



# Prospección geofísica por tomografía eléctrica en el abrigo de Sopeña (Asturias, N de España)

## Geophysical survey by electric tomography in Sopeña rockshelter (Asturias, Northern Spain)

Ana Cristina PINTO LLONA<sup>1</sup>, Enrique ARACIL ÁVILA<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Investigadora Asociada, Museo Arqueológico Regional, Plaza de las Bernardas s/n, Alcalá de Henares, 28801 Madrid [acpll@protonmail.com](mailto:acpll@protonmail.com)

<sup>2</sup>Profesor Asociado, Dpto. de Geodinámica, Facultad de CC. Geológicas, C/ José Antonio Nováis, 12, Ciudad Universitaria, Madrid 28040. \*Autor de contacto [e.aracil@ags-geofisica.com](mailto:e.aracil@ags-geofisica.com)

<https://doi.org/10.17979/cadlaxe.2021.43.0.8770>

recibido: 14/11/2021 aceptado: 22/12/2021

### Abstract

A geophysical survey analysis is carried out using electrical resistivity tomography (ERT) in the Sopeña shelter (Asturias) and its immediate area. The shelter contains an interesting Upper Middle Palaeolithic and early Upper Palaeolithic site, revealed in an archaeological test pit up to 3 metres deep without having reached the bedrock. Its current entrance is protected by large blocks fallen from the ledge, covered by thick stalagmitic flows. This arrangement possibly testifies to an original position of the innermost human occupation zone, inside a larger cave. Through this analysis we have located several possible sedimentary fills at a certain depth on the outside of the shelter. This opens up the possibility of sampling these fills in the future, in search of possible older occupation levels.

**Keywords:** Sopeña, Middle Palaeolithic, Upper Palaeolithic, electrical resistivity tomography, geophysical survey

### Resumen

Se realiza un análisis por prospección geofísica mediante tomografía eléctrica (ERT, electrical resistivity tomography) en el abrigo de Sopeña (Asturias) y su zona inmediata. El abrigo contiene un interesante yacimiento del Paleolítico Medio superior y Paleolítico Superior inicial, desvelado en un sondeo arqueológico de hasta 3 metros de profundidad sin haber alcanzado la base rocosa. Su entrada actual está protegida por grandes bloques caídos de la cornisa, recubiertos por gruesas coladas estalagmíticas. Esta disposición posiblemente atestigua una posición original de la zona de ocupación humana más interna, dentro de una cueva de mayores dimensiones. Mediante este análisis hemos localizado varios posibles rellenos sedimentarios a cierta profundidad en el exterior del abrigo. Se abre así la posibilidad de muestrear en un futuro esos rellenos, en busca de posibles niveles de ocupación más antiguos.

**Palabras clave:** Sopeña, Paleolítico Medio, Paleolítico Superior, tomografía eléctrica, sondeo geofísico

## 1. INTRODUCCIÓN

Sopeña es un abrigo rocoso situado en el pueblo de Avín, en el Concejo de Onís, en Asturias (43° 19' 16'' N, 4° 56' 48'' O), en la cadena montañosa de Picos de Europa (España). El abrigo se abre a una altitud de unos 450 m sobre el nivel del mar, a 250 m sobre el río Güeña y a unos 100 m sobre su pequeño afluente, La Güesal, que discurre por debajo del abrigo (Figura 1). Se desarrolla en calizas bioclásticas blancas de aspecto masivo con sectores brechoides rosados (Caliza de Picos), de edad pre-Estefaniense, que aparece frecuentemente dolomitizada, recristalizada y diaclasada (JULIVERT y NAVARRO, 1984). La Figura 2 ofrece un mapa geológico del entorno de Sopeña.

De dimensiones modestas, el abrigo está protegido en su entrada por grandes bloques caídos del techo o cornisa y recubiertos en su superficie por gruesas coladas estalagmíticas (PINTO-LLONA *et al.* 2006), que forman como un muro de cierre. Aunque actualmente el sitio se manifiesta como un pequeño abrigo rocoso, estos bloques caídos a su entrada, las coladas estalagmíticas que los recubren y la presencia de muñones de lo que fueron gruesas estalagmitas, sugieren que lo que hoy aparece como abrigo de escaso desarrollo fue en algún momento una cámara dentro de una cueva de mayor profundidad. Sucesivos derrumbes de la cornisa habrían hecho retroceder lo que sería la zona protegida usada por los humanos prehistóricos. Es posible, pues, que la zona que antecede el abrigo hubiera sido también ocupada en el pasado.

