

# Aplicación de técnicas de prospección geofísica al estudio de la Cueva de Santa Ana (Cáceres, España)



L. Bermejo Albarrán<sup>1,2</sup>, A. Canals Salomó<sup>1,3,4</sup>, J.M. González Pérez<sup>5</sup>, F. Fernández Amo<sup>6</sup>, I. Campaña Lozano<sup>7</sup> y E. Carbonell Roura<sup>1,3,4</sup>

1 Equipo de Investigación Primeros Pobladores de Extremadura, Casa de la Cultura Antonio Rodríguez- Moñino, Avda. Cervantes s/n 10003, Cáceres, España.  
 2 Departamento de Ciencias Históricas y Geografía, Universidad de Burgos, C/ Villadiego, s/n 09001 Burgos, España.  
 3 IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, C/ Marcellí Domingo s/n e Campus Sescelades URV (Edifici W3), 43007 Tarragona, España.  
 4 Universitat Rovira i Virgili (URV), Campus Catalunya, Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, España.  
 5 ETM Ingeniería, C/ Picos de Europa, 9 – Bajo, Urb. “El Vivero”, 10005 Cáceres, España.  
 6 Tecminsa, C/Estatuto de Autonomía s/n, 06150, Santa Marta, Badajoz, España.  
 7 Centro Nacional de Investigación sobre Evolución Humana (CENIEH), Paseo Sierra de Atapuerca, 09002 Burgos, España.  
 \* correo electrónico: lucia.bermal@hotmail.com

**Palabras Clave:** Geofísica, VLF (Very Low Frequency), GPR (Ground Penetrating Radar), Arqueología, Pleistoceno, Karst

## INTRODUCCIÓN



Imagen 1: Ubicación de la cueva de Santa Ana (Cáceres, España).

La cueva de Santa Ana se sitúa a 2km de la ciudad de Cáceres en el interior del campamento militar CEFOT-1 (Imagen 1). Forma parte del sistema kárstico del Calerizo Cacereño, que el equipo de investigación Primeros Pobladores de Extremadura (EPPEX) estudia desde 1999. El importante conjunto Achelense que conserva, así como la variedad de especies faunísticas con evidencias de procesamiento antrópico, convierten a esta cavidad en una de las más relevantes del suroeste peninsular (Carbonell *et al.*, 2005).

El relleno sedimentario se compone de brechas y gravas pleistocenas posteriormente erosionadas por un proceso de *cut & fill* producido durante el Holoceno. La Unidad 8 (imagen 2) representa el último relleno sedimentario del pleistoceno y colmata un conducto que se sitúa al SE de la cueva.

Teniendo en cuenta los buenos resultados obtenidos por las prospecciones geofísicas en otros yacimientos arqueológicos en contextos kársticos (Bermejo *et al.*, 2010), se decidió llevar a cabo una campaña de prospección geofísica con dos métodos distintos (GPR y VLF) en la cueva de Santa Ana. Se eligieron estos métodos por su naturaleza no destructiva y su rápida toma de datos.

