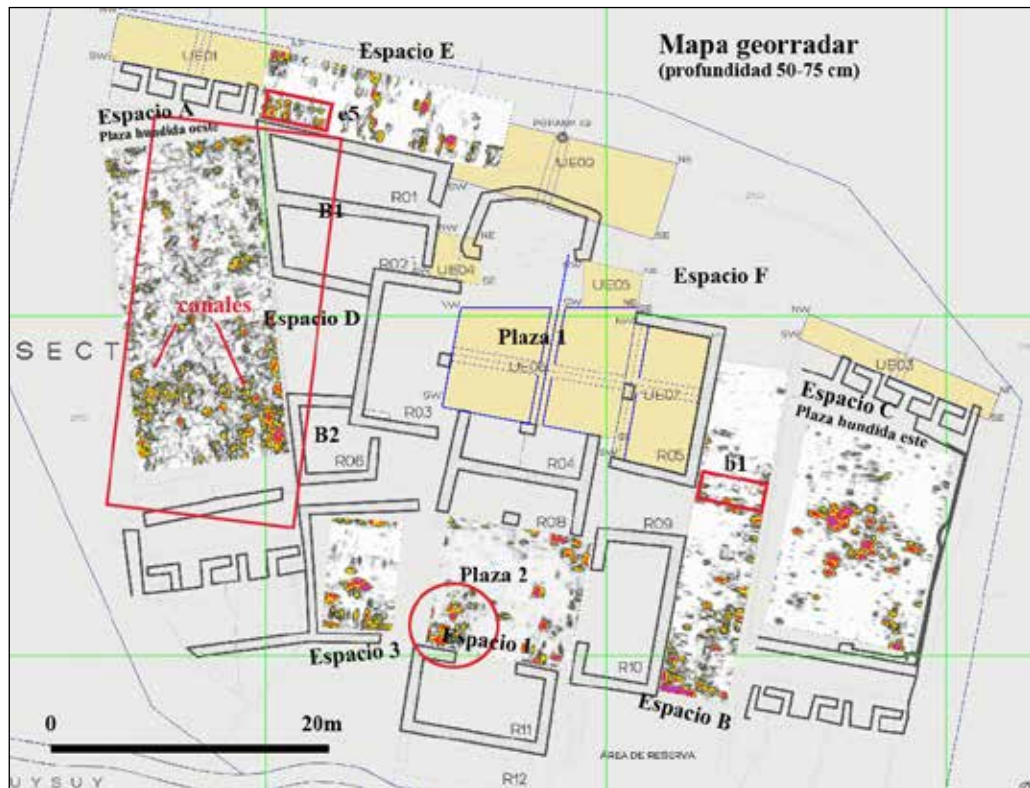
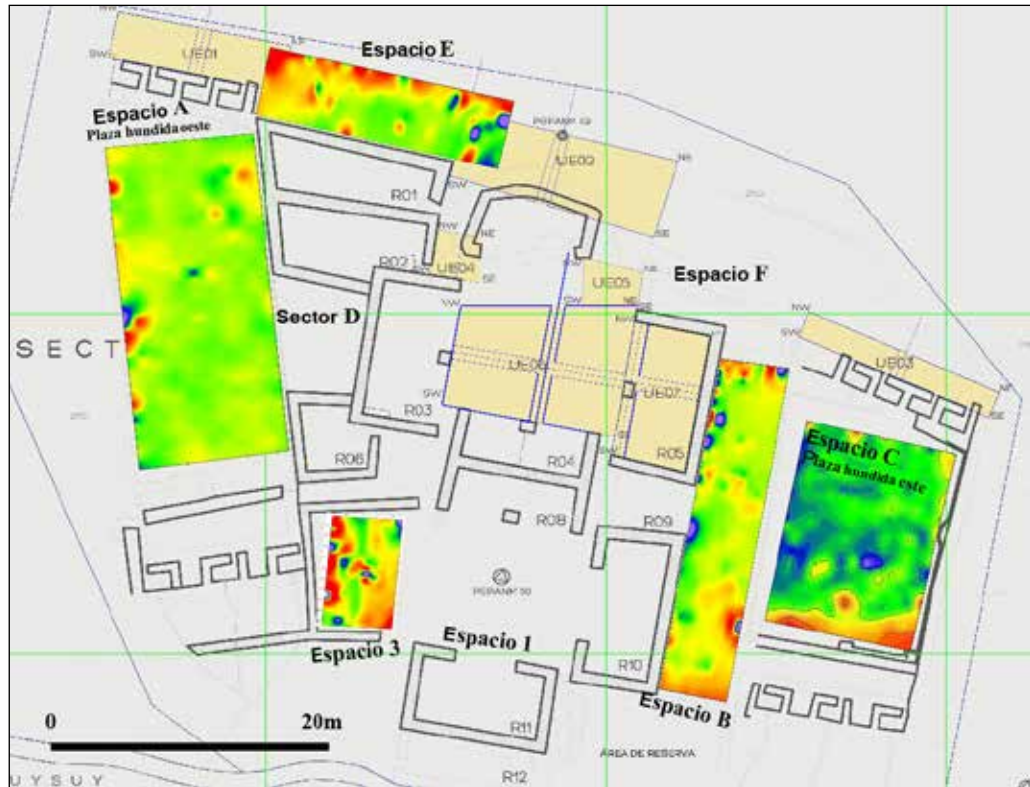