En 2002, se excavó un sondeo de 2 x 1 m a lo largo de la pared posterior (este) del abrigo que descubrió una sección hasta 3 m por debajo del nivel de referencia, sin encontrar el lecho rocoso. Se expusieron dieciséis niveles arqueológicos, generalmente horizontales, que presentan diferencias bien definidas de color y textura (PINTO-LLONA *et al.*, 2012). Tanto la industria lítica como la fauna son abundantes en todos los niveles. Basándose en los tipos de artefactos líticos diagnósticos (PINTO-LLONA *et al.*, 2012) y de las fechas radiométricas (PINTO-LLONA y GRANDAL, 2019), la secuencia documenta el Paleolítico medio tardío y el Paleolítico superior temprano.

Ya que la configuración actual del abrigo de Sopeña parece ser el resultado del colapso de una cueva más grande, hemos realizado un análisis por prospección geofísica mediante perfiles de tomografía eléctrica en el abrigo y su zona inmediata. El objeto de este estudio es la caracterización de la morfología y rellenos del abrigo de Sopeña, y localizar hacia el exterior posibles rellenos donde muestrear en un futuro, en busca de niveles arqueológicos que podrían ser más antiguos.



Figura 1. Mapa de situación del abrigo de Sopena

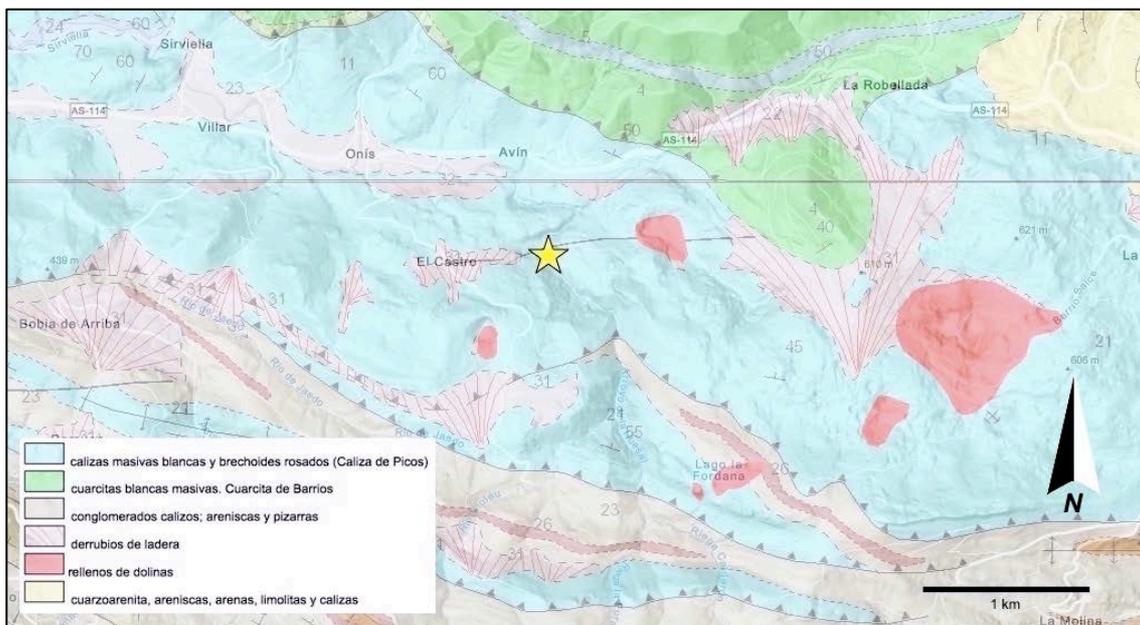


Figura 2. mapa geológico del abrigo de Sopena y su entorno (de Merino Tomé et al, disponible en <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/geodezona.aspx?Id=Z1000>)

El método de prospección geofísica a partir de perfiles de tomografía eléctrica analiza los materiales del subsuelo en función de su comportamiento eléctrico, es decir, que diferencia los mismos en función de su valor de resistividad. Se trata de la técnica más versátil de todas las de prospección geofísica ya que se puede adaptar a casi todas las escalas de trabajo y a las diferentes morfologías del terreno.

