

UNIVERSIDAD DE MURCIA  
ÁREA DE HISTORIA ANTIGUA

# ANTIGÜEDAD Y CRISTIANISMO

MONOGRAFÍAS HISTÓRICAS SOBRE LA ANTIGÜEDAD TARDÍA

Serie dirigida por el Dr. D. Rafael González Fernández

XXXV-XXXVI



## NUEVAS CONTRIBUCIONES A LA HISTORIA DE BEGASTRI

JOSÉ ANTONIO MOLINA GÓMEZ, FRANCISCO PEÑALVER AROCA,  
JOSÉ ANTONIO ZAPATA PARRA, JOSÉ JAVIER MARTÍNEZ GARCÍA,  
MARÍA ISABEL MUÑOZ SANDOVAL Y ALEKSANDRA CHOLUJ  
(Eds.)

2018-2019 (Ed. 2019)

UNIVERSIDAD DE MURCIA  
ÁREA DE HISTORIA ANTIGUA

ANTIGÜEDAD Y CRISTIANISMO  
MONOGRAFÍAS HISTÓRICAS SOBRE LA ANTIGÜEDAD TARDÍA

XXXV-XXXVI

*NUEVAS CONTRIBUCIONES A LA  
HISTORIA DE BEGASTRI.*

*LOS ESTUDIOS MÁS RECIENTES A TRAVÉS DE UNA  
DÉCADA DE TRABAJOS Y DESCUBRIMIENTOS*

JOSÉ ANTONIO MOLINA GÓMEZ, FRANCISCO PEÑALVER AROCA,  
JOSÉ ANTONIO ZAPATA PARRA, JOSÉ JAVIER MARTÍNEZ GARCÍA,  
MARÍA ISABEL MUÑOZ SANDOVAL Y ALEKSANDRA CHOLUJ  
(EDS.)

2018-2019 (ED. 2019)

## REVISTA ANTIGÜEDAD Y CRISTIANISMO

Nº 35-36

AÑO 2018-2019

La revista *Antigüedad y Cristianismo* es una revista científica, internacionalmente respetada, especializada en la Antigüedad Tardía y publicada anualmente por la Universidad de Murcia. Fundada en 1984 por el catedrático Antonino González Blanco, a lo largo de sus años de existencia ha evitado los trabajos de síntesis o meramente descriptivos y ha acogido una amplia diversidad de monografías, artículos, noticias y contribuciones siempre originales en todos los campos de la Tardoantigüedad (cultura material, fuentes literarias, mentalidad, historiografía, repertorio de novedades y crítica de libros). Esta dimensión de amplio espectro no implica, llegado el caso, una desatención de las investigaciones en zonas geográficas concretas abordando aspectos históricos en su manifestación regional, con la misma exigencia de hacer aportaciones en temas originales y no reelaboraciones o síntesis. Esta revista está abierta a todos los planteamientos y orientaciones metodológicas que superen el estricto examen del consejo de redacción, pero a la vez se puede plantear un tema central de discusión o incluso monografías que sirva de marco conceptual y temático a los originales. El rasgo distintivo de la línea editorial de esta revista es su búsqueda de aportaciones originales, claras, de carácter inédito, que vayan a hacer una aportación nueva, profesional y metodológicamente solvente, que sea significativa en el ámbito de los estudios de la Tardoantigüedad. La veracidad y honestidad son las señas de identidad más apreciadas para la revista *Antigüedad y Cristianismo*.

Departamento de Prehistoria, Arqueología, Historia Antigua, Historia Medieval y CC.TT.HH.  
Área de Historia Antigua  
Universidad de Murcia

DIRECTOR: Rafael González Fernández (Universidad de Murcia)  
SECRETARIO: José Antonio Molina Gómez (Universidad de Murcia)

CONSEJO DE REDACCIÓN: María Victoria Escribano Paño (Universidad de Zaragoza), Santiago Fernández Ardanaz (Universidad Miguel Hernández, Elche), Antonino González Blanco (Universidad de Murcia), Sonia Gutiérrez Lloret (Universidad de Alicante), Jorge López Quiroga (Universidad Autónoma de Madrid), Gonzalo Matilla Séiquer (Universidad de Murcia), Helena Jiménez Vialas (Universidad de Murcia), José Javier Martínez García (Universidad de Murcia), Artemio M. Martínez Tejera (Institut de Recerca Històrica, Universitat de Girona), Margarita Vallejo Girvés (Universidad de Alcalá), Isabel Velázquez Soriano (Universidad Complutense), Gisela Ripoll López (Universidad de Barcelona).

COMITE CIENTÍFICO: Juan Manuel Abascal Palazón (Universidad de Alicante), Alejandro Andrés Bancalari Molina, (Universidad de Concepción, Chile), Pedro Barceló (Universität Potsdam), Francisco Javier Fernández Nieto (Universidad de Valencia), Juan José Ferrer Maestro (Universidad Jaime I), Pietro Militello (Universidad de Catania), José Carlos Miralles Maldonado (Universidad de Murcia), Iwona Mtrzwesky-Pianetti (Universidad de Varsovia), Juan Carlos Olivares Pedreño (Universidad de Alicante), Isabel Rodá de Llanza (Instituto Catalán de Arqueología Clásica), Klaus Rosen (Universität Bonn), Sabine Schrek (Universität Bonn), Juan Pablo Vita Barra (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Zaragoza).

La correspondencia de carácter científico habrá de dirigirse al Secretario de la revista (Facultad de Letras, Campus de la Merced, 30001, Murcia).  
Los pedidos e intercambios, al Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia  
Edificio Pléiades, Campus Universitario de Espinardo, 30071, Murcia.  
Correo electrónico de la revista: [ayc@um.es](mailto:ayc@um.es)

URL: <https://revistas.um.es/ayc/>

Portada: *Tremis* de Recaredo. Foto: Miguel Martínez Sánchez.  
I.S.S.N.: 0214-7165

Maquetación: Lucía García Carreras y José Javier Martínez García

## ÍNDICE:

Prólogo	7
JOSÉ ANTONIO MOLINA GÓMEZ	
PRESENTACIÓN	
Hacia una historia de la investigación y de los principales interrogantes del yacimiento arqueológico de Begastri (Cehegín, Murcia)	13
JOSÉ ANTONIO MOLINA GÓMEZ Y JOSÉ ÁNGEL CASTILLO LOZANO	
MARCO GEOGRÁFICO	
Análisis espacial y diacrónico del paisaje histórico del yacimiento arqueológico de Begastri mediante SIG	31
MIGUEL MARTÍNEZ SÁNCHEZ Y JOSÉ JAVIER MARTÍNEZ GARCÍA	
URBANISMO	
La ciudad romano-visigoda de Begastri (Cehegín, Murcia): estado de la investigación tras una década de excavaciones arqueológicas (2006-2016)	63
JOSÉ ANTONIO MOLINA GÓMEZ, JOSÉ ANTONIO ZAPATA PARRA, M <sup>a</sup> ISABEL MUÑOZ SANDOVAL, JOSÉ JAVIER MARTÍNEZ GARCÍA Y FRANCISCO PEÑALVER AROCA	
Las murallas de Begastri. Análisis histórico y arqueológico	115
JOSÉ ANTONIO ZAPATA PARRA	
MATERIALES	
Poblamiento y cultura material de época ibérica en Begastri (Cehegín, Murcia)	149
MARÍA ISABEL MUÑOZ SANDOVAL Y JOSÉ ANTONIO ZAPATA PARRA	
Materiales arqueológicos de época romana en Begastri (Cehegín, Murcia)	189
MARÍA ISABEL MUÑOZ SANDOVAL Y JOSÉ ANTONIO ZAPATA PARRA	
Los sarcófagos de Begastri. Catálogo actualizado	235
ANTONIO FLORES GARCÍA	
Los objetos de vidrio. Un estudio preliminar	249
ALEKSANDRA CHOŁUJ	
El manuscrito del padre franciscano Mateo Botija sobre un obispo de Begastri	261
RAFAEL GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, JOSÉ ANTONIO ZAPATA PARRA, FRANCISCO MANUEL PEÑALVER AROCA	
La colección numismática de Begastri: actualización tras la campaña de 2016	275
FULGENCIO SÁNCHEZ SOTO	