Figura 8. 8a) Mapa magnético; 8b) mapa de georradar (a 75 cm de profundidad).

lógicos potenciales –sus características espaciales y funcionales– y su vinculación con las evidencias arquitectónicas expuestas.

Este fue el enfoque adoptado en el monumento arqueológico Chachabamba, donde se integraron los resultados de los estudios con los del georradar y el magnetómetro. De esta manera, se logró detectar una gran variedad de anomalías de interés arqueológico (figura 8). El proceso de interpretación de estos datos fue posible gracias a la disponibilidad de referencias auxiliares relacionadas con excavaciones arqueológicas, lo que facilitó la identificación de algunas evidencias, como muros, canales, elementos líticos colapsados y cambios morfológicos de los andenes o del lecho rocoso. En algunos casos, los escaneos del georradar y los intervalos de tiempo empleados permitieron la identificación de diferentes capas con actividad humana. Esto confirmó la hipótesis de los arqueólogos –también en función a las excavaciones ejecutadas– de que el monumento arqueológico Chachabamba fue construido durante, al menos, dos fases (Bastante 2018; Masini *et al.* 2018). Sin embargo, los resultados obtenidos hasta ahora plantean preguntas adicionales, entre las que se encuentran algunas relacionadas con la forma primigenia de las plazas hundidas laterales, en particular, la del lado occidental, donde los resultados obtenidos mediante el georradar proporcionaron evidencias de áreas reflectantes caracterizadas por las mismas formas que las que se presentan en las fuentes de agua (figura 8b). Por lo tanto, el trazo original de la plaza occidental pudo haber sido muy diferente a lo que se muestra hoy en día, tanto en forma como en dimensiones.

Asimismo, observando el plano resulta claro que los edificios oblicuos B1 y B2 (figura 8b) se construyeron después de la *kancha*, es decir, el conjunto arquitectónico rodeado por las plazas. Esto

sugiere que en la planificación primigenia las plazas hundidas occidental y oriental se hallaban dispuestas de manera simétrica con respecto al eje nortesur. Posteriormente, la plaza occidental –el bloque rectangular rojo en la parte inferior de la figura 8– fue replanteada con la finalidad de habilitar un espacio para la construcción de los recintos B1 y B2. Adicionalmente, los resultados del cruce y análisis de información entre las lecturas del magnetómetro y el georradar han evidenciado anomalías, como estructuras anteriores a la plaza, algunos canales y muros soterrados en continuidad con las estructuras visibles (figura 8a y 8b).