Este método de prospección geofísica se basa en la implantación de numerosos electrodos a lo largo de un perfil, con una separación determinada. Todos los electrodos se conectan al equipo de medida y, mediante un programa específico para cada trabajo, el aparato “ordena” a cada electrodo si debe o no emitir o si debe o no recibir corriente en cada momento. Es decir, se programan cuáles deben ser los electrodos que funcionan en cada momento y con qué disposición.

Como estos resultados reflejan en gran medida la realidad geológica del subsuelo, es la técnica geofísica generalmente más utilizada para los estudios arqueológicos. La profundidad de investigación depende, en mayor medida, de la longitud de los perfiles y su superficie se puede adaptar a la topografía de la zona donde se ha realizado para tener una distribución de resistividades más acorde con la realidad del terreno.

La resistividad de las rocas depende, fundamentalmente, de cuatro factores:

- De la proporción de volumen de poros frente a volumen total de la roca. A mayor porosidad suele obtenerse una menor resistividad, siempre y cuando la porosidad tenga un relleno (agua, arcilla, etc.). Si no es así, como es el caso de cuevas o galerías con aire, la resistividad suele ser muy alta debido el carácter dieléctrico del aire.
- De la morfología y disposición geométrica de dichos poros (denominado factor de formación). A mayor conexión de poros, si están rellenos de agua, implica una menor resistividad ya que la movilidad de fluidos y de iones es más fácil.
- De la resistividad o conductividad de dicha agua. A mayor conductividad del agua, menor será la resistividad de la formación que la contiene.

El resultado final es una sección del terreno en la que se representan los valores de resistividad con distintos colores para que se puedan apreciar mejor las variaciones de este parámetro.

## **2. METODOLOGÍA**

En el abrigo de Sopena se han realizado tres perfiles de tomografía eléctrica, dispuestos según se observa en el esquema de la Figura 3, ya que era la única posibilidad para poder realizarlos, dadas las condiciones de trabajo y operatividad de la zona. La separación de electrodos se estableció en 1 m con el fin de alcanzar una buena

resolución en los perfiles. Los perfiles de tomografía eléctrica se han denominado SOPEÑA-1, SOPEÑA-2 y SOPEÑA-3, y tienen las siguientes características:

- Longitud de cada perfil: 35 m
- Número de electrodos: 36 m
- Separación entre electrodos: 1 m
- Profundidad de investigación: 6 m
- Dispositivo de medida: Schlumberger-Wenner y Dipolo-Dipolo.

Todos los perfiles se han medido con doble configuración de electrodos, por un lado, con dispositivo Schlumberger-Wenner y, por otro lado, con dispositivo Dipolo-Dipolo. Una vez realizada esta doble medición en cada perfil, se han reprocesado de forma conjunta para obtener perfiles con un número mayor de medidas y una apariencia más parecida a las características esperables del subsuelo.

Sobre los perfiles medidos se ha realizado un proceso de unificación mediante el cual los valores de resistividad, que son específicos de cada perfil, se unifican entre todos los perfiles para que presenten la misma escala de colores y valores de resistividad.

