

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA DE LOS YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS PLEISTOCENOS DE AMBRONA Y TORRALBA (SORIA, ESPAÑA CENTRAL)

GEOPHYSICS SURVEYING OF THE AMBRONA AND TORRALBA PLEISTOCENE ARCHAEOLOGI- CAL SITES (SORIA, CENTRAL SPAIN)

A. MUÑOZ MARTÍN¹; J. ÁLVAREZ¹; A. PÉREZ GONZÁLEZ¹; A. CARBÓ¹;
M. SANTONJA² y P. LLANES¹

¹ Departamento de Geodinámica, Facultad de CC Geológicas, Universidad Complutense de Madrid.
C/ José Antonio Novais s/n. 28040 Madrid (España). E-mail: amunoz@geo.ucm.es

² Museo Arqueológico Regional. 28801 Alcalá de Henares. E-mail: manuel.santonja@madrid.org

RESUMEN

Este artículo muestra los trabajos de prospección geofísica realizados sobre los yacimientos Pleistocenos de Ambrona y Torralba (Soria). El principal objetivo de esta prospección es determinar la geometría y posición de la base de los sedimentos cuaternarios con potencial arqueológico y/o paleontológico. Esta información, combinada con los resultados de las excavaciones arqueológicas previas, es fundamental para la planificación de los futuros trabajos de excavación que se planean desarrollar. Debido a las características litológicas de una dolina abierta situada al N del yacimiento de Ambrona (arcillas sobre dolomías Jurásicas) y del yacimiento de Torralba (arcillas y margas sobre un basamento triásico de arcillas y yesos), se han elegido los métodos de resistividades para el primer caso, y de resistividades y sísmica de refracción para el segundo. Los resultados obtenidos han permitido definir la geometría y el espesor del relleno sedimentario cuaternario con interés arqueológico, así como la presencia de rellenos recientes de origen antrópico en el yacimiento de Torralba. Toda esta información permitirá a los equipos de excavación la planificación optimizada de estos yacimientos.

ABSTRACT

This work shows the geophysical surveying developed over the Pleistocene sites of Ambrona and Torralba (province of Soria, Central Spain). The main aim of the geophysical surveying is to determine the base of the Quaternary sediments containing lithic industry and fauna. This information is basic to improve future archaeological excavations. Due to the geological characteristics of both sites (shales over Jurassic Limestones in Ambrona, and shales and marls over a Triassic gypsum and shale basement), resistivity method in Ambrona and resistivity and refraction seismic methods in Torralba were chosen. Obtained results allow us to define the geometry and thickness of the Quaternary sedimentary infilling with archaeological interest. Moreover resistivity method with dipole-dipole arrays has shown anthropic infilling to avoid in future excavations. All this information will allow an optimised archaeological excavation planning.

PALABRAS CLAVE: Geofísica, Arqueología, Resistividad, Sísmica de refracción.

KEY WORDS: Geophysics, Archaeology, Resistivity, Refraction seismics.

1. INTRODUCCIÓN

Los yacimientos Pleistocenos de Ambrona y Torralba se encuentran en la Provincia de Soria, a unos 150 km al NE de Madrid, en el sector de la Cordillera Ibérica que pone en contacto las cuencas del Ebro y del Tajo (Figura 1). Ambas localidades son muy conocidas después de las investigaciones realizadas por el Marqués de Cerralbo (1909-1916) y las de Howell (1961-1963) y Howell y Freeman (1980-1983), que explicaban las acumulaciones de megafauna en relación a actividades sistemáticas de caza humana en el Pleistoceno medio (Howell *et al.* 1995). Estas interpretaciones dieron lugar a una viva polémica en los años 70 del siglo pasado. Posteriormente (1990-1997) se han desarrollado una serie de investigaciones por el equipo dirigido por A. Pérez-González y M. Santonja, que incluyen una profundización en el conocimiento de aspectos sedimentológicos, geomorfológicos, faunísticos y arqueológicos (Pérez-González *et al.* 1997; Santonja *et al.* 1997), previos a cualquier discusión sobre el papel humano en dichos yacimientos.

Dentro de este contexto, se plantearon una serie de trabajos de prospección geofísica coordinados con el equipo de excavación, y cuyos objetivos para los dos yacimientos son los siguientes:

A) Yacimiento de Torralba:

1.- Conocer la posición de la base de la unidad cuaternaria susceptibles de poseer fauna y/o industria lítica.

2.- Cuantificar lo más posible la posible prolongación de los materiales del yacimiento fuera de las áreas excavadas, con el fin de planificar próximas campañas arqueológicas.

B) Yacimiento de Ambrona

1.- Estimar el espesor del relleno arcilloso cuaternario, y la posición de su base, presente en una dolina erosionada situada al NE del yacimiento.