En conclusión, los resultados geofísicos obtenidos han arrojado nuevas luces sobre el monumento arqueológico Chachabamba, con indicios de la existencia de arquitectura soterrada, que será confirmada con las futuras excavaciones arqueológicas del PIAISHM. Asimismo, considerando que las características constructivas y distributivas del monumento presentan similitudes con las de otros monumentos en el área, los resultados que sean corroborados mediante las intervenciones arqueológicas serán el derrotero que permitirá emplear el mismo enfoque metodológico en otros monumentos del SHM-PANM.

Agradecimiento

La investigación fue financiada por el Centro Polaco de Ciencias con las becas (grant OPUS nr 2015/19/B/HS3/03557) y (grant PRELUDIUM nr 2015/19/N/HS3/03626).

Las investigaciones de la misión italiana han sido financiadas por el CNR de Italia, con fondos del Laboratorio Conjunto de Ciencias Arqueológicas Prehispanicas (LaPAS), y por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Italia.

Referencias bibliográficas

- BASTANTE, José M.
 2018 “Informe final. Programa de Investigaciones Arqueológicas e Interdisciplinarias en el Santuario Histórico de Machupicchu (PIAISHM) 2014-2017”. Cusco: Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco-Ministerio de Cultura.
- BEST, M.; P. BOBROWSKY; M. DOUMA; V. CARLOTTO y W. PARI
 2009 “Geophysical Surveys at Machu Picchu, Peru: Results for Landslide Hazard Investigations”. En: K. SASSA y P. CANUTI (eds.), *Landslides. Disaster Risk Reduction*. Berlín y Heidelberg: Springer, pp. 265-273.
- BONOMO, Néstor; Ana OSELLA y Norma RATTO
 2010 “Detecting and Mapping Buried Buildings with Ground-Penetrating Radar at an Ancient Village in North-western Argentina”. En: *Journal of Archaeological Science*, N° 37, pp. 3247-3255.
- CARLOTTO, Víctor; José CÁRDENAS y Lionel FIDEL
 2009 “La geología, evolución geomorfológica y geodinámica externa de la ciudad inca de Machupicchu, Cusco-Perú”. En: *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol. 65, N° 4, pp. 725-747.
- CUCA, Branka y Diofantos HADJIMITSIS.
 2017 “Space Technology meets Policy: An Overview of Earth Observation Sensors for Monitoring of Cultural Landscapes within Policy Framework for Cultural Heritage”. En: *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol. 14, pp. 727-733. doi <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.05.001>
- GUMAER, D. R.
 1985 *Preliminary Report of Geophysical Surveying at the Nanchoc Cemetery Site*. Lexington: University of Kentucky-Department of Anthropology.
- HENDERSON, K. K.
 2004 *Ground-penetrating Radar at Tiwanaku, Bolivia* (tesis de maestría). University of Denver, Estados Unidos.
- KVAMME, Kenneth L.
 2003 “Geophysical Surveys as Landscape Archaeology”. En: *American Antiquity*, vol. 68, N° 3, pp. 435-457. doi 10.2307/3557103
- LASAPONARA, Rosa; Giovanni LEUCCI; Nicola MASINI y Raffaele PERSICO
 2014 “Investigating Archaeological Looting using Satellite Images and Georadar: The Experience in Lambayeque in North Peru”. En: *Journal of Archaeological Science*, N° 42, pp. 216-230. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2013.10.032>
- LASAPONARA, Rosa y Nicola MASINI (eds.)
 2012 *Satellite Remote Sensing: A New Tool for Archaeology*. Berlín y Heidelberg: Springer Verlag.
- LASAPONARA, Rosa; Nicola MASINI; Antonio PECCI; Antonio PERCIANTE; Denise POZZI ESCOT; Enzo RIZZO; Manuela SCAVONE y Maria SILEO
 2017 “Qualitative Evaluation of Cosmo SkyMed in the Detection of Earthen Archaeological Remains: The Case of Pachamacac (Peru)”. En: *Journal of Cultural Heritage*, vol. 23, suplemento, pp. 55-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2015.12.010>
- LASCANO, Eugenia; Ana OSELLA; M. DE LA VEGA; S. BUSCAGLIA; X. SENATORE y J. L. LANATA
 2003 “Geophysical Prospection at Florida Blanca Archaeological Site, San Julián Bay, Argentina”. En: *Archaeological Prospection*, N° 10, pp. 175-192.
- LUO, Lei, Xinyuan WANG; Huadong GUO; Rosa LASAPONARA; Xin ZONG, Nicola MASINI, Guizhou WANG *et al.*
 2019 “Airborne and Spaceborne Remote Sensing for Archaeological and Cultural Heritage Applications: A Review of the Century (1907–2017)”. En: *Remote Sensing of Environment* 232, 111280. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111280>
- MASINI, Nicola; Luigi CAPOZZOLI; Gerardo ROMANO; Dominika SIECZKOWSKA; Maria SILEO; José M.