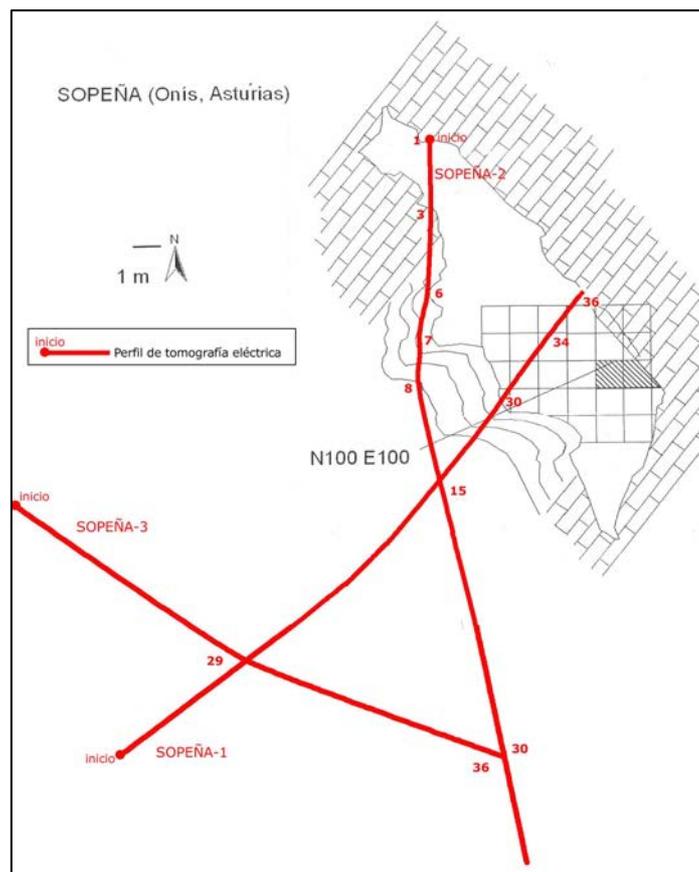


Figura 3. Esquema de la disposición de los tres perfiles de tomografía eléctrica realizados en el abrigo de Sopeña.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. PERFIL SOPEÑA-1 (Figura 4)

Dirección aproximada NE (electrodo 1) - SW (electrodo 36). En el subsuelo se observa la presencia de cuatro unidades geoelectricas con una disposición bastante irregular:

- Unidad suprayacente resistiva: Presenta valores moderados de resistividad. Se localiza de forma discontinua a lo largo del perfil, con espesores que no llegan a alcanzar 2 m. Aparece entre los metros 5-12 y 15-25 a contar desde el inicio del perfil. Esta unidad se ha interpretado como formada por bloques de caliza, bien caídos o colocados para despejar otras zonas de esos mismos bloques. Estos restos de calizas se observan claramente en superficie. Es una capa, por tanto, irregular en extensión y en espesor.
- Unidad intermedia conductora: Es una capa de extensión irregular a lo largo del perfil de tomografía eléctrica, con valores de resistividad bajos, típicos de margas calcáreas. Esta unidad se reconoce desde el metro 10 hasta el 30.
- Unidad intermedia resistiva: Es una capa de aspecto muy irregular en el perfil de tomografía eléctrica, con una respuesta típica de las calizas afectadas por procesos de karstificación. Se ha atribuido, por tanto, a unas calizas afectadas por disolución y formación de cavidades que presentan relleno interpretado como de arcillas o margas. En los primeros 5 m del perfil se identifica la cueva de Sopeña, también condicionada por la karstificación de las calizas y en la que se observa de forma muy clara la presencia de materiales conductores (arcillas, margas, limos) que forman el relleno de la citada cueva. También destaca entre el metro 7 y 8 desde el inicio del perfil, es decir, bajo el cúmulo de bloques que delimitan la cueva, una posible galería rellena de finos, que atraviesa las calizas con una inclinación prácticamente vertical. Por lo que respecta al espesor del relleno de la cueva de Sopeña, se puede afirmar que, al menos en la zona por donde ha transcurrido el perfil, se aproxima a 2 m.
- Unidad subyacente: Presenta los valores más elevados y continuos de resistividad. Se ha relacionado con la misma unidad de calizas pero, en este caso, mucho más compactas, apareciendo de manera constante a lo largo de todo el perfil.