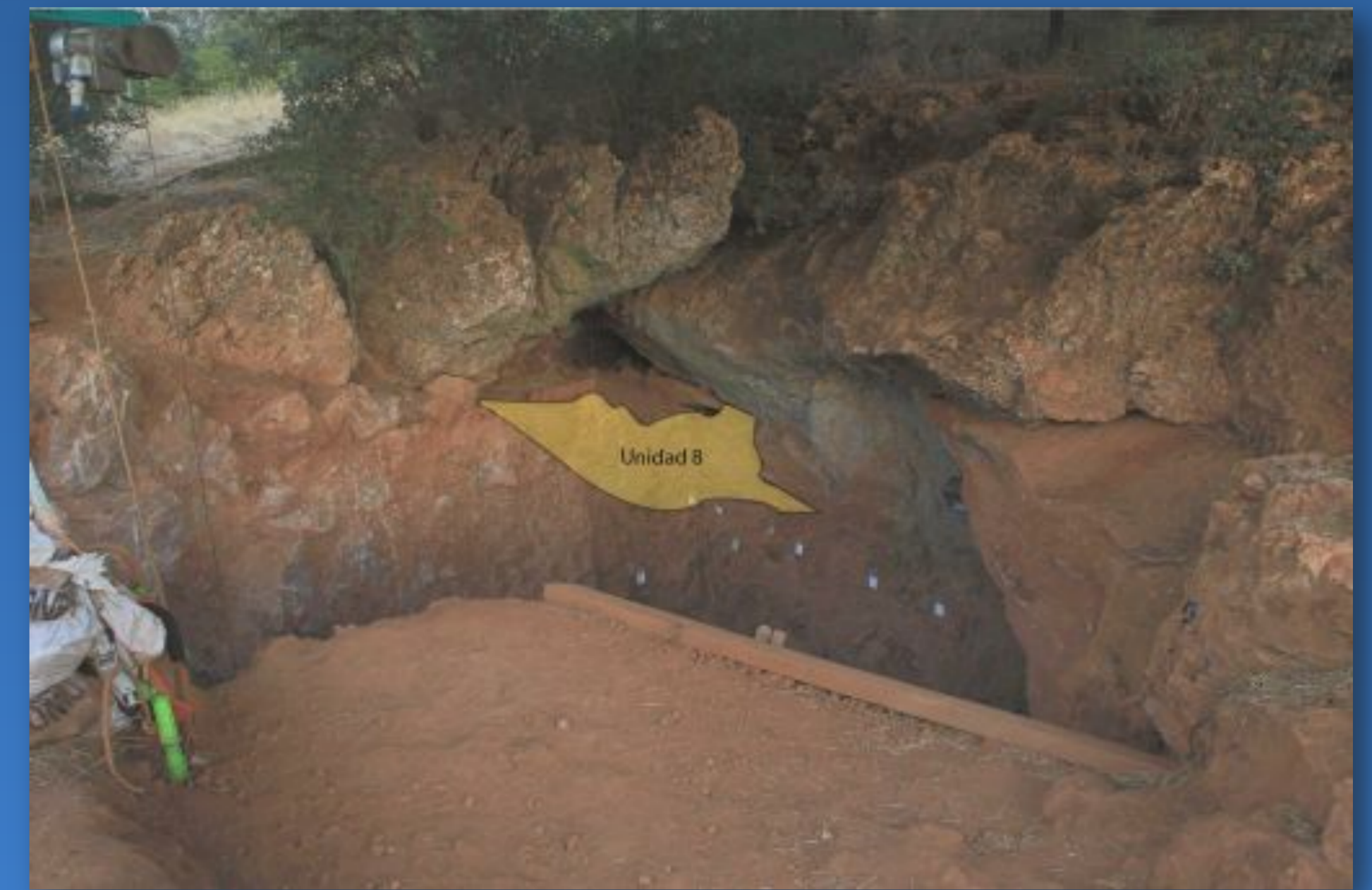


Imagen 2: Entrada de la cueva de Santa Ana. Destacada la unidad estratigráfica 8.