- BASTANTE; Fernando ASTETE VICTORIA; Mariusz ZIOŁKOWSKI y Rosa LASAPONARA
2018 “Archaeogeophysical Based Approach for Inca Archaeology: Overview and One Operational Application”. En: *Survey in Geophysics*, vol. 39, N° 6, pp. 1239-1262. doi 10.1007/s10712-018-9502-2
- MASINI, Nicola; Enzo RIZZO; Luigi CAPOZZOLI; Giovanni LEUCCI; Antonio PECCI; Gerardo ROMANO; Maria SILEO y Rosa LASAPONARA
2016 “Remote Sensing and Geophysics for the Study of the Human Past in the Nasca Drainage”. En: R. LASAPONARA; N. MASINI y G. OREFICI (eds.), *The Ancient Nasca World. New Insights from Science and Archaeology*. Springer International Publishing, pp. 469-527, doi 10.1007/978-3-319-47052-8_20
- OPITZ, Raquel y Jason T. HERRMANN
2018 “Recent Trends and Long-standing Problems in Archaeological Remote Sensing”. En: *Journal of Computer Applications in Archaeology*, vol. 1, N° 1, pp. 19-41. doi <http://doi.org/10.5334/jcaa.11>
- PRÜMERS, Heiko; Carla Jaimes BETANCOURT y Ruden PLAZA MARTÍNEZ
2006 “Algunas tumbas prehispánicas de Bella Vista, prov. Iténez, Bolivia”. En: *Zeitschrift für Archäologie Außereuropäischer Kulturen*, N° 1, pp. 251-284.
- RIZZO, Enzo; Nicola MASINI; Rosa LASAPONARA y Giuseppe OREFICI
2010 “ArchaeoGeophysical Methods in the Templo del Escalonado (Cahuachi, Nasca, Perú)”. En: *Near Surface Geophysics*, vol. 8, N° 5, pp. 433-439. doi 10.3997/1873-0604.2010030
- SANDMEIER, K. J.
2016 *ReflexW Version 8.1. Program for Processing of Seismic, Acoustic or Electromagnetic Reflection, Refraction and Transmission Data. Software Manual*. Karlsruhe.
- SIECZKOWSKA, Dominika y José M. BASTANTE
2017 “¿El sitio de Chachabamba como el caso único? La introducción al problema de su planificación, orientación y organización”. En: *57th Annual Meeting. Andean Studies Conference*, 7 de enero. Berkeley, Estados Unidos.
- VANVALKENBURGH, Parker; Chester P. WALKER y Jennie O. STURM
2015 “Gradiometer and Ground-penetrating Radar Survey of Two Reducción Settlements in the Zaña Valley, Peru”. En: *Archaeological Prospection*, vol. 22, N° 2, pp. 117-129. doi 10.1002/arp.1499



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

**Comisión
Nacional
Peruana**

de Cooperación
con la UNESCO



PERÚ

Ministerio de Cultura

Dirección
Desconcentrada de Cultura
de Cusco