Para alcanzar estos dos objetivos se planificaron una serie de trabajos de prospección geofísica teniendo en cuenta los datos estratigráficos y las características geológicas de los yacimientos (Pérez-González *et al.* 1997; Santonja *et al.* 1997). Los trabajos incluyen el posicionamiento topográfico de las medidas y su georreferenciación respecto a las zonas ya excavadas, así como prospección con sísmica de refracción y el método de resistividades (calicatas eléctricas y sondeos eléctricos verticales).

2. TRABAJOS REALIZADOS

La descripción de los trabajos realizados se va a hacer individualmente para cada una de las dos zonas analizadas, debido a que no se han utilizado los mismos métodos, así como porque presentan una situación geográfica y geológica diferente. En primer lugar se describirán los trabajos realizados en la dolina situada al N del yacimiento de Ambrona (Figura 2) y, posteriormente, se describirán los trabajos realizados en el yacimiento de Torralba (Figura 3).

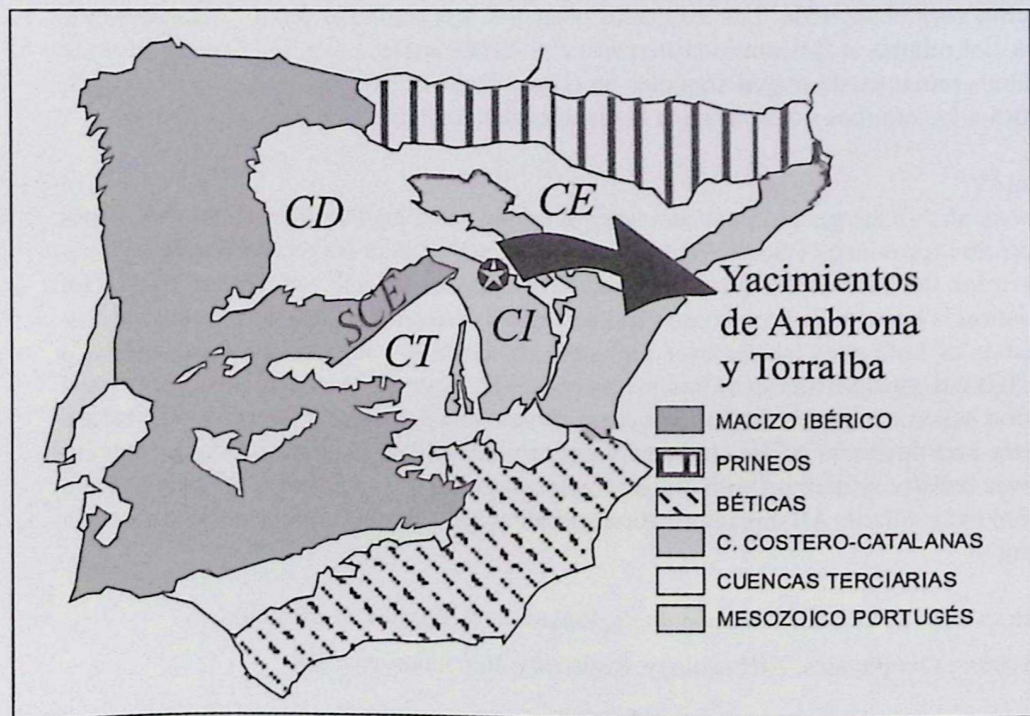
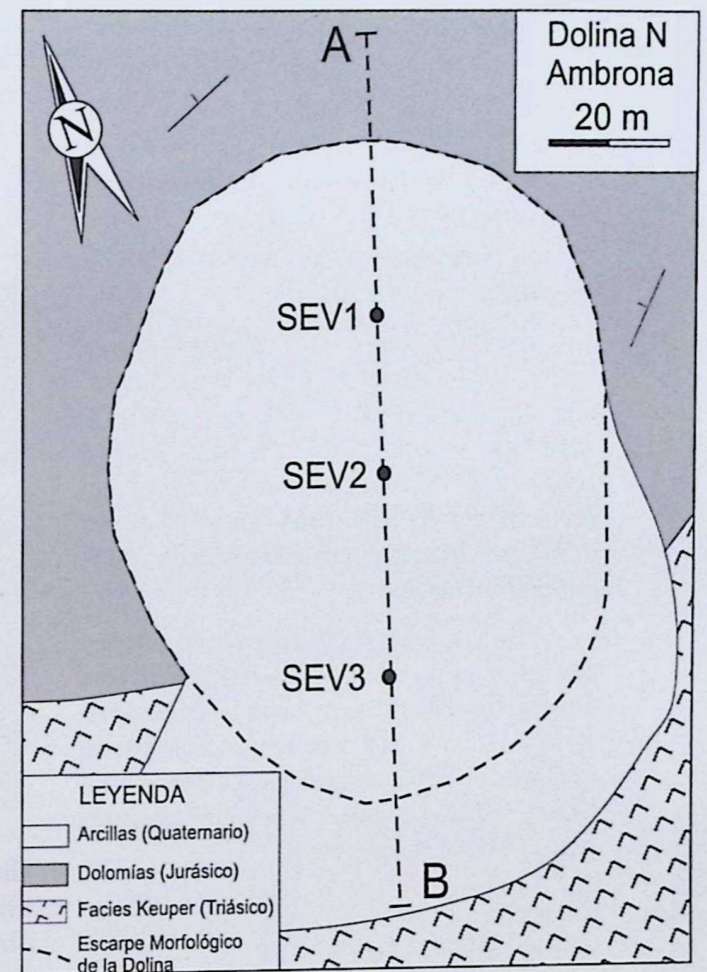