## METODOLOGÍA

### GPR

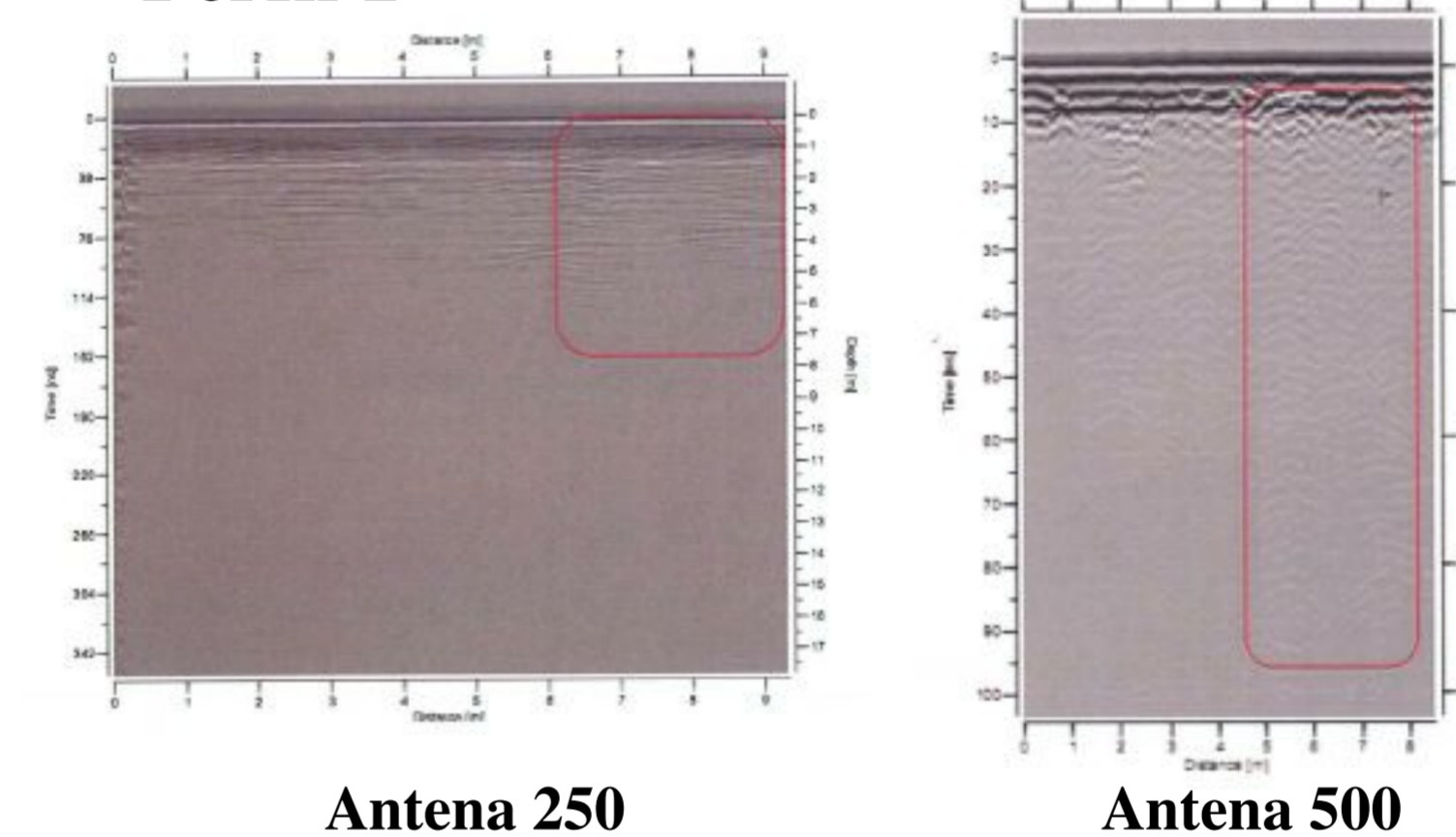
El método GPR (Ground Penetrating Radar) está basado en la propagación y reflexión de ondas electromagnéticas (EM) de alta frecuencia emitidas a través de una antena, en este caso de 250 y 500 kHz. Parte de la energía es reflejada por el subsuelo, según las diferentes propiedades dieléctricas de los materiales, y es captada por una antena receptora que establece la profundidad en función de la curvatura de las hipérbolas de difracción de la onda (Beres *et al.*, 2001).

### VLF

El sistema VLF (Very Low Frequency) es un método electromagnético que mide el resultante campo magnético local (vertical y horizontal) con dos bobinas de inducción ortogonal, a través de las ondas de radio de baja frecuencia 15-30 kHz. Como resultado, el contacto con el suelo no es necesario (Bosch & Müller, 2001).