## ESTUDIOS ANALÍTICOS

Las consolidaciones en Begastri 315  
JUAN ANTONIO DURÁN BLÁZQUEZ, FRANCISCO MANUEL PEÑALVER AROCA,  
SANTOS P. GUILLAMÓN MARCOS Y CARLOS ALBERTO DURÁN BLÁZQUEZ

Estudio del subsuelo mediante tomografía eléctrica de alta resolución 2d y 3d en  
dos zonas de la ciudad íbero romana visigoda Begastri 331  
ANTONIO ESPÍN DE GEA, ANTONIO GIL ABELLÁN, MÓNICA REYES URQUIZA,  
LUCÍA ARÉVALO LOMAS Y FRANCISCO PEÑALVER AROCA

Resultados de los análisis químicos del suelo de Begastri 347  
EWELINA A. MIŚTA Y PAWEŁ KALBARCZYK

## NOTICIARIO ARQUEOLÓGICO

La difusión de Begastri: la exposición “ Begastri. Un antes y un después” 371  
RAQUEL BAEZA ALBALADEJO

## NOTICIARIO CIENTÍFICO

*Vrbs, praetorium, svbvrbia*. Centros de poder en la *civitas regia toledana* y su  
territorio en época visigoda 391  
RAFAEL BARROSO CABRERA, JESÚS CARROBLES SANTOS Y JORGE MORÍN DE PABLOS

## LOS FORJADORES DE LA HISTORIA

Los forjadores de la Antigüedad Tardía: Santo Mazzarino (1916-1987) 447  
JOSÉ ÁNGEL CASTILLO LOZANO

## RECENSIONES

Barroso Cabrera, R.; Morín de Pablos, J. e I. M<sup>a</sup> Sánchez Ramos (2018):  
*Thevdemirvs dux*. El último goda. El ducado de Aurariola y el final del reino  
visigoda de Toledo. 457  
JOSÉ ÁNGEL CASTILLO LOZANO

## **ESTUDIO DEL SUBSUELO MEDIANTE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE ALTA RESOLUCIÓN 2D Y 3D EN DOS ZONAS DE LA CIUDAD ÍBERO ROMANA VISIGODA BEGASTRI, T.M. DE CEHEGÍN (MURCIA)**

Antonio Espín de Gea<sup>1</sup>

Antonio Gil Abellán<sup>2</sup>

Mónica Reyes Urquiza<sup>3</sup>

Lucía Arévalo Lomas<sup>4</sup>

*Unidad Tecnológica Geológico-Minera del Centro Tecnológico del Mármol*

Francisco Peñalver Aroca<sup>5</sup>

*Director del Museo Arqueológico de Cehegín*

### **RESUMEN**

El proyecto de investigación mediante tomografía eléctrica en la Ciudad de Begastri pretende demostrar las grandes posibilidades que ofrece esta técnica geofísica para la detección en el subsuelo de las construcciones realizadas en el tramo de materiales cuaternarios que existen en la parte superior del cerro. Se han utilizado varias configuraciones que han permitido variedad en la profundidad y resolución de los resultados y podemos detectar estructuras enterradas con su geometría y estado, detectándose una discontinuidad importante de estas estructuras a 0,75 metros que supone un salto cualitativo interesante en la utilización de la tomografía eléctrica.

Palabras clave: Begastri, tomografía eléctrica, resistividad, subsuelo, ofitas.

### **ABSTRACT**

The aim of the electrical tomography research project in the city of Begastri was to demonstrate the great possibilities offered by this geophysical technique for the detection in the subsoil of the constructions carried out in the section of quaternary materials existing in the upper part of the hill. Several configurations have been used resulting in a wide range of depths and resolutions in the results, allowing us to detect buried structures with their geometry and state, detecting a significant discontinuity of these structures at 0.75 meters which represents an interesting qualitative leap in the use of the electrical tomography.

Keywords: Begastri, electrical tomography, resistivity, subsoil, ophite.

---

1 antonio.espin@ctmarmol.es

2 antonio.gil@ctmarmol.es

3 monica.reyes@ctmarmol.es

4 lucia.arevalo@ctmarmol.es

5 museocehegin@hotmail.com

## 1. INTRODUCCIÓN

La empresa Construcciones THEOGIN S.L. solicitó los servicios de la Unidad Tecnológica Geológico-Minera del Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales para realizar un estudio con métodos geofísicos del subsuelo en el yacimiento arqueológico de la Ciudad de Begastri, sita en el término municipal de Cehegín. En los últimos años, la exploración arqueológica se apoya cada vez más en las técnicas de prospección geofísica para ayudar a un mejor conocimiento del subsuelo del yacimiento y así planificar las distintas actuaciones a realizar en el futuro. En el citado yacimiento, no se había utilizado la geofísica hasta el momento, por lo que en este estudio se han realizado distintas medidas con el método de Tomografía Eléctrica de Alta Resolución, (ERT, por sus siglas en inglés) modificando varios parámetros importantes a la hora de realizar la toma de datos y la interpretación, con el fin de encontrar la configuración y secuencia de trabajo óptimas.

Esta técnica supone la obtención de información del subsuelo para grandes superficies, con un menor coste económico y de tiempo, que si se abordara una excavación arqueológica convencional. Este hecho permite que, las excavaciones arqueológicas se focalicen en zonas de interés detectadas mediante estas técnicas, optimizando los recursos disponibles.

Este estudio trata de confirmar la eficacia de la ERT, como base de la prospección en este yacimiento arqueológico de la Ciudad de Begastri, y, por tanto, su utilidad en futuras campañas de investigación.

## 2. ENCUADRE ARQUEOLÓGICO

La importancia de las ruinas de Begastri es conocida desde antiguo. Ya a mediados del siglo XVII Martín de Abel y Bernard hablaba de los restos constructivos de cierta entidad en el Cabezo Roenas. La epigrafía de la ciudad, hoy día mejor conocida, ya despertó la atención del mencionado Martín de Ambel, y en el siglo XVIII Fray Pablo Manuel Ortega recogió noticias sobre inscripciones begastrenses en su “Chorografía”. Pero no fue hasta 1878 con Aureliano Fernández Guerra de la Real Academia de la Historia, quien se atrevió a localizar la Ciudad de Begastri en las inmediaciones de Cehegín basándose para ello en la documentación epigráfica (y concretamente en el célebre altar hallado en el mismo cabezo y que alude a la Res publica Begastrensi), los trabajos arqueológicos sistemáticos no empezaron hasta la década de los ochenta del siglo XX, dirigidos por el profesor Antonino González Blanco (catedrático de Historia Antigua de la Universidad de Murcia), quien procedió por vez primera a la excavación y restauración del yacimiento y que fue su primer director durante más de treinta años. Los frutos de aquellos años de arduo trabajo se plasmaron en sucesivos artículos y monografías de la revista *Antigüedad y Cristianismo* (de la Universidad de Murcia) y de la revista de historia local *Alquibir* (fundada en Cehegín). Consecuencia del ímprobo trabajo del profesor González Blanco fue que Cehegín apareciera en el mapa de la historia española de la tardoantigüedad.

Tras la jubilación de este, un nuevo equipo compuesto por José Antonio Molina Gómez, profesor de Historia Antigua de la Universidad de Murcia, Francisco Peñalver Aroca, Director del Museo Arqueológico de Cehegín y José Antonio Zapata Parra, Arqueólogo Municipal de Mula, tomaron el relevo en la dirección de la excavación, y vieron la necesidad de realizar una serie de estudios geofísicos como el que a continuación se detalla que esclarecen considerablemente los conocimientos previos a la excavación arqueológica sistemática.

### 3. OBJETIVOS Y CONCEPTO

El cerro donde se ubica la Ciudad de Begastri, desde el punto de vista geológico, es una elevación montañosa de un afloramiento de rocas subvolcánicas llamadas ofitas (diabasas), de color verdoso, más claro, cuanto más alterada la roca, recubierto en su parte superior por materiales cuaternarios con gran riqueza arqueológica. Estas rocas son holocristalinas y su composición es básica, con textura ofítica de cristales de piroxenos que engloban a cristales tabulares de plagioclasa y pueden contener cantidades menores de feldespato potásico y olivino.