Figura 1. Localización geológica de los yacimientos pleistocenos de Ambrona y Torralba, Soria. CI, Cordillera Ibérica, SCE, Sistema Central Español, CD, CE y CT, Cuencas del Duero, Ebro y Tajo.

Figure 1. Geological location of the Ambrona and Torralba Pleistocene Sites, Soria.

Figura 2. Localización de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y esquema geológico de la dolina N del yacimiento de Ambrona.

Figure 2. Vertical Electric Soundings locations and geological map of the Ambrona sink.



2.1. Yacimiento de Ambrona

Los trabajos realizados en el yacimiento de Ambrona se han realizado en una dolina erosionada situada unos 200 m al NE del mismo (Ambrona-4). Desde el punto de vista geológico la dolina se desarrolla sobre dolomías jurásicas, que se disponen sobre las facies arcillosas y salinas del Keuper. Estructuralmente la serie presenta una serie de pliegues laxos de dirección N-S con buzamientos de los flancos por debajo de los 15° y con una suave inmersión hacia el N (Figura 2).

Para alcanzar los objetivos se realizaron tres sondeos eléctricos verticales (SEV) con dispositivo Schlumberger, de hasta 40 metros de apertura de alas AB/2, la máxima permitida por el tamaño de la dolina. Estos tres sondeos se dispusieron a lo largo del eje mayor de la dolina según una dirección N20E, y separados 22.5m (entre el SEV1 y el SEV2) y 29 m (entre el SEV2 y el SEV3) (Figura 2).

Cabe destacar que las alas de los electrodos se dispusieron según una orientación aproximada N110E, subparalela a la dirección de las dolomías jurásicas aflorantes en los bordes de la dolina, con el fin de que las condiciones de toma de datos se ajusten a los requisitos de interpretación utilizados en este trabajo. Los tres sondeos se situaron mediante GPS y altímetro barométrico estableciendo las distancias entre los mismos a lo largo del perfil A-B (figura 2) con brújula y cinta métrica. La instrumentación utilizada para la realización de los sondeos eléctricos ha sido un resistivímetro GEOREX, utilizando baterías de hasta 150 V.

2.2. Yacimiento de Torralba

Para alcanzar los objetivos descritos en el primer apartado se han realizado los siguientes trabajos alrededor de las áreas 24 y 27 del yacimiento (Figura 3):