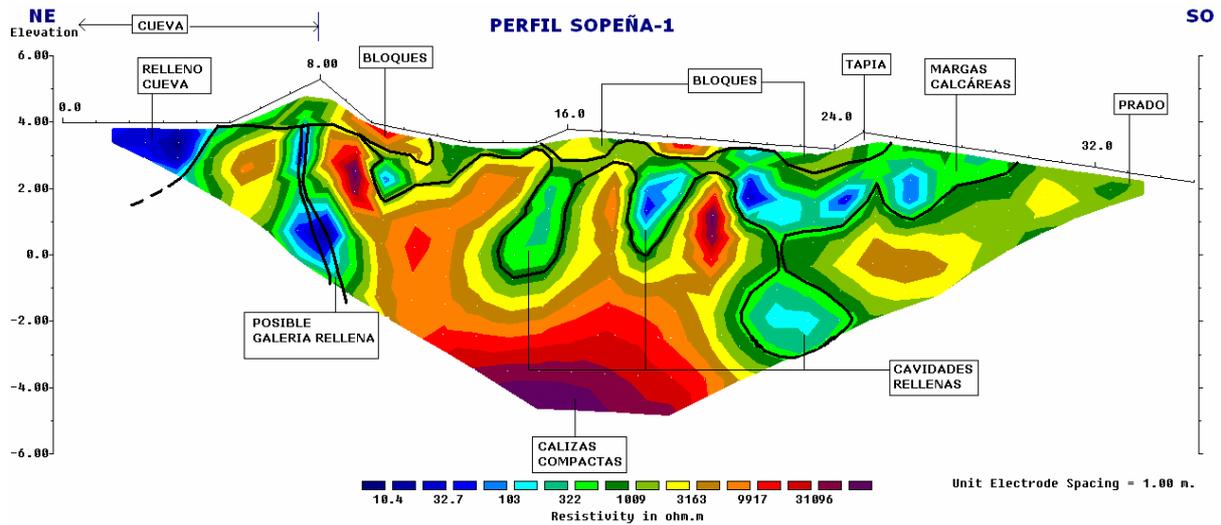


Figura 4. Valores de resistividad determinados en el perfil SOPEÑA-1

### 3.2. PERFIL SOPEÑA-2 (Figura 5)

Dirección aproximada NW (electrodo 1) - SE (electrodo 36). En el subsuelo se observa la presencia de cuatro unidades geoelectricas con una disposición algo irregular:

- Unidad suprayacente resistiva: Presenta valores moderados de resistividad. Se localiza de forma discontinua a lo largo del perfil, con espesores que varían entre 1 y 2 metros. Aparece entre los metros 15 y 28 a contar desde el inicio del perfil. Esta unidad se ha interpretado como formada por bloques de caliza, bien caídos o colocados para despejar otras zonas de esos mismos bloques. Estos restos de calizas se observan claramente en superficie. Es una capa, por tanto, irregular en extensión y en espesor.
- Unidad intermedia conductora: Es una capa de extensión irregular a lo largo del perfil de tomografía eléctrica ya que solo es observable en el extremo final del perfil, es decir, en los puntos más alejados de la cueva de Sopeña. Los valores de resistividad son típicos de margas calcáreas y calizas muy margosas. Esta unidad, como ya se ha indicado, se reconoce en los 8 m finales del perfil y tiene un espesor de 1-1,5 m.
- Unidad intermedia resistiva: Es una capa de aspecto muy irregular en el perfil de tomografía eléctrica, con una respuesta típica de las calizas afectadas por procesos de karstificación. Se ha atribuido, por tanto, a unas calizas afectadas por disolución y formación de cavidades que presentan relleno atribuido, según los valores de resistividad, a arcillas y margas. Destaca en el metro 24 desde el inicio del perfil, bajo la presencia de grandes bloques, una posible cavidad que, a la vista de los bajos valores de resistividad, debe de estar rellena de finos, con una disposición prácticamente vertical. Por la morfología y posición de la citada

anomalía, esta posible cavidad rellena se encontraría a una profundidad aproximada de 4 m bajo la superficie y tendría un desarrollo de 3-4 m. Esta cavidad no estaría en contacto con los rellenos de la cueva de Sopeña, no sólo por la distancia que la separa de ella, algo más de 20 m, sino por la presencia de las calizas compactas muy próximas a superficie, que hacen de umbral que impediría esa comunicación.

- Unidad subyacente: Presenta los valores más elevados y continuos de resistividad. Se ha relacionado con la misma unidad de calizas pero, en este caso, mucho más compactas, apareciendo de manera constante a lo largo de todo el perfil.