Son rocas de color verde oscuro, al corte fresco, con superficies alteradas que presentan tonalidades rojizas por los óxidos de hierro, liberados al descomponerse los minerales ferromagnesianos (piroxenos o anfíboles). Existen bandas blanquecinas que cortan a estos materiales y que son de origen hidrotermal. Este hidrotermalismo es alpino, y en sus fracturas han cristalizado numerosos minerales, como: Prehnita, Titanita, Anfíboles, Clorita, Epidota, grandes granates tipo Andradita de color negro, Cuarzo, Calcita, etc. Las ofitas tienen un aspecto, cuando ésta está poco alterada, que recuerda a la piel de algunos reptiles por lo que se las bautizó con este nombre (ofitas de ofidio).

Su origen está relacionado con la fracturación y separación de Pangea durante el Triásico, que facilitó el ascenso de magmas básicos procedentes del manto. Al ser rocas tan antiguas, se conserva fundamentalmente el relleno de los conductos de ascenso del magma.

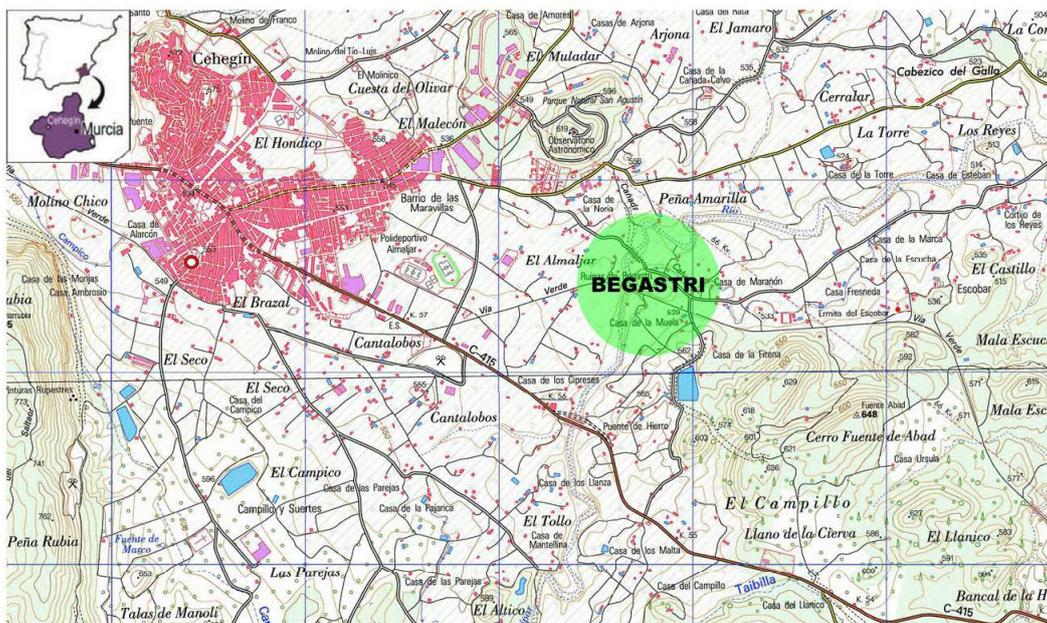


Figura 1. Situación geográfica de la Ciudad de Begastri.

De lo anterior se deduce que estas rocas cuando se encuentran sin alterar tienen una resistividad muy alta, pero frecuentemente se hallan alteradas formando arenas y zonas donde la roca es fácilmente deleznable, con cambio de color asociado. Ni que decir tiene, que este proceso influye de manera importante a la hora de afrontar un estudio mediante medidas de resistividad en el cerro donde se asienta la Ciudad de Begastri.

Se han planteado los siguientes objetivos para realizar la investigación:

- Estudio de la estructura en profundidad en el centro del yacimiento.
- Estudio de la posible existencia de galerías en esa zona.

- Trayectoria de una posible gran fractura en el centro y su relación con dos huecos de grandes proporciones excavados anteriormente.
- Estudio de los materiales someros de relleno, donde se encuentran los restos arqueológicos de Begastri.
- Detección y geometría de las posibles estructuras arqueológicas en el subsuelo estudiado.

#### **4. FUNDAMENTOS DEL MÉTODO UTILIZADO**

La tomografía eléctrica es una técnica geofísica que tiene por objetivo específico determinar la distribución real de la resistividad eléctrica del subsuelo en un cierto rango de profundidades a lo largo de un perfil de medida, a partir de los valores de resistividad aparente en los nodos de una malla 2D obtenidos a través de medidas realizadas por métodos convencionales de corriente continua. En este trabajo, proporciona los cambios de resistividad presentes, por un lado, entre los materiales finos cuaternarios y los materiales de origen antrópico pertenecientes a los restos dejados tras los sucesivos asentamientos de los diferentes pueblos que han ido ocupando este cerro a lo largo de los siglos, como son los muros de mampostería, huecos excavados en el suelo para almacenamiento de alimentos, etc., y por otro, el tránsito entre los materiales cuaternarios y la roca ofítica inalterada de muro que conforma el núcleo del cerro donde se asienta la Ciudad de Begastri.

Los sistemas basados en ERT, se utilizan para la detección de zonas estructuralmente débiles, relacionadas con la baja resistencia eléctrica. Estas zonas suelen ser partes del macizo fracturadas en las que se introducen materiales finos, cuyo contenido en agua es mayor, o donde la composición del material cambia completamente.

El método consiste en introducir una corriente eléctrica continua en la superficie a través de dos “electrodos de corriente”. Se mide el voltaje mediante otro par de electrodos denominados “electrodos de potencial”. A partir del valor de la corriente inyectada y del voltaje medido se obtiene la “resistividad aparente” del material en un punto determinado del subsuelo, denominado punto de atribución, que depende de la posición de los electrodos. Cada tipo de material presenta un rango de resistividad “real” más o menos característico.

Las cavidades llenas de aire presentan una resistividad aparente que tiende al infinito mientras que los terrenos saturados son altamente conductores y por tanto presentan baja resistividad. A partir de los valores de resistividad se puede estimar la composición del suelo y se pueden detectar anomalías como una intrusión de agua, una tubería, muros o un objeto enterrado.

Un factor clave de esta técnica es el número y distribución de las medidas de campo, ya que de él depende tanto su resolución como la profundidad de investigación. Como regla general, un estudio mediante ERT requiere la obtención de un número muy elevado de datos, con un pequeño espaciado entre medidas para conseguir la necesaria resolución lateral y también que las medidas se realicen involucrando de forma progresiva varios rangos de profundidad. La profundidad máxima de investigación es aproximadamente 1/5 de la longitud del perfil, y la resolución viene determinada por la separación entre electrodos. También la realización de una malla, donde se colocan los electrodos con un espaciado determinado y apropiado para un buen equilibrio entre la resolución y la profundidad de investigación deseada, nos ha proporcionado datos interesantes y reveladores en este trabajo.

El Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM) cuenta con un equipo capaz de gestionar 72 electrodos en línea y 144 electrodos para realizar una malla 3D, esto nos permite una gran versatilidad a la hora de afrontar este tipo de estudios. Se puede usar para cubrir pequeñas y grandes áreas, obteniendo en cada caso la resolución deseada.

## 5. METODOLOGÍA DE TRABAJO EMPLEADA

La ERT es un método geoelectrónico no destructivo que analiza los materiales del subsuelo en función de su comportamiento eléctrico mediante la resistividad. Para este estudio se han realizado varios ensayos, para todos los perfiles se han utilizado configuraciones Schlumberger recíproco, Dipolo-Dipolo y también, para los perfiles longitudinales de 2 metros de espaciado, la Wenner-Schlumberger con la intención de obtener la mejor solución a nuestra investigación.

Todos los electrodos utilizados en la obtención de las medidas han sido posicionados con GPS centimétrico para una mayor precisión en la toma de datos y en la interpretación de los resultados.