## RESULTADOS GPR

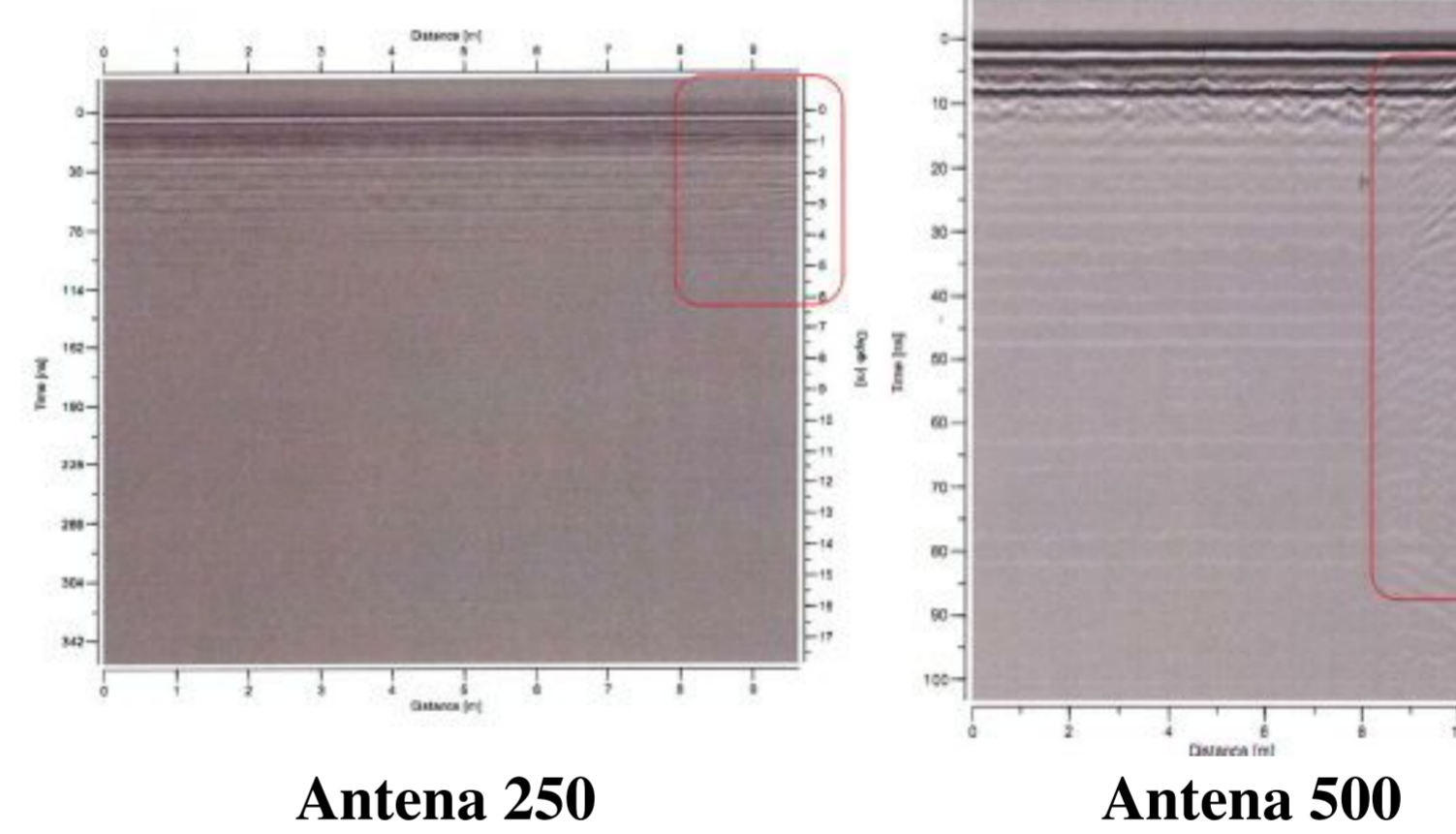
### Perfil 1



Antena 250

Antena 500

### Perfil 2



Antena 250

Antena 500

De los perfiles GPR que se hicieron rodeando el perímetro de la cueva conocida, sólo los dos perfiles realizados al Este resultaron positivos, marcando una anomalía que se extiende desde el metro 5 al 8 para el perfil 1 y del 8 al 10 para el perfil 2, con una profundidad de 5 metros en ambos casos (Figuras 5-6). Estos datos indican una anomalía de dirección SE, que puede correlacionarse con la Unidad 8. Esta es la unidad estratigráfica más superficial de la entrada de la cueva, que se adentra en un conducto de dirección SE de dos metros de anchura.

Figuras 5-6: Perfiles GPR

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Tanto GPR como VLF muestran una clara anomalía conductiva con dirección SE. Sin embargo, mientras que en VLF la dimensión de la anomalía es de 10 metros de ancho y más de 20 de profundidad, en GPR es de 2 metros de ancho y apenas 5 metros de profundidad. Esta diferencia sustancial nos lleva a pensar que estas anomalías no se refieren al mismo fenómeno, sino que la primera nos indica una ampliación de la cueva conocida hacia el SE, con una potencia de 20 metros de profundidad; y la segunda nos habla de la continuidad de los rellenos en el conducto anteriormente citado (unidad 8). En cualquier caso, la coincidencia en la dirección de las mismas viene marcada por la fractura principal del calerizo: N130°-150°E.

