

## Metodologie d'indagine non invasiva a *Tusculum*: la ricerca archeologica senza scavare

*Pilar Diarte Blasco – Valeria Beolchini – Leonor Peña-Chocarro – Oscar Pueyo – Antonio Casas – Andrés Pocoví – Massimo Zanfini – Gian Gabriele Ori – Ida dell'Arciprete – Alessio Murana*

Dal 1994 la Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma (EEHAR-CSIC) coordina un progetto di ricerca archeologica nella città di *Tusculum*, antico insediamento oggi abbandonato situato a circa 20 chilometri a sud-est di Roma. Nel 2012 è stato inaugurato il nuovo sottoprogetto "*Tusculum en época medieval: territorio, paisaje, economía y socie-*

*dad*"<sup>1</sup>, con l'obiettivo di fornire un nuovo approccio metodologico multi-disciplinare incentrato sulle fasi storiche meno note della città: l'epoca tardo-antica e medievale<sup>2</sup>. Durante la campagna di scavo 2013 si è scelto di dare ampio spazio alla sperimentazione delle più moderne tecnologie applicate all'archeologia, allo scopo di ampliare le nostre conoscenze del pae-

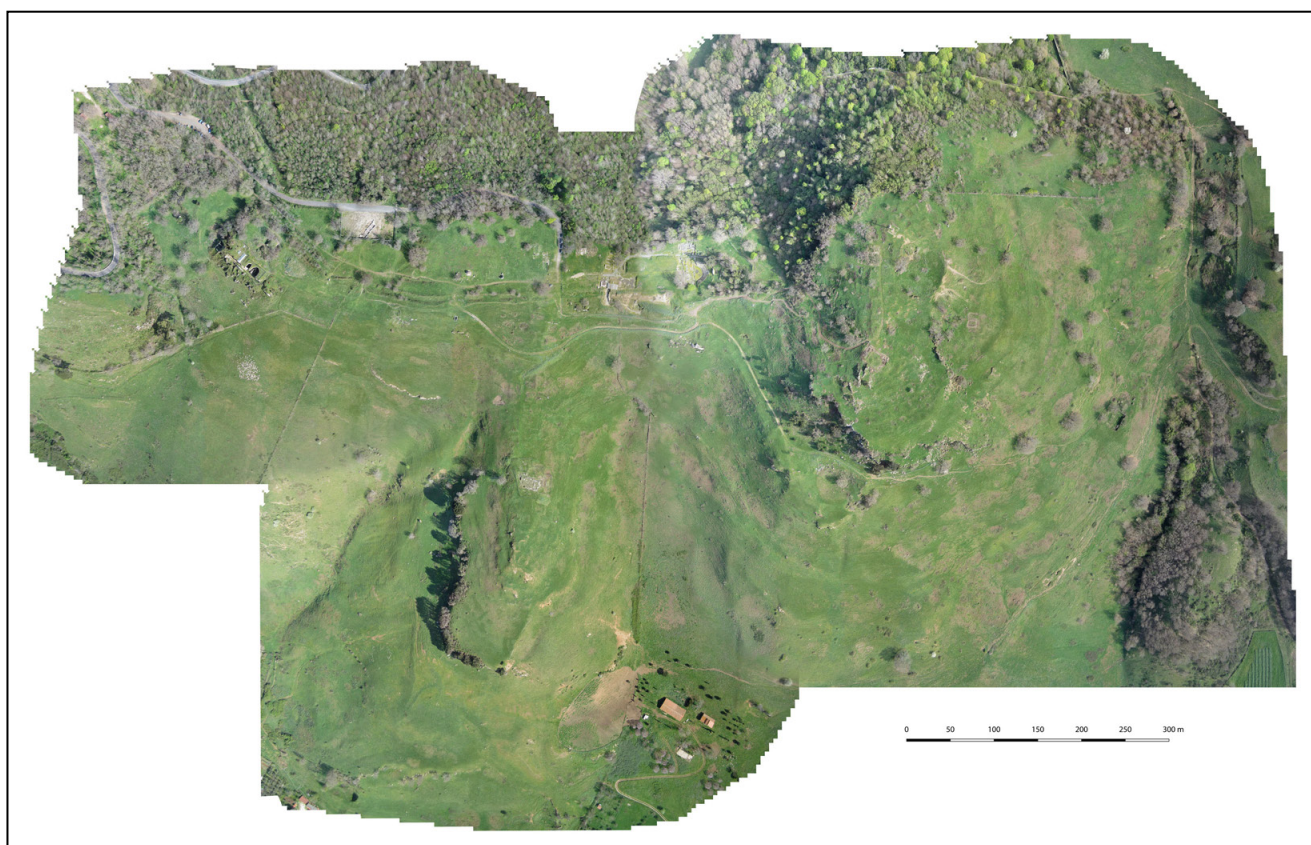


Fig. 1. Ortofoto dell'area archeologica, ottenuta unendo le immagini georeferenziate acquisite mediante i voli con il drone.

<sup>1</sup> Il progetto è diretto da Leonor Peña-Chocarro ed è parzialmente finanziato dal Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (Ayudas para Proyectos Arqueológicos en el Exterior, años 2012, 2013, 2014) e dal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (PIE n. 201210E033).

<sup>2</sup> Si rimanda al testo pubblicato in questo stesso volume (Beolchini V. – Diarte Blasco P. – Peña-Chocarro L., "*Proyecto-Tusculum*": risultati preliminari delle campagne archeologiche 2012-2013) per una sintesi complessiva dei recenti risultati del progetto.

saggio, della struttura urbanistica e sociale e dell'organizzazione economica che caratterizzarono le fasi di vita post-classiche della città.

In questi ultimi anni la ricerca archeologica ha fatto notevoli passi avanti grazie al potenziale di queste tecnologie non invasive a carattere multi-disciplinare: senza bisogno di scavare, nuovi siti sono stati individuati, mentre in quelli già noti sono stati acquisiti elementi fondamentali per valutarne l'importanza e caratterizzare il sottosuolo, identificando i luoghi potenzialmente più interessanti e prioritari al momento di aprire nuovi scavi.