Tras el análisis de la zona de estudio y en función de los objetivos planteados se han diferenciado dos tipos de aplicación de la ERT, uno mediante perfiles longitudinales para el estudio en profundidad, donde se han realizado varios perfiles, con espaciado de electrodos entre 1 y 2 metros, con una profundidad máxima de investigación de 28,5 m, para estudiar la estructura interna del cerro. A la hora de realizar el estudio de las estructuras dentro de la capa antrópica, donde se encuentran los restos arqueológicos, se ha utilizado una distribución en malla 3D con espaciados de 2x1 (Zona 2) y 1x1 (Zona 1), con 144 electrodos y una profundidad máxima de investigación de 4 y 3.4 metros respectivamente.

### 5.1. Perfiles longitudinales

Los perfiles longitudinales han sido colocados en una dirección NO-SE en la cima del cerro con un total de 72 electrodos y 144 metros de longitud para el espaciado de 2 metros y de 72 metros para el espaciado de 1 metro, también con 72 electrodos. El centro para los dos perfiles está ubicado en las coordenadas UTM X = 607815.4150 Y = 4216447.6310 Z = 545.9490 (Fig. 2).



Figura 2. Ubicación de las zonas estudiadas en la Ciudad de Begastri.

Perfil 2 (P2): Se ha realizado con espaciado de 2 metros y una profundidad de investigación de 28.5 metros. En este perfil se han obtenido resistividades de 33.0 Ohm•m hasta los 8.181 Ohm•m. Tras el análisis de los valores de resistividad obtenidos en los perfiles realizados se ha considerado que, desde los 33.0 Ohm•m hasta los 144 Ohm•m son facies de materiales finos como lutitas, mezcla de gravas, arenas y arcillas. A partir de los 299 Ohm•m se consideran las ofitas y también muros de sillería de grandes proporciones que producen aumento de la resistividad. Entre estos últimos valores, encajamos los muros de mampostería con lutitas que se pueden observar en las estructuras que se encuentran en la actualidad al aire libre (144 a Ohm•m).

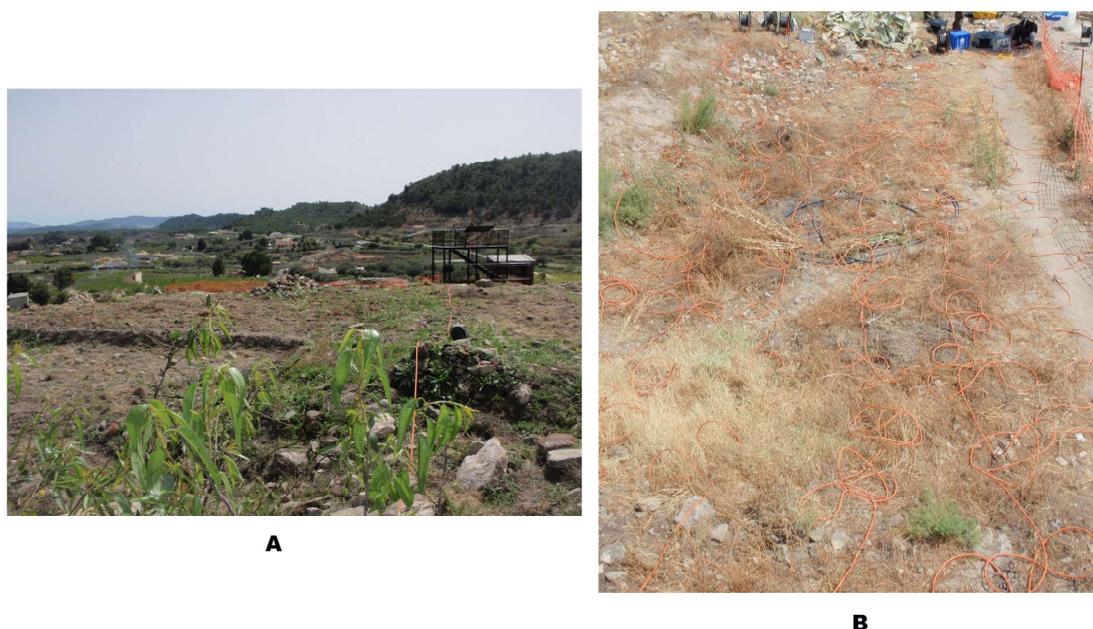


Figura 3. Momento durante la toma de datos mediante ERT de un perfil (A) y de una malla 3D (B) en la parte superior del cerro donde se asienta la Ciudad de Begastri.

Los resultados de las tres configuraciones empleadas han sido muy parecidos y con un error cuadrático medio muy bajo, por lo que la toma de datos ha sido satisfactoria. Se ha podido constatar la presencia de las ofitas muy resistivas en profundidad en la zona que se encuentra hacia el NW del perfil, donde las ofitas muy compactas se encuentran a 5.70 metros de profundidad desde los 64 metros de longitud del perfil hasta el final, 144 metros. Hay que destacar que estas ofitas, como se ha mencionado anteriormente, se encuentran alteradas, por lo que su variación de resistividad es importante desde la superficie, como se puede apreciar en los perfiles realizados.

Se ha detectado a todo lo largo del P2 la existencia del sustrato de ofitas más o menos alterado pudiendo encontrar una profundidad de entre 0.5 a 3.5 metros de material arqueológico, dependiendo de la zona considerada. Existen zonas dentro de este perfil donde se hacen más profundas las ofitas resistivas, pudiendo ser considerado como material de relleno o de mayor alteración de las ofitas el que está en la parte superior. Cabe destacar en este perfil la presencia entre los 32 y 55 metros de longitud, una anomalía en el macizo muy importante, con valores de resistividad muy bajos entre las cotas 541.5 y 530.0. Esta anomalía se relaciona con una posible discontinuidad que discurre de NE a SO por todo el cerro. Esta discontinuidad ha sido excavada más al SO de donde se encuentra en la tomografía, llegando a ser muy profunda con rellenos

considerados de un desagüe de aguas residuales, y hacia el NE se tiene constancia de la presencia de una “sima” cerca de la muralla. Todas estas zonas conforman una línea que cruza el cerro de SO a NE.

En este perfil se puede apreciar la profundidad que alcanzan los materiales con restos arqueológicos y también se aprecian zonas más resistivas que pueden atribuirse a muros o acumulación de piedras procedentes de derrumbes, silos, etc. La resolución de este perfil para el estudio de estas estructuras no es la más idónea pero ya se aprecian zonas de interés.

Perfil 1 (P1): Este perfil se ha realizado con espaciado de 1 metro y con una profundidad de investigación de 13.5 metros, con el objetivo de aumentar la resolución de los resultados en detrimento de la profundidad.

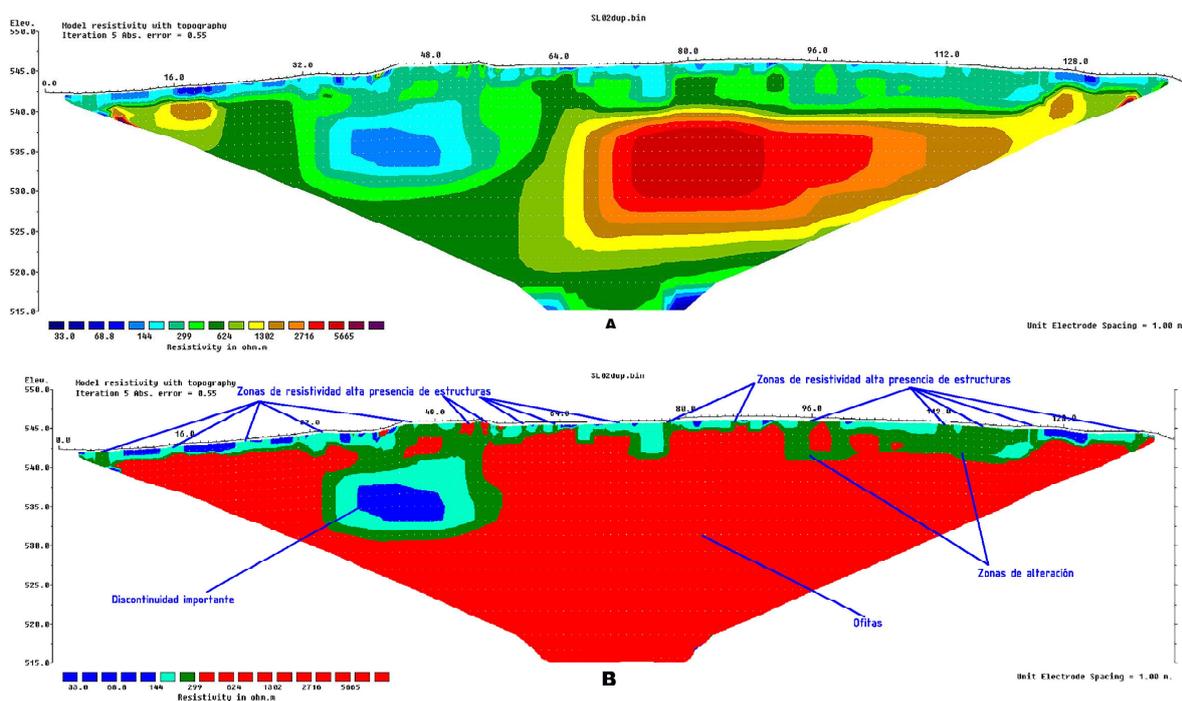


Figura 4. A y B. Perfil 2, configuración Schlumberger recíproco. A) Con datos originales de resistividad. B) Perfil procesado con identificación de rangos de resistividad.