Por otro lado, la anomalía VLF mostrada a 50 metros al Sur de la cueva, podría indicarnos la presencia de otra cavidad colmatada de sedimentos y desconocida en la actualidad. La razón de que GPR no fuera capaz de detectarla es que ésta se halla a una profundidad superior (más de 10 metros) de lo que las antenas son capaces de detectar (Chalikakis *et al.*, 2011).

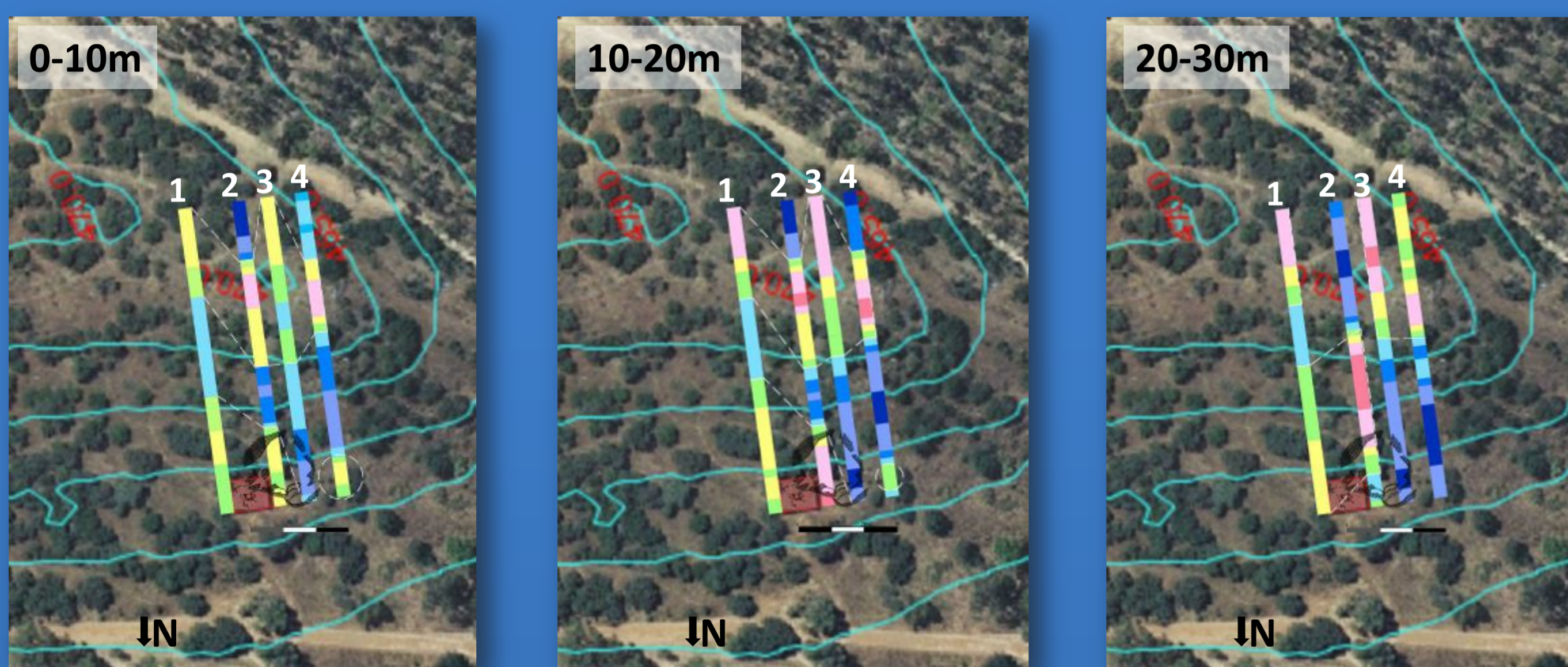
### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Equipo de Investigación Primeros Pobladores de Extremadura su constante apoyo científico y técnico. También agradecen a la Diputación de Cáceres por su ayuda económica y a los responsables del campamento militar CEFOT -1 por su ayuda en el terreno. Nuestro agradecimiento se hace extensible al Institut de Paleoecologia Humana i Evolució Social.