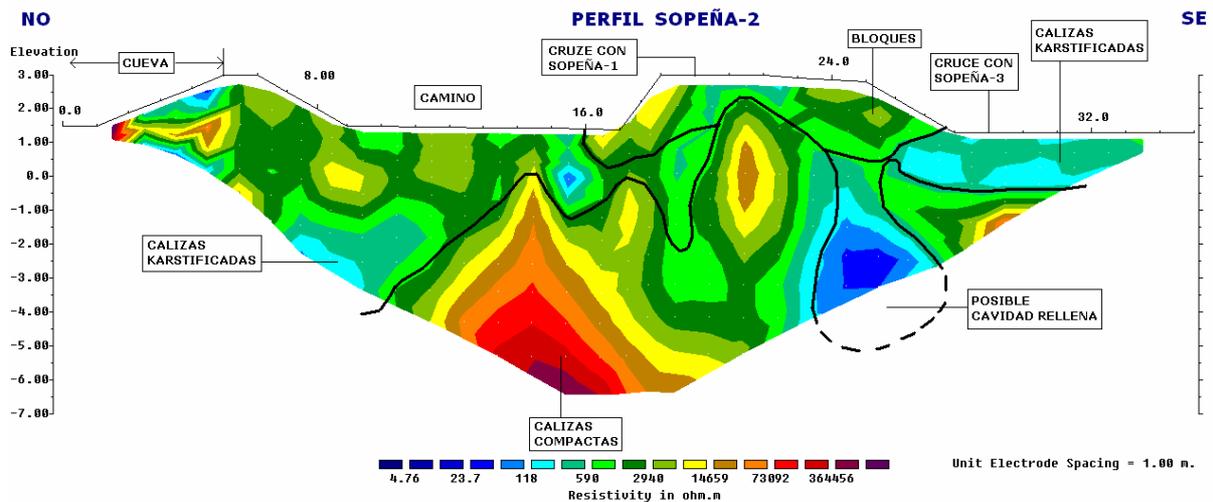


Figura 5. Valores de resistividad determinados en el perfil SOPEÑA-2

### 3.3. PERFIL SOPEÑA-3 (Figura 6)

Dirección aproximada WNW (electrodo 1) - ESE (electrodo 36). En el subsuelo se observa la presencia de dos unidades geoelectricas:

- Unidad de moderada resistividad: Aparece de manera aislada en los dos extremos del perfil. El espesor medio observado está en torno a 3 m y se ha interpretado como correspondiente a un nivel de calizas karstificadas con formación de cavidades que parecen estar rellenas de finos, sobre todo la que se encuentra entre los metros 24 y 26 desde el inicio del perfil.
- Unidad subyacente: Presenta los valores más elevados y continuos de resistividad. Se ha relacionado con la misma unidad de calizas pero, en este caso, mucho más compactas, apareciendo de manera constante a lo largo de todo el perfil.