En este perfil se han obtenido resistividades que oscilan entre los 33.0 Ohm•m y los 8.181 Ohm•m. Tras el análisis de los valores de resistividad obtenidos en los perfiles realizados se ha considerado desde los 33.0 Ohm•m hasta los 144 Ohm•m como facies de materiales finos como lutitas, mezcla de gravas, arenas y arcillas. A partir de los 299 Ohm•m se consideran las ofitas y también muros de sillería de grandes proporciones que producen un aumento de la resistividad. Entre estos valores encajamos los muros de mampostería con lutitas que se pueden observar en las estructuras que se encuentran en la actualidad al aire libre (144 a 299 Ohm•m).

Se ha podido constatar la presencia de las ofitas entre los 0.5 y los 2 metros, coincidiendo perfectamente, en las zonas que se solapan los perfiles, con el perfil 2. Con esta distribución de electrodos se aumenta mucho la resolución, por lo que se han podido refinar las estructuras presentes en este perfil, observándose formas atribuibles perfectamente a muros de mampostería.

La discontinuidad anteriormente descrita es detectada en los primeros 20 metros del perfil con las mismas características que en el perfil 2.

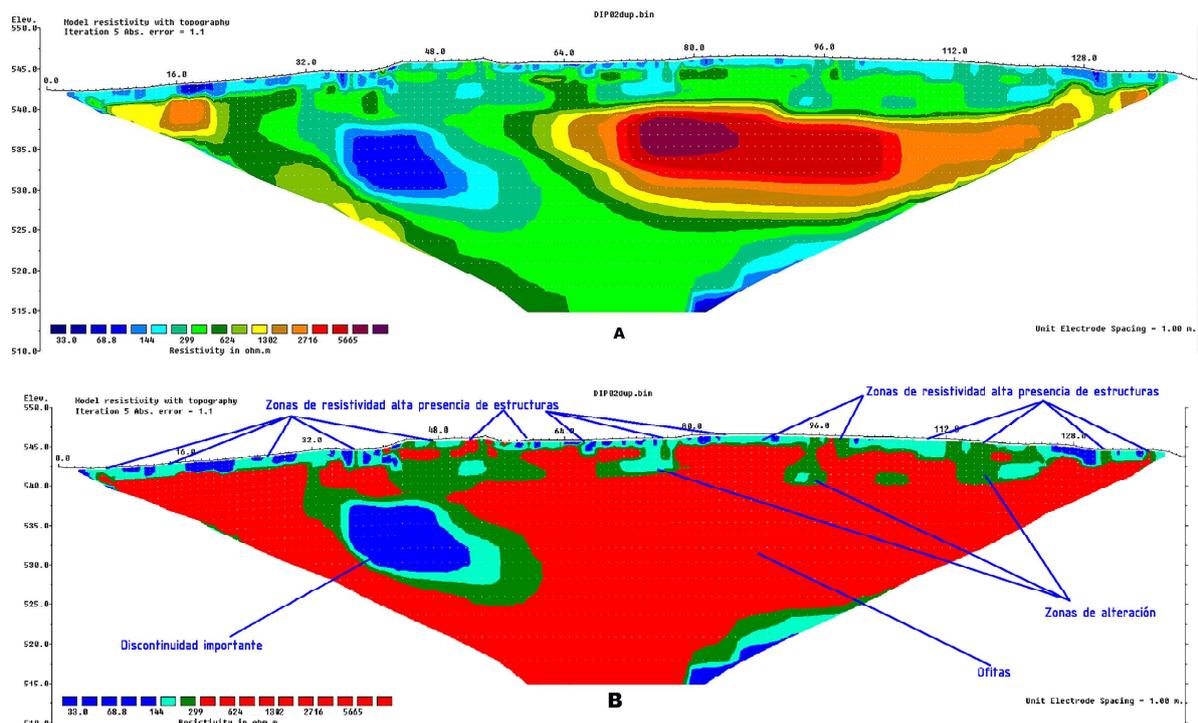


Figura 5. A y B. Perfil 2, configuración dipolo-dipolo. A) Con datos originales de resistividad. B) Perfil procesado con identificación de rangos de resistividad.

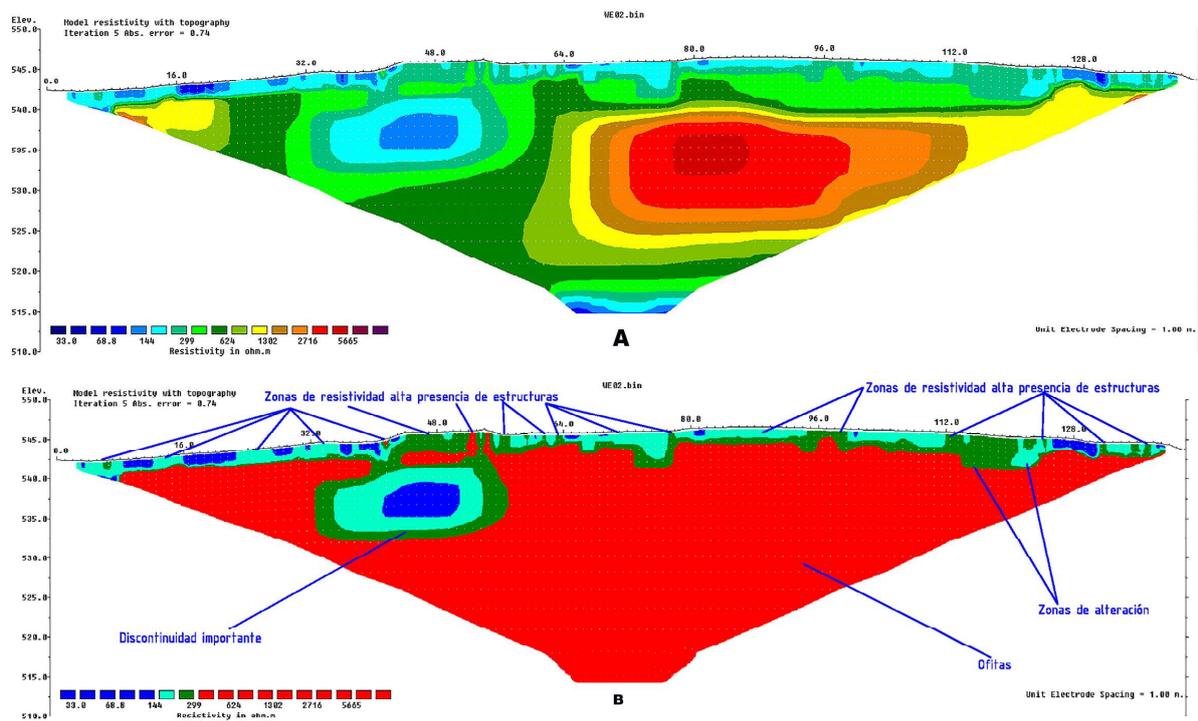


Figura 6. A y B. Perfil 2, configuración Wenner-Schlumberger. A) Con datos originales de resistividad. B) Perfil procesado con identificación de rangos de resistividad.