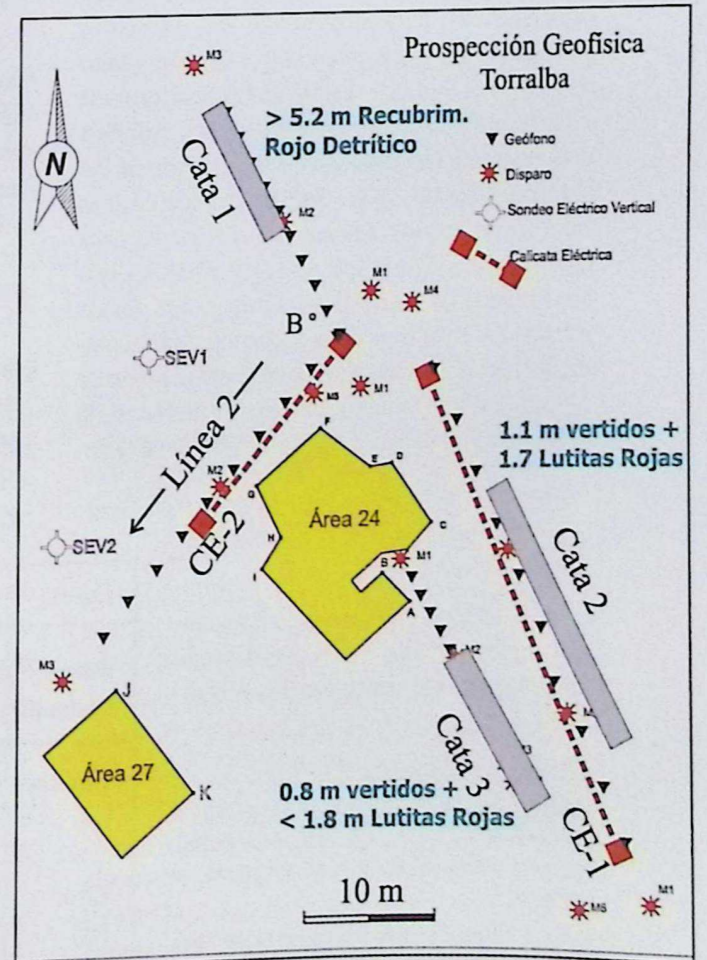


Figura 3. Localización de los trabajos geofísicos realizados en el yacimiento de Torralba, Soria.

Figure 3. Geophysical surveying mapping Torralba Site, Soria.

A) Posicionamiento topográfico de los perfiles geofísicos y de los límites de las catas previas y su referenciación respecto a un vértice del I.G.N.

B) Realización de cuatro secciones sísmicas de refracción.

C) Realización de dos calicatas eléctricas (CE).

Todos los trabajos de posicionamiento topográfico se realizaron con una estación electrónica total, instalándose una base topográfica al norte del yacimiento (B, figura 3). La posición de la base se realizó mediante un enlace con el vértice geodésico del IGN situado unos 500 m al S de la zona de estudio, también realizado con la estación electrónica.

Posteriormente se posicionaron en planta y cota todos los puntos donde se establecieron los dispositivos geofísicos (geófonos, electrodos, placas), así como una serie de puntos discretos que limitan las catas arqueológicas anteriores. En total se midieron 80 puntos topográficos con una precisión estimada de ± 5 cm.

2.3. Sísmica de Refracción

La localización de las secciones (Figuras 2 y 3) se planificó teniendo en cuenta los datos estratigráficos para determinar los espesores máximos de las facies interesantes desde el punto de vista arqueológico. En todas las secciones se realizaron tres o cuatro disparos en los extremos y en puntos intermedios, y la separación de los electrodos fue de 2 y 1.5 m. En la sección más corta (Ambrona-4) además se realizaron tiros lejanos para asegurar que se registrarían las primeras llegadas correspondientes a las ondas refractadas en la base de la secuencia sedimentaria de interés. El sísmógrafo utilizado dispone de 24 canales, y se obtuvo un registro digital de la señal para su análisis e interpretación posterior.

2.4. Calicatas Eléctricas y Sondeos Eléctricos Verticales

Para tener una fuente de información independiente, y así contrastar la información que aportaban las seccio-

Tabla 1. Resumen numérico de los resultados obtenidos en los tres Sondeos Eléctricos realizados en la dolina situada al N del yacimiento de Ambrona

Table 1. Numeric results obtained from the Vertical electric soundings made at the Ambrona sink.

Datos		SEV1	SEV2	SEV3
Resist (Ohm-m)	Capa 1	11.02	9.9	8.0
	Capa 2	1074	14400	41
Espesor (m)	Capa 1	13.2	17.2	6.8
	Capa 2	> 7	> 12	> 2
Error (m)		± 1.0	± 1.5	± 1.2

nes sísmicas, se plantearon dos calicatas eléctricas situadas sobre las secciones sísmicas 1 y 2, con una separación entre electrodos de 2 m (CE1 y CE2, Figura 3).

La aplicación del método de resistividades se justifica para intentar distinguir a lo largo de los cortes geoelectricos la presencia de las facies de interés arqueológico (lutitas y margas fundamentalmente) de las facies Keuper Triásicas. A pesar de que no existe mucha variación litológica entre ambos grupos de rocas, la presencia de yeso cristalino en las facies Keuper aflorantes en las inmediaciones, permiten suponer un aumento considerable de resistividad en estas rocas, calculada mediante la realización de un SEV en una zona próxima.

Otro aspecto a destacar es la presencia de bloques erráticos presentes en la zona situada al Este del Área 24, cuyo origen son los escombros de unas construcciones de viviendas antiguas ya derribadas. El método de resistividades mediante calicatas eléctricas permite definir la profundidad y extensión de estos derrubios (cemento, ladrillos, bloques de mampostería,...) que se caracterizan por presentar valores de alta resistividad frente a los materiales sedimentarios naturales.