Per quanto riguarda *Tusculum*, in collaborazione con la *International Research School of Planetary Science* (Università "G. D'Annunzio" di Chieti-Pescara), stiamo realizzando una nuova base cartografica digitale dell'intero sito. Fra il 2012 e il 2013 sono stati programmati una serie di voli a bassa quota con sistema UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), in modo tale da ottenere immagini stereoscopiche ad alta definizione e informazioni metriche e spaziali tridimensionali (fig. 1).

È stato utilizzato a tal fine un drone di nuova generazione controllato direttamente da computer attraverso un pilota automatico. Le immagini stereoscopiche sono state organizzate per traiettorie di

voli controllate da un sistema di precisione DGPS, consentendo di avere come prodotto finale DEMs (*Digital Elevation Models*), *rendering* in 3D, mappe GIS, ortofoto rettificate e ortomosaici.

Abbiamo anche acquisito una battuta di fotografie aeree georeferenziate dell'area di scavo sulla rocca da media e bassa quota (fra m 50 e 100), ottenuta utilizzando un aquilone (KAP), a integrazione delle riprese effettuate con il drone. L'aquilone permette infatti di sfruttare lo spazio aereo intermedio, solitamente non utilizzato, tra l'altezza minima raggiungibile da un velivolo (circa m 150) e quella massima raggiungibile con un'asta telescopica (tra m 10 e 15). A fronte della capacità del drone di coprire aree molto vaste, fuori dalla portata dell'aquilone, quest'ultimo ha permesso, grazie alla sua duttilità, riprese a una risoluzione maggiore (fig. 2).

Oltre alla cartografia digitale e alla campagna topografica, il progetto ha previsto anche la realizzazione d'indagini geofisiche – in collaborazione col gruppo *Geotransfer* dell'Università di Saragozza – su di un'area di quasi m<sup>2</sup> 5000 situata a ovest dell'antico foro romano (fig. 3). La scelta dell'area d'indagine è avvenuta in considerazione del fatto che in precedenza non era stata oggetto di scavi. Oltre a ciò, la relativa orizzontalità del pianoro, non sempre pre-