Se observa perfectamente la presencia de zonas con resistividad atribuible a lutitas y estructuras muy bien delimitadas, importantes, a la hora de planificar futuros proyectos de excavación arqueológica.

## 5.2. Malla 3D

Otra forma de aplicación de la ERT es la aplicación de una malla de electrodos con distintos espaciados en las direcciones X e Y. En este estudio se han realizado dos medidas, en la Zona 1 y en la Zona 2, sitas en la parte superior del cerro. La Z1 se ubica al SE del centro de los perfiles longitudinales, contigua a la zona de actuación arqueológica reciente y la Z2 se localiza más al NO del centro de los perfiles y que a su vez es atravesada por estos (Fig. 2).

Zona 2: Se ha realizado con el espaciado de 2 metros entre electrodos situados en la dirección X y un espaciado de 1 metro para los de la dirección Y. Se ha alcanzado una profundidad de investigación de 4 metros y una superficie total de investigación de 238 metros cuadrados. Se han implantado 144 electrodos conectados todos entre si y se han utilizado las configuraciones Schlumberger recíproco y Dipolo-Dipolo para las medidas.

En este perfil se han obtenido resistividades que van de 76.8 Ohm•m hasta los 906 Ohm•m. Tras el análisis de los valores de resistividad obtenidos en los perfiles realizados se ha considerado que desde los 76.8 Ohm•m hasta los 148 Ohm•m son facies de materiales finos como lutitas, mezcla de gravas, arenas y arcillas; de 148 Ohm•m hasta 174 Ohm•m, son materiales algo más resistivos que los anteriores, que pueden corresponder a gravas, estructuras con presencia importante de lutitas; entre 174 y 337 Ohm•m, se han considerado las estructuras objeto de estudio; entre 337 y 398 se incluyen posibles zonas con alteración de las ofitas y estructuras más resistivas; y finalmente, por encima de 398 Ohm•m se consideran ofitas del sustrato y en menor medida, estructuras muy resistivas.

Una vez analizados los datos se han realizado diferentes secciones cada 0.25 metros en la horizontal, cada metro en la dirección XZ y cada 2 metros en la dirección YZ.

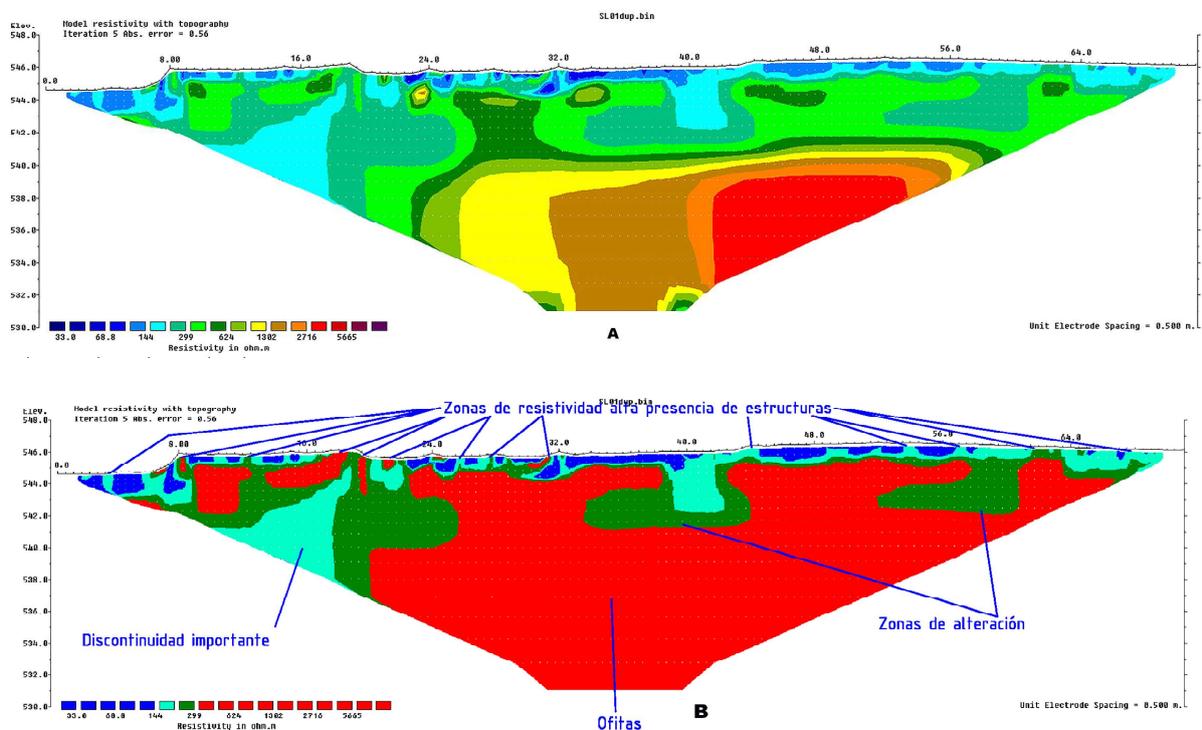


Figura 7. A y B- Perfil 1, configuración dipolo-dipolo. A) Con datos originales de resistividad. B) Perfil procesado con identificación de rangos de resistividad.

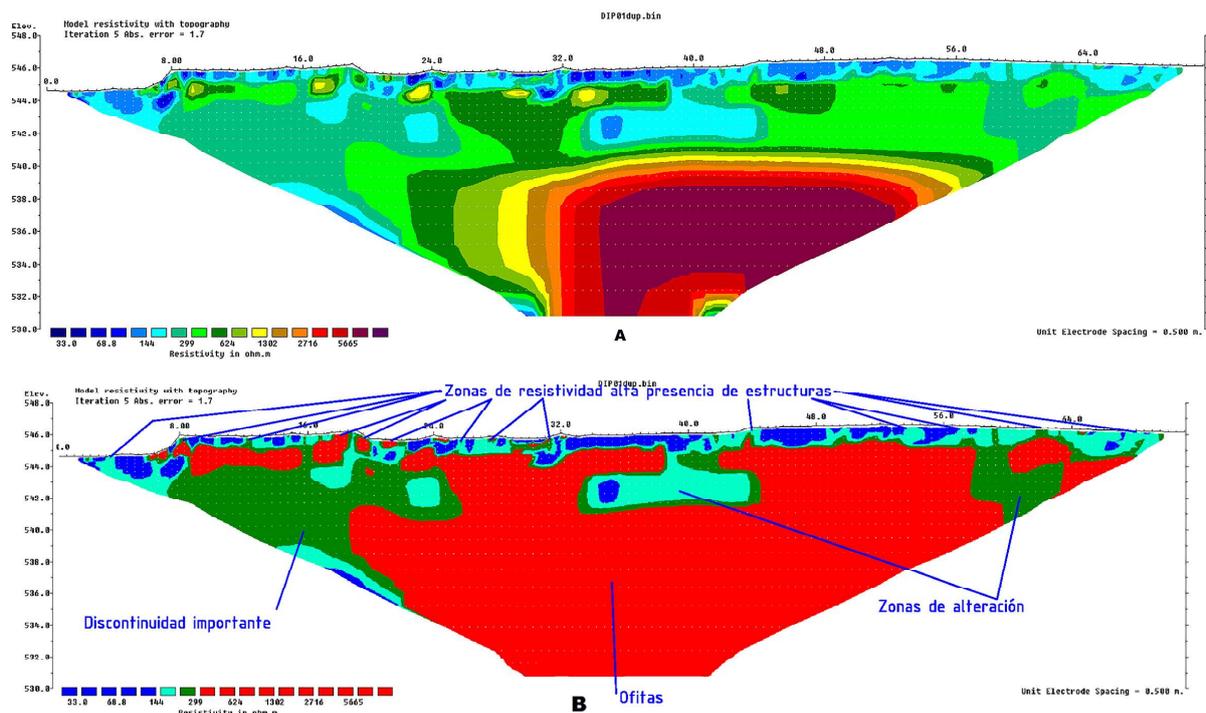


Figura 8. A y B.- Perfil 1, configuración Schlumberger recíproco. A) Con datos originales de resistividad. B) Perfil procesado con identificación de rangos de resistividad.