3. RESULTADOS

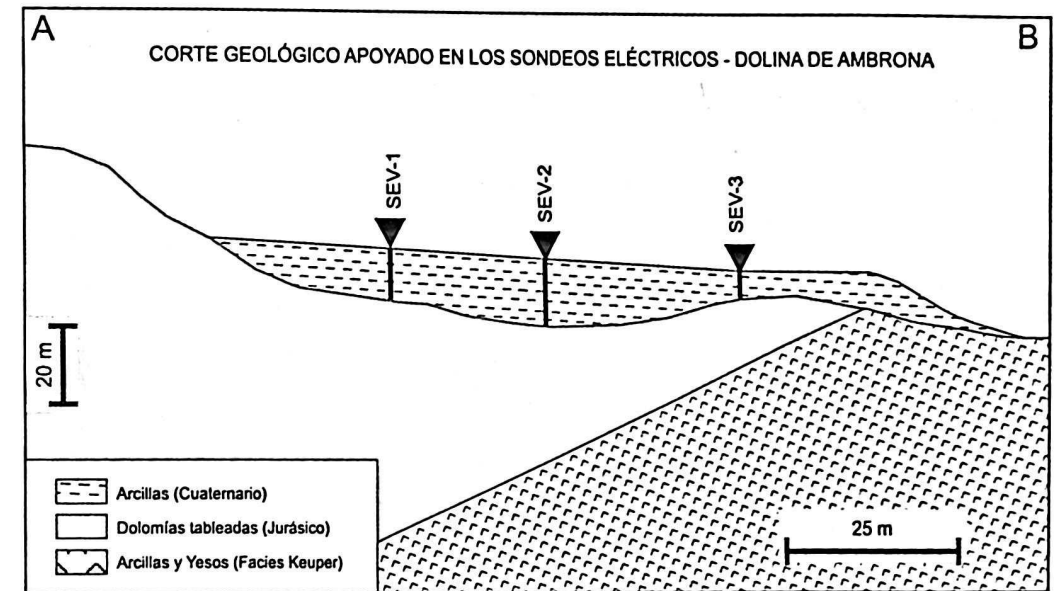
La descripción de los resultados obtenidos en las dos zonas analizadas se va a hacer por separado, debido a la utilización de diferentes métodos y dispositivos, así como por los diferentes objetivos y características geológicas.

3.1. Yacimiento de Ambrona

Los resultados individuales de los tres Sondeos Eléctricos Verticales realizados en la Dolina situada 200 m al NE del yacimiento de Ambrona han sido muy buenas, y el resumen de los resultados se muestra en la Tabla 1 y en la sección geológica de la figura 4.

Figura 4. Sección geológica A-B, (Fig. 2) interpretada a partir de los resultados obtenidos de los tres SEVs realizados en la dolina de Ambrona y de la cartografía geológica

Figure 4. Geological section deduced from the vertical electric soundings and the geological observations around the Ambrona Sink.



Por otra parte los tres sondeos se ajustan a una curva de resistividades aparentes frente a AB/2 de subida, típica de la presencia de dos capas con aumento de resistividad en profundidad.

Referente a los valores de resistividad cabe destacar la homogeneidad obtenida en los valores de resistividad de la capa de sedimentos aflorantes, que en los tres casos está en torno a los 10 W·m (± 2), lo que indica una gran homogeneidad litológica y una composición de arcillas bastante puras. Por lo que respecta a los valores de resistividad del material presente bajo las arcillas, en los dos primeros casos es elevado (> 1000 Ohm·m), lo que sugiere la presencia de las dolomías jurásicas. Por lo que se refiere al SEV3, el valor de resistividad de la capa inferior es menor, lo que puede indicar la presencia lateral del Keuper, tal y como se sugiere en la sección interpretada de la figura 4.

No obstante, en ninguno de los tres SEVs se ha alcanzado la estabilización en las curvas de resistividad aparente frente a AB/2, debido a las limitaciones espaciales en la apertura de los electrodos de corriente (AB), por lo que los valores de resistividad obtenidos para la capa inferior son menos precisos que los de la capa 1. En cualquier caso, el ajuste de la superficie límite entre ambas formaciones, está bastante bien establecido con un error máximo calculado de ± 1.5 m.

Por lo que respecta a la geometría de la unidad de sedimentos cuaternarios, hay que destacar que se han encontrado mayores espesores de los esperados, con variaciones importantes en la potencia de los sedimentos. Dado que la superficie superior es bastante homogénea, esto sugiere la presencia de una base irregular de esta unidad,

que debe corresponderse con un paleorrelieve en el techo de las calizas jurásicas, probablemente de origen cárstico.