### REFERENCIAS

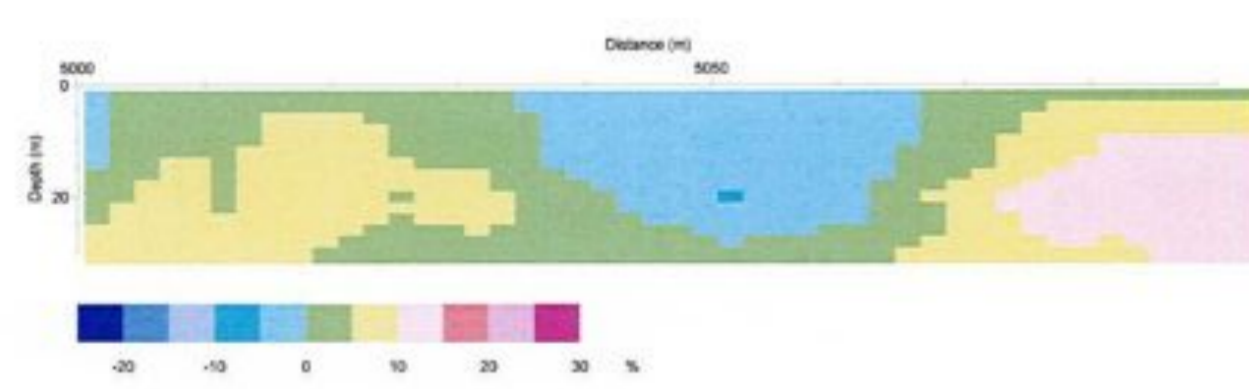
Beres M. *et al.*, 2001. Integration of ground-penetrating radar and microgravimetric methods to map shallow caves. *Journal of Applied Geophysics*, 46, pp. 249-262.  
 Bermejo L. *et al.*, 2010. Subsoil Characterization by Electrical Resistivity Tomography around Rosières-la-Terre-des-Sablons site (Lunery, Region Centre, France). *Annali dell'Università di Ferrara Museologia Scientifica e Naturalistica*, Volume 6.  
 Bosch F.P. & Müller I., 2001. Continuous gradient VLF measurements: a new possibility for high resolution mapping of karst structures. *First break*, 19, pp. 343-350.  
 Carbonell E. *et al.*, 2005. La grotte de Santa Ana (Cáceres, Espagne) et l'évolution technologique au Pléistocène dans la Péninsule ibérique. *L'Anthropologie*, 109, pp. 267-285.  
 Chalikakis K. *et al.*, 2011. Contribution of geophysical methods to karst-system exploration: an overview. *Hydrogeology Journal*, 19, pp. 1169-1180.

## RESULTADOS VLF

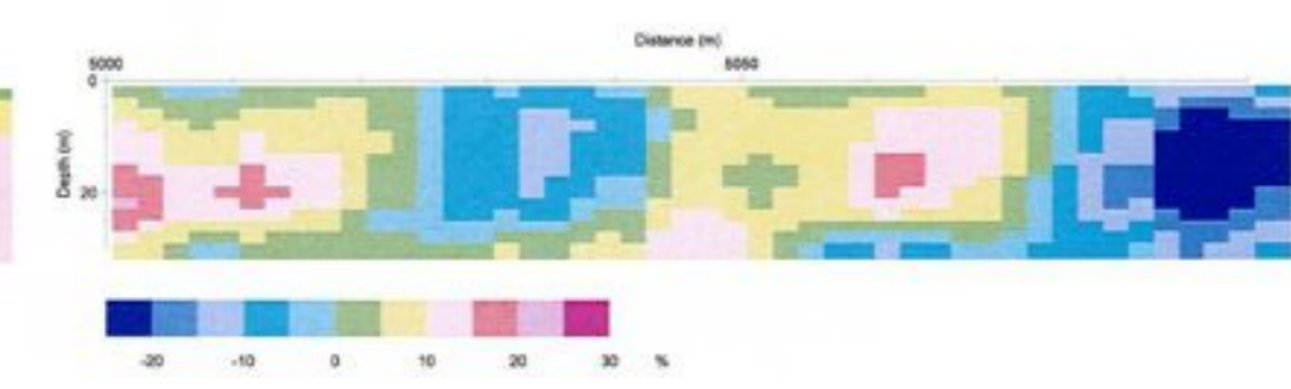


Imágenes 3-5: Anomalías en planta, a diferentes profundidades, sobre ortofoto. La cueva de Santa Ana esta proyectada en negro y el techo de entrada en rojo.