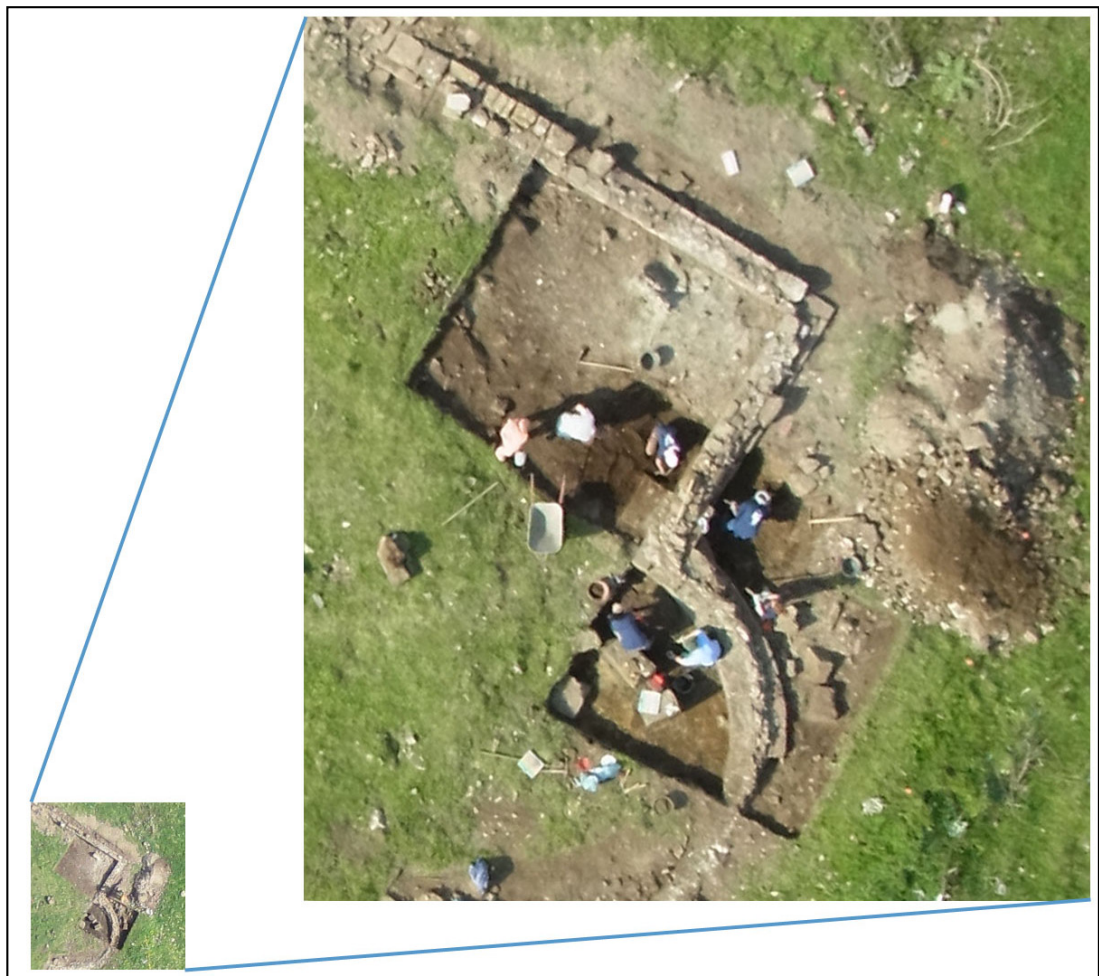


Fig. 2. Due immagini georeferenziate e alla stessa scala dell'angolo nord-orientale della Chiesa scavata sulla Rocca: quella a sinistra è ripresa dal drone, quella a destra dall'aquilone (KAP). È evidente la differenza di risoluzione.

sente nella ripida topografia del sito, consentiva una migliore applicazione di queste tecniche. Le indagini geofisiche sono state precedute da un lavoro topografico di localizzazione: tramite stazione totale si è proceduto a rilevare il piano quotato della zona e a restituirlo graficamente con isoipse a cm 5 e con profili 3D. L'operazione si è resa necessaria, oltre che per localizzare le eventuali strutture rinvenute, anche per valutarne la profondità in funzione dell'altimetria del terreno e per posizionare alcune strutture in alzata che avrebbero generato un'area di perturbazione durante la rilevazione geofisica (fig. 3).