3.2. Yacimiento de Torralba

Los resultados obtenidos con los diferentes métodos de prospección (especialmente las secciones de sísmica de refracción 1 y 4), han sido contrastados con la columna estratigráfica de detalle levantada en el centro del área 24 (Figura 3). La calibración ha permitido interpretar como refractor principal un nivel de margas lacustres verdes compactas, que presenta unas velocidades de Ondas P (V_p) entre 1 y 1.7 km/seg y que da un fuerte contraste de V_p con el material suprayacente ($V_p = 0.35$ km/seg). El análisis de velocidades y el cálculo de la posición del refractor se realizó con el método recíproco generalizado de Palmer (1980)

La calidad y ajuste en la interpretación de las secciones sísmicas de refracción ha sido bueno, permitiendo dibujar la posición del refractor correspondiente al techo del nivel de lutitas lacustres verdes con bastante precisión.

Una vez calibradas las secciones con la serie estratigráfica, se procedió a medir el espesor de los sedimentos situados por encima del nivel de margas lacustres en la vertical de cada geófono, para la construcción de un mapa de isopacas de esta unidad de interés arqueológico (Figura 5). El análisis de este mapa de isopacas permite establecer un espesor que oscila entre 1.8 m (en el SE del Área 24, punto A) y los 5.8 m en el extremo N del área investigada (Punto B de la figura 5). Esta variación en el espesor no es homogénea, sino que existe una zona de espesor

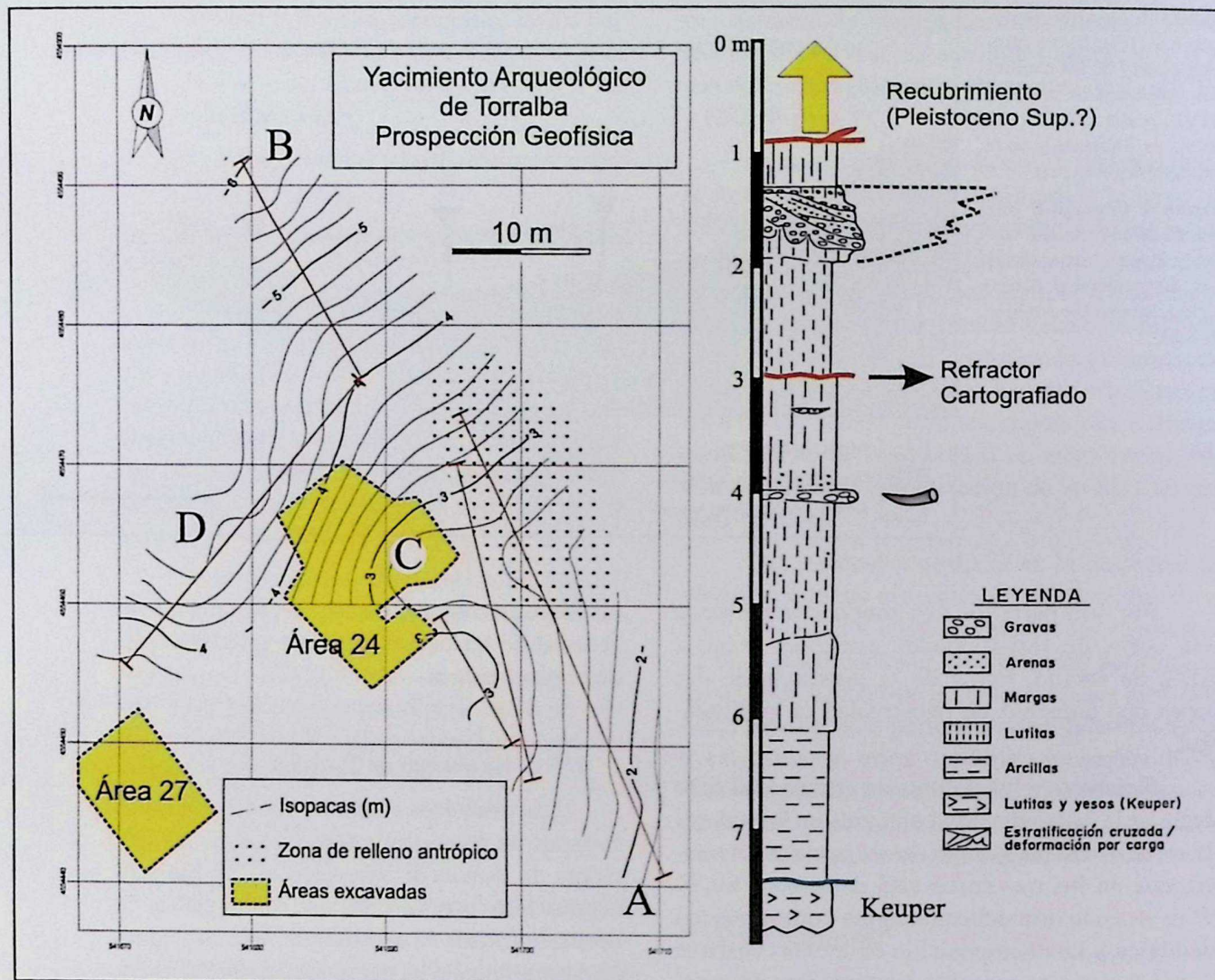


Figura 5. Mapa de isopacas de los sedimentos cuaternarios situados por encima del nivel de lutitas lacustres verdes obtenido a partir de las cuatro secciones sísmicas de refracción calibradas con la columna estratigráfica de detalle (C).