Analizando los resultados, se pueden observar muchas estructuras en las distintas secciones estudiadas. En el estudio de las secciones horizontales hasta una profundidad de 0.75 metros se observa a todo lo largo del perfil (SE-NO), una estructura resistiva, que puede ser un muro bastante recto como se puede apreciar en la sección XZ entre la distancia 2 y 3 metros y en todas las secciones YZ. Esta estructura es muy superficial, ya que a los 0.75 metros desaparece, apareciendo otra geometría. Hay que destacar la presencia de una estructura redondeada muy resistiva en toda la vertical, situada entre 24 y 26 metros en X y entre 1 y 2 en Y. Hacia los 28 metros de longitud y 6 metros en Y se observa la aparición de un nuevo muro con una geometría casi paralela a la anterior que también desaparece a los 0.75 metros. El cambio en la sección de 1 metro de profundidad es muy importante porque aparece otra geometría de las estructuras muy diferente a la anterior, con aumento de la resistividad y fusionadas con el sustrato de ofitas. La primera estructura es bastante ancha de unos cuatro metros y con distribución perpendicular a X y unos 3 metros de longitud, y la siguiente un poco más ancha con una distribución en diagonal que incluye la estructura redondeada. Esta geometría está confirmada en las secciones verticales.

Como se puede apreciar en todas las secciones estudiadas, el sustrato de ofitas de esta zona no es homogéneo en profundidad.

Zona 1: Se ha realizado con el espaciado de 1 metro entre electrodos situados en la dirección X y un espaciado de 1 metro para los de la dirección Y. Se ha alcanzado una profundidad de investigación de 3.4 metros y una superficie total de 126 metros cuadrados. El proceso seguido ha sido la implantación de ocho líneas de 18 electrodos conectados todos entre si y se han utilizado las configuraciones Schlumberger recíproco y Dipolo-Dipolo.

En este perfil se han obtenido resistividades que van desde los 76.8 Ohm•m hasta los 906 Ohm•m. Tras el análisis de los valores de resistividad obtenidos en los perfiles realizados, se ha considerado desde los 76.8 Ohm•m hasta los 148 Ohm•m como facies de materiales finos como lutitas, mezcla de gravas, arenas y lutitas; hasta 174 Ohm•m se han considerado los materiales algo más resistivos que los anteriores como pueden ser gravas, estructuras con

presencia importante de lutitas; entre 174 y 337 Ohm•m, se han considerado las estructuras objeto de estudio, entre 337 y 398 Ohm•m se incluyen posibles zonas con alteración de las ofitas y estructuras más resistivas y a partir de 398 Ohm•m se consideran ofitas del sustrato y en menor medida, estructuras muy resistivas.

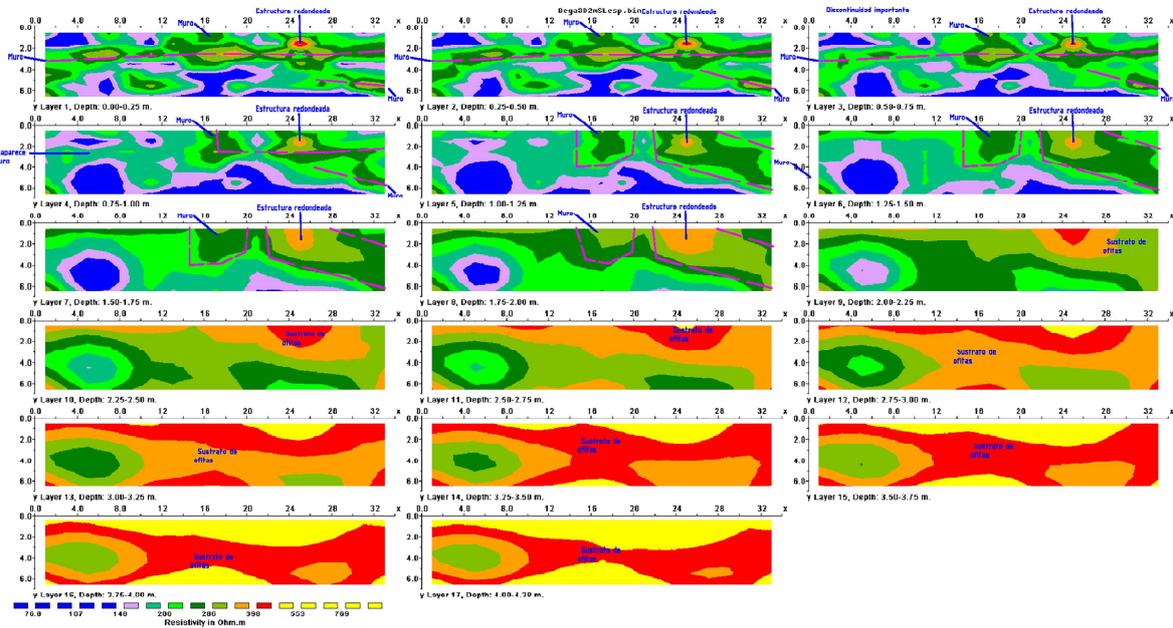


Figura 9. Zona 2 3D secciones horizontales.

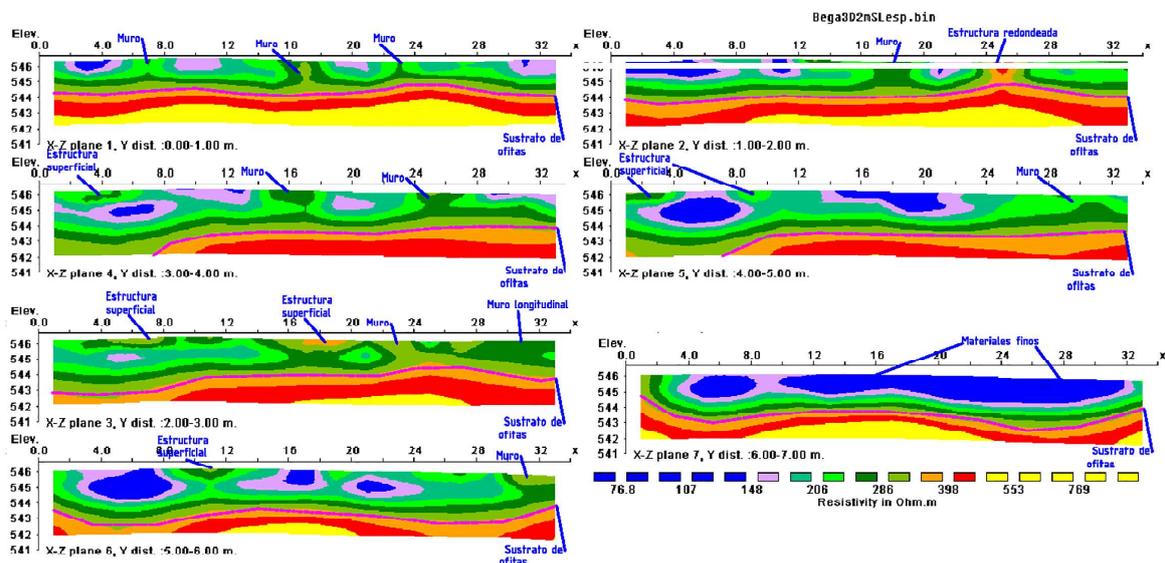


Figura 10. Zona 2 3D secciones verticales X-Z.

Una vez analizados los datos se han realizado diferentes secciones cada 0.25 metros en la horizontal, cada metro en la dirección XZ y cada metro en la dirección YZ.

Analizando los resultados se ha detectado una estructura de muros casi rectangular bien marcada hasta los 0.75 metros, donde cambia a más cuadrada y desaparecen partes de muro en la zona más al SE de la Z1. Se observa conforme aumenta la profundidad la aparición de las estructuras más continuas.

En el eje X a 12 metros y en la línea cero, se observa una zona de alta resistividad correspondiente a un muro que viene de la zona ya excavada, coincidiendo perfectamente su geometría con lo estudiado mediante geofísica.