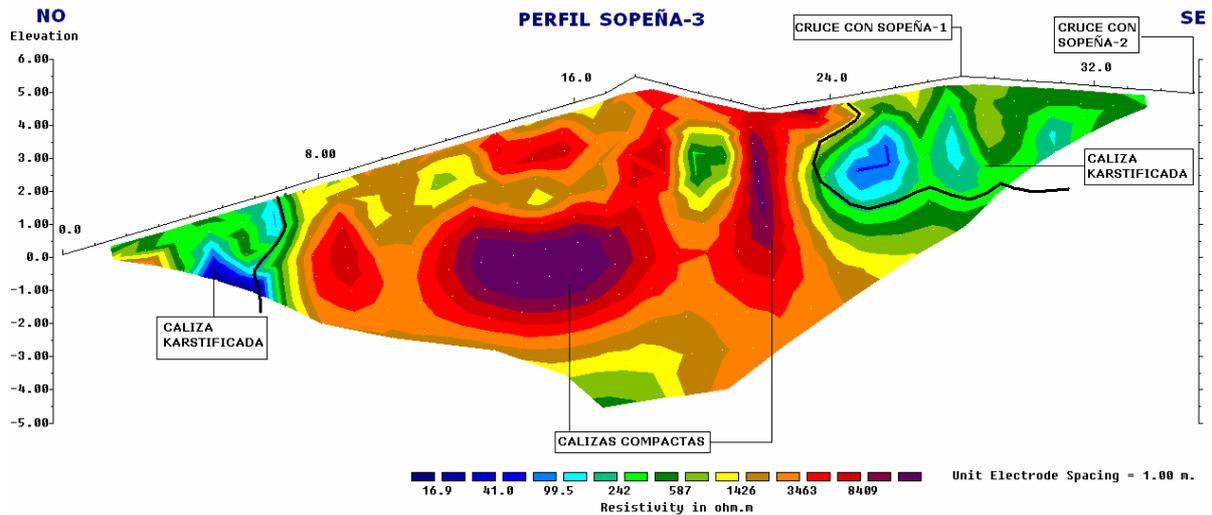


Figura 6. Valores de resistividad determinados en el perfil SOPEÑA-3

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La prospección geofísica del subsuelo en el abrigo de Sopeña y su entorno ha permitido identificar un ambiente geológico que confirma y complementa las observaciones que se pueden obtener en campo. De esta manera, se observa que existe un sustrato rocoso formado por unos materiales de altos valores de resistividad, que corresponderían a las formaciones calcáreas de la zona.

Este sustrato rocoso es bastante compacto y uniforme, presentándose de forma muy continua en toda la zona estudiada. Lo más variable que presenta es la proximidad a la superficie ya que, en ocasiones, se encuentra prácticamente aflorando, y en ocasiones se encuentra bajo un tramo de las mismas calizas karstificadas cuyo espesor y desarrollo es muy variable (Figura 7).

Este tramo de calizas karstificadas es, como ya se ha indicado, muy irregular en su desarrollo ya que hay sectores donde las zonas de fracturación, alteración y disolución, con formación de cavidades, alcanza y llega a superar los 6 metros, mientras que hay zonas donde el desarrollo de este tramo karstificado apenas alcanza 1 metro de espesor. Lo más destacable de esta unidad karstificada es que muestra el desarrollo de cavidades que deben de estar rellenas de materiales finos (arcillas y margas) y que estas cavidades llegan a tener varios metros de desarrollo. La más relevante sería la que se ha identificado bajo los bloques que delimitan la cueva de Sopeña, pues posiblemente pueda tener conexión con los sedimentos que rellenan ésta (Figura 8).

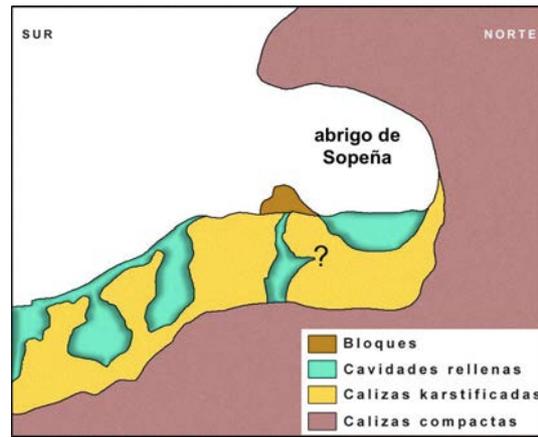


Figura 7. Interpretación en sección del abrigo y su entorno inmediato según los datos geofísicos.