Figure 5. Isopach map for the Quaternary sediments with archaeological interest, obtained from 4 refraction profiles calibrated with a detailed stratigraphic column, point C.

bastante constante (entre 2.6 y 3 m) centrada en el área 24, disminuyendo el mismo hacia el E. Desde esta área 24 el espesor en general aumenta hacia el N, existiendo un depocentro relativo en la zona central de la línea 2 (punto D, Figura 5).

Por lo que respecta a las pseudosecciones eléctricas obtenidas en las dos Calicatas Eléctricas (CE) realizadas, las resistividades obtenidas varían entre 10 y 1000 Ohm-m para la CE-1 y entre 10 y 60 Ohm-m para la CE-2.

En el primer caso los valores de alta resistividad se sitúan en superficie entre los metros 12 y 37 de la CE-1, alcanzando una profundidad máxima de 3 m (a los 21 m) (Figura 6). Esta zona de altas resistividades debe estar relacionada con derrubios y bloques heterogéneos de origen antrópico procedentes de la demolición de antiguas construcciones que todavía aparecen al E del Área 24.

Al SE del área 24, y por debajo de este nivel heterogéneo de altas resistividades, aparecen resistividades bajas (del orden de 10 Ohm-m) que litológicamente deben ser arcillas bastante puras. Este nivel de arcillas sitúa el SE del área 24 a los dos metros aproximadamente de profundidad, lo que ajusta bien con la sección sísmica de refracción.

Por lo que se refiere a la CE-2, aparece un nivel algo irregular con resistividades mayores de 20 Ohm-m, y espesores de entre 2 a 4 m, con un máximo entre los 8 y los 13 metros de la calicata, lo que ajusta bien con la posición del refractor de la Sección sísmica 2. Por debajo de este nivel, aparecen resistividades menores de 15 Ohm-m, que deben corresponderse con las lutitas lacustres y/o las arcillas del Keuper infrayacentes.