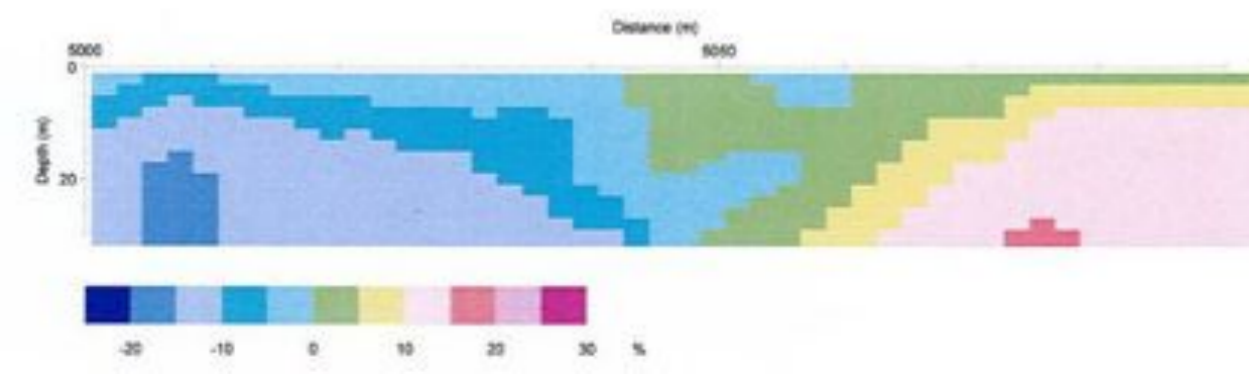
### Perfil 1



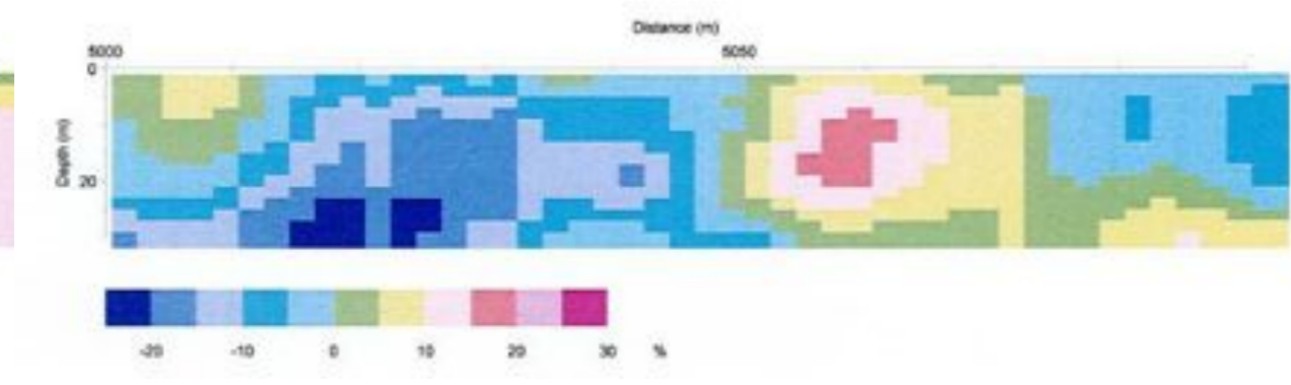
### Perfil 2



### Perfil 3



### Perfil 4



Figuras 1-4: Perfiles VLF

En los cuatro perfiles VLF podemos observar dos importantes anomalías de carácter conductivo (Figuras 1-4). La más grande se sitúa a 50 metros al Sur de la entrada conocida y tiene una dimensión de al menos 20 metros de ancho y 40 de largo y alcanza los 30 metros de profundidad. La segunda tiene dirección SE y llega a 20 metros de profundidad. Finalmente, al NW, existe una pequeña anomalía cerrada de 5 metros de largo, que apenas alcanza los 10 metros de profundidad (Imágenes 3-5).