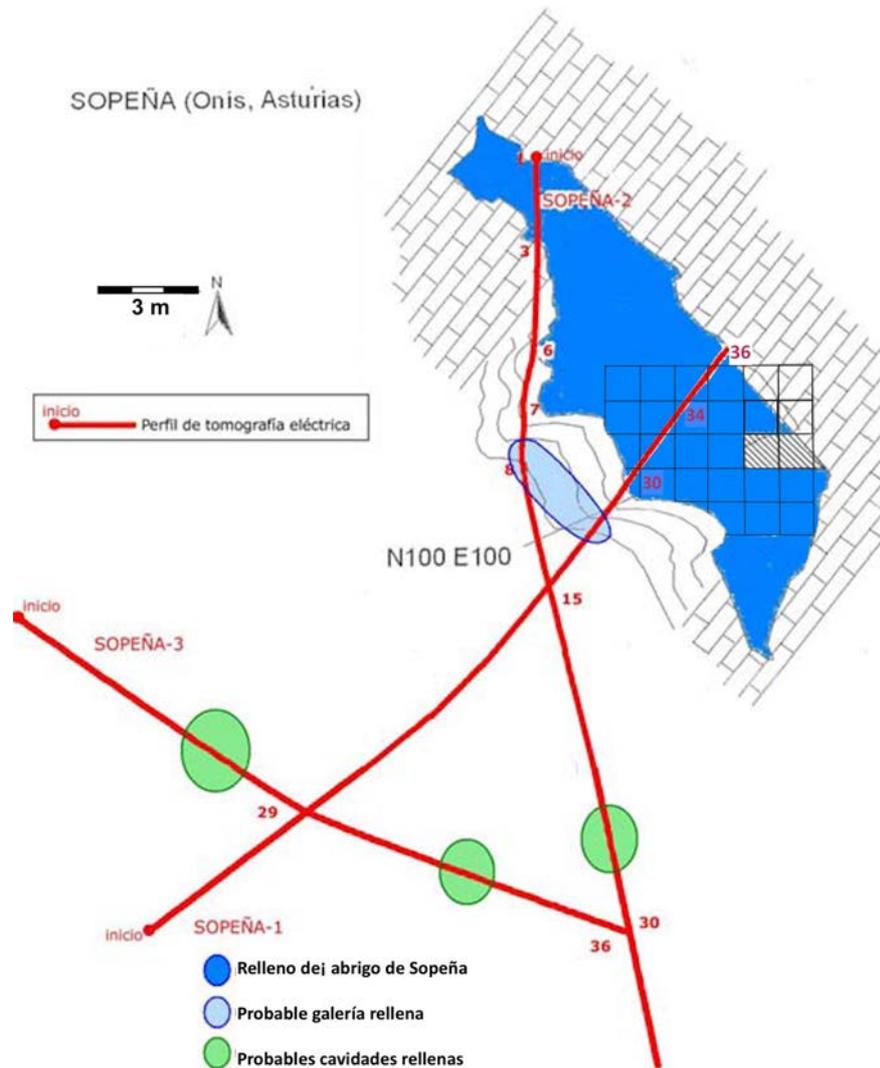


Figura 8. Interpretación en planta de la cueva y su entorno inmediato según los datos geofísicos.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Julivert, M., Navarro, D. 1984. *Memoria de la Hoja n° 55 (Beleño)*. Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (MAGNA), Segunda Serie, Primera edición. IGME, 22 pp. Depósito legal: M-42277-1984. ISBN: 84-7474-2773.
- Merino-Tomé, O., Suárez Rodríguez, A., Alonso Alonso, J.L. *Mapa geológico digital continuo E 1:50.000, Zona Cantábrica (Zona-1000)* En: GEODE. Mapa Geológico Digital Continuo de España [en línea, accedido el 18/06/2021]
- Pinto-Llona, A.C., Clark G., Miller, A. 2006. Resultados preliminares de los trabajos en curso en el abrigo de Sopeña (Onís, Asturias). En: V. Cabrera Valdés, F. Bernaldo de Quirós Guidotti, J.M. Maíllo Fernández, coords., *En el centenario de la cueva de El Castillo: el ocaso de los neandertales* (pp. 193—207). Universidad Nacional de Educación a Distancia UNED, Santander.
- Pinto-Llona, A.C., Clark, G., Karkanias, P., Blackwell, B., Skinner, A., Andrews, P., Reed, K., Miller, A., Macías Rosado, R., Wakiparta, J. 2012. The Sopeña Rockshelter, a new site in Asturias (Spain) bearing evidence on the Middle and Early Upper Palaeolithic in Northern Iberia. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 63, 45—79.
- Pinto-Llona, A.C., Grandal d'Anglade, A. 2019. Conflicting 14C scenarios in the Sopeña cave (northern Iberia): Dating the Middle-Upper Palaeolithic boundary by non-ultrafiltered versus ultrafiltered AMS 14C. *Quaternary International* 522, 1—11. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.02.038>