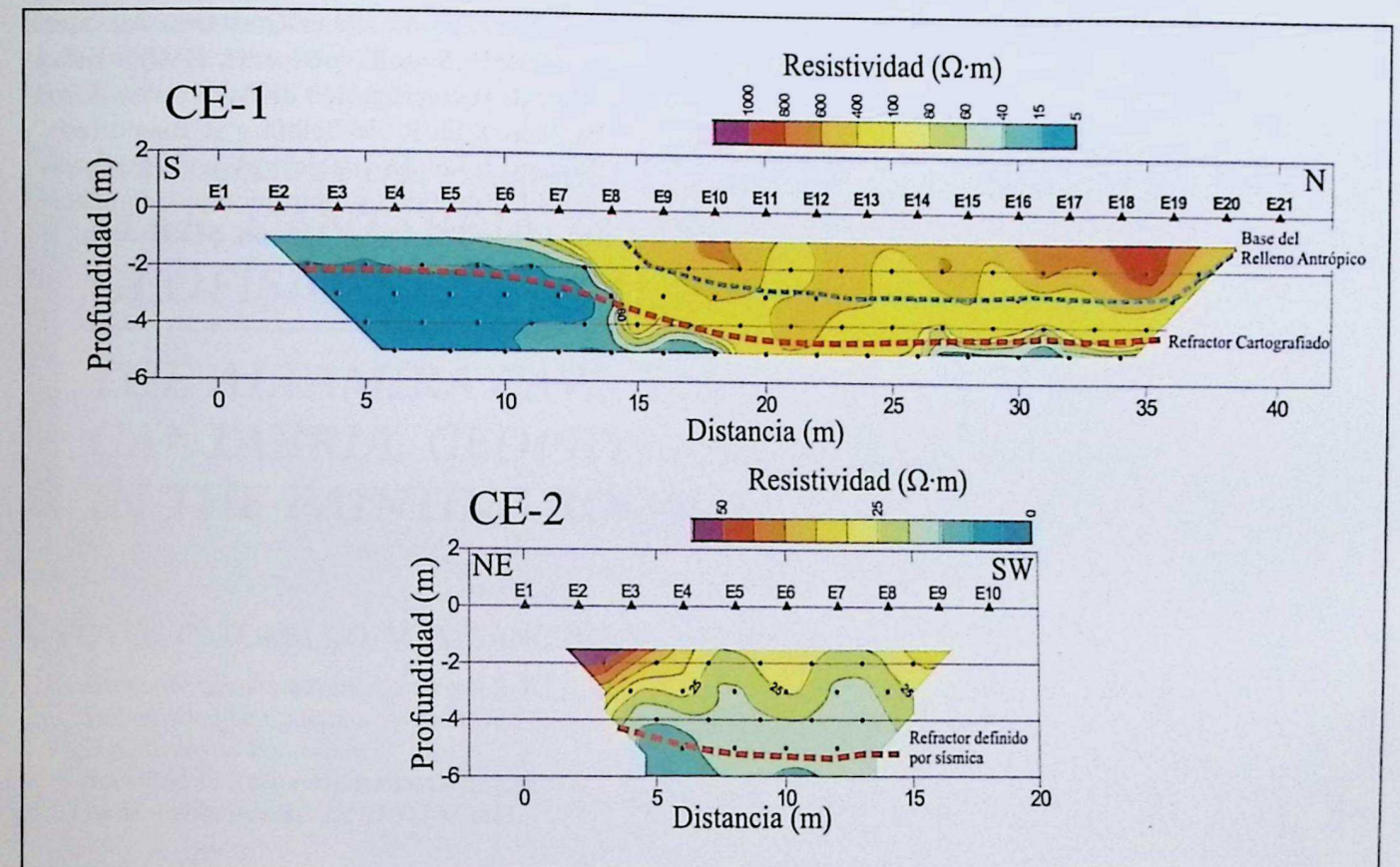


Figura 6. Secciones de pseudoresistividad CE-1 y CE-2 obtenidas con un dispositivo dipolo-dipolo (localizadas en la figura 3). En ambas secciones se muestra la posición del refractor cartografiado en la figura 5

Figure 6. Pseudosections of apparent resistivity CE-1 and CE-2 obtained with a dipole-dipole spread. Mapped refractor of figure 5 is shown in both section.

4. CONCLUSIONES

La aplicación del método de resistividades mediante la realización de tres SEVs, ha permitido controlar la geometría de un relleno arcilloso cuaternario dispuesto sobre un paleorrelieve cárstico desarrollado sobre dolomías tableadas jurásicas en el yacimiento arqueológico de Ambrona (Soria).

La aplicación combinada del método de resistividades mediante Calicatas Eléctricas (CE) y sísmica de refracción, ha permitido cartografiar de un modo preciso la unidad con interés arqueológico susceptible de contener fauna y/o industria lítica en el yacimiento arqueológico de Torralba (Soria). En este caso el levantamiento se ha calibrado con una columna estratigráfica de detalle levantada en una cata en medio del yacimiento. El método sísmico de refracción con interpretación punto a punto (Palmer 1980) ha permitido obtener la profundidad del refractor situado a la base de los sedimentos cuaternarios, y realizar un mapa de isopacas de la unidad con interés arqueológico. La realización de calicatas eléctricas dipolo-dipolo, ha permitido detectar y definir

la localización de rellenos antrópicos compuestos por bloques de cemento y hormigón, así como ladrillos y bloques de mampostería caóticos, todos ellos con alta resistividad relativa frente a los sedimentos naturales.

La aplicación de la prospección geofísica ha permitido cartografiar la base y el espesor de la unidad cuaternaria con interés arqueológico, así como la detección de rellenos antrópicos contaminantes. Esta información, además de las características estratigráficas son la base fundamental para una planificación optimizada y racional de las próximas campañas de excavación arqueológicas.

BIBLIOGRAFÍA

Howell, F. C.; Butzer K.W.; Freeman L. G. y Klein R.G. (1995). Observations on the Acheulean occupation site of Ambrona (Soria Province, Spain), with particular reference to recent investigation (1980-1983) and the lower occupation. *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseum Mainz*, 38, 33-82.

Palmer, D. (1980). The Generalised Reciprocal Method of Seismic Refraction Interpretation. Tulsa. *Society of Exploration Geophysicists*.

Pérez-González, A.; Santonja, M.; Gallardo, J.; Aleixandre, T.; Sesé, C. Soto, E; Mora, R. y Villa, P. (1997). Los Yacimientos Pleistocenos de Ambrona y Torralba y sus relaciones con el polje de Conquezuela. *Geogaceta* 21, 175-178.

Santonja, M.; Pérez-González, A.; Mora, R.; Villa, P.; Soto, E. y Sesé, C. (1997). Estado actual de la investigación en Ambrona y Torralba, (Soria). En R. de Balbín y P. Bueno (eds.), *Actas del II Congreso de Arqueología Peninsular*. Tomo I. Paleolítico y Epipaleolítico. Fundación Rei Afonso Henriques. Zamora. 51-65.