Il risultato della prospezione geofisica deriva dalla lettura integrata dei dati provenienti dalle varie tecniche utilizzate:

- la prospezione magnetometrica, realizzata utilizzando due strumenti: un magnetometro di precisione protonica PMG-01, utilizzato come base per l'esplorazione, e un magnetometro a effetto Overhauser, dotato di due sensori per misurare l'intensità di campo e la variazione (calcolo del gradiente magnetico verticale). Tale dispositivo è dotato di un GPS che permette l'ubicazione delle azioni nel corso del rilievo<sup>3</sup>;

- l'indagine con radiazione EM multifrequenza, effettuata utilizzando un GEM 02. La configurazione dell'intervallo di campionamento è delimitata per analizzare intervalli poco profondi (tra 65 e 18 kHz) e profondità medie (tra 5 e 0,5 KHz). Sono stati usati i dati geoposizionati ottenuti dal GPS del magnetometro per localizzare e misurare le griglie d'indagine elettromagnetiche. I risultati ottenuti, l'intensità dell'ondafase (P) e la quadratura (Q) sono stati usati per calcolare la suscettibilità e la conducibilità apparente, sulla base delle quali sono state realizzate le



Fig. 3. Foto della fase di prospezione geofisica con georadar (GPR).

mappe di correlazione laterali dell'area di prospezione;

- l'indagine elettromagnetica con georadar, eseguita con un'apparecchiatura della RAMAC, mainframe CUI2 e antenne schermate con frequenza centrale di emissione di 250 MHz. La prospezione è stata fatta con un intervallo maggiore rispetto alla risoluzione orizzontale prevista, al fine di ridurre al minimo la perdita di risoluzione durante il trattamento d'alleggerimento (*stacking*) del segnale associato all'irregolarità della superficie di prospezione<sup>3</sup>. I risultati ottenuti sono poi stati trattati digitalmente in modo da aumentare l'intensità del segnale con la profondità, filtro di frequenze fuori range, lisciatura e rappresentazione per l'analisi. Dal momento che l'obiettivo dello studio era la caratterizzazione preliminare dell'area da analizzare, la presenza di correlazione laterale di anomalie di geometria iperbolica tra i profili non è stata eseguita.

PILAR DIARTE BLASCO  
Escuela Española de Historia  
y Arqueología en Roma – CSIC  
pdiarteblasco@gmail.com

VALERIA BEOLCHINI  
Escuela Española de Historia  
y Arqueología en Roma – CSIC  
beolchini@csic.it

LEONOR PEÑA-CHOCARRO  
Escuela Española de Historia  
y Arqueología en Roma – CSIC  
leonor.chocarro@csic.it

OSCAR PUEYO  
Geotransfer. Universidad de Zaragoza  
opueyo@unizar.es

ANTONIO CASAS  
Geotransfer. Universidad de Zaragoza  
casas@unizar.es

ANDRÉS POCOVÍ  
Geotransfer. Universidad de Zaragoza  
apocovi@unizar.es

MASSIMO ZANFINI  
Università degli Studi di Bologna  
massimozanfini@hotmail.com

<sup>3</sup> L'indagine è stata condotta attraverso due diverse configurazioni, variando la posizione del sensore per misurare l'intensità del campo magnetico e la distanza tra i sensori, allo scopo di focalizzare l'analisi su piccole variazioni di raggio e ad alta suscettibilità magnetica e massimizzare i segnali potenziali associati

a piccoli dipoli magnetici attraverso l'aumento dei sensori di distanza di prospezione.

<sup>3</sup> La prospezione è stata dimensionata sulla base della zona transitabile, in modo da eseguire una serie di percorsi fra loro paralleli ed equidistanti situati lungo griglie predefinite.

GIAN GABRIELE ORI  
IRSPS - Università "G. D'Annunzio"  
di Chieti-Pescara  
ggori@irsps.unich.it

IDA DELL'ARCIPRETE  
IRSPS - Università "G. D'Annunzio"  
di Chieti-Pescara  
ida@irsps.unich.it

ALESSIO MURANA  
IRSPS - Università "G. D'Annunzio"  
di Chieti-Pescara  
murana@irsps.unich.it

*Abstract*

*The EEHAR-CSIC project "Tusculum en época medieval: territorio, paisaje, economía y sociedad" (PIE n. 201210E033) began in 2012 with the clear goal of exploring and incorporating new research trends and different methodological approaches in order*

*to reach a better understanding of the medieval period. Further to its aim of reconstructing the landscape and economic structure of ancient and medieval Tusculum, the archaeological research is complemented by multidisciplinary techniques, such as geophysical surveys, topography, and drone and kite aerial photography.*