Por debajo de los 0.75 metros se observa un cambio en la geometría de las estructuras, aunque no desaparecen todas, si trozos de muro y se afianzan otros, como ocurre con el muro que se observa en profundidad entre los metros 5 y 6 del eje Y, llegando hasta el sustrato de ofitas. A partir de los 0.75 metros la estructura que se observa no cambia hasta el sustrato de ofitas.

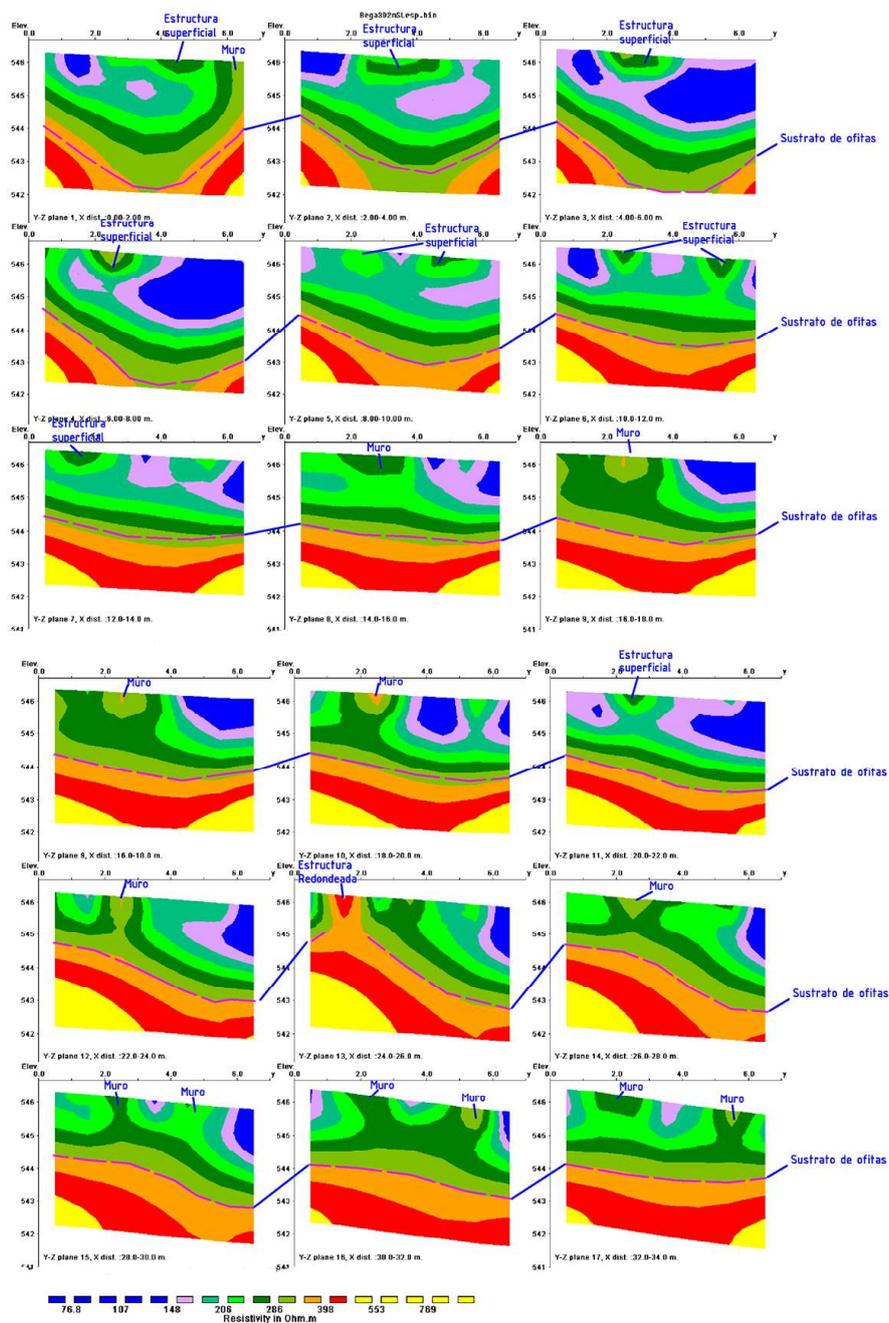


Figura 11. Zona 2 3D secciones verticales Y-Z.

En la zona junto a la excavación se ha producido una anomalía provocada por el talud de la excavación arqueológica realizada, que ha producido un aumento de la resistividad de forma anómala y que se ha identificado en todos los perfiles.

## 6. CONCLUSIONES

En el yacimiento arqueológico de Begastri se ha realizado una campaña de prospección geofísica, mediante ERT. Se han ejecutado perfiles longitudinales y mallas 3D con varios espaciados entre electrodos. En total, dos perfiles longitudinales con 72 electrodos y dos mallas 3D con 144 electrodos, en todos, se han utilizado distintas configuraciones (Schlumberger recíproco, Wenner-Schlumberger (solo longitudinales y Dipolo-Dipolo) y distinto espaciado de electrodos (2 y 1 m), con la intención de buscar la mejor resolución.

En los perfiles longitudinales se ha estudiado la estructura interna del cerro donde se asienta el yacimiento arqueológico de la Ciudad de Begastri para detectar el sustrato de las ofitas e investigar la posible presencia de galerías. Se ha bajado hasta los 28 metros de profundidad, detectándose el paquete masivo de ofitas y una discontinuidad importante que debe de ser investigada con más detalle y susceptible de ser artificial, dada su posible relación con dos huecos cercanos.

Con estos perfiles que se han estudiado con más y menos resolución se ha obtenido como resultado un ajuste muy bueno de la profundidad del sustrato de ofitas y el límite de las excavaciones arqueológicas, por lo que estos datos son una herramienta muy importante a la hora de realizar la planificación de futuras actuaciones en el yacimiento.

En la Zona 2 se ha observado la distribución de las estructuras paralelas al eje X muy bien definidas y de gran longitud hasta los 0.75 metros de profundidad donde desaparecen para pasar a estructuras más cortas y en diagonal, que llegan hasta el sustrato de ofitas. Hay que destacar la existencia de una zona resistiva redondeada que llega desde prácticamente la superficie hasta el sustrato de ofitas, por lo que es una zona de interés para ser excavada. En esta zona para aumentar mucho más la resolución y definir de manera más precisa las estructuras se debe de realizar una malla de 1\*1 metro y aun se puede definir más bajando hasta los 0.5 \*0.5 metros, pero con esta configuración difícilmente se llegará al sustrato de ofitas, por eso en este estudio se han realizado 2\*1 y 1\*1.

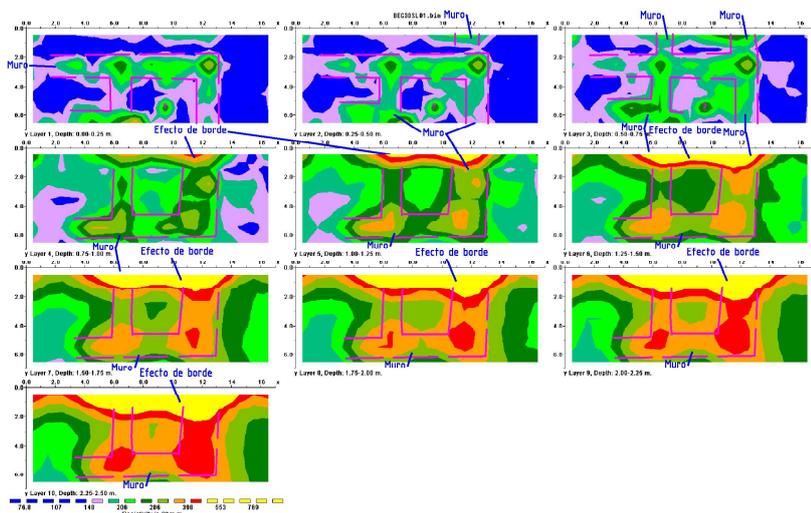


Figura 12. Zona 1 3D secciones horizontales.

Se han definido muchas estructuras en esta malla, sobre todo hasta los 0,75 metros y por debajo de esto se hacen menos abundantes y de mayor resistividad.

Alrededor de la cota 544 se localiza el sustrato de ofitas, pero al no ser homogénea esta superficie, fluctúa en toda la zona como se aprecia en las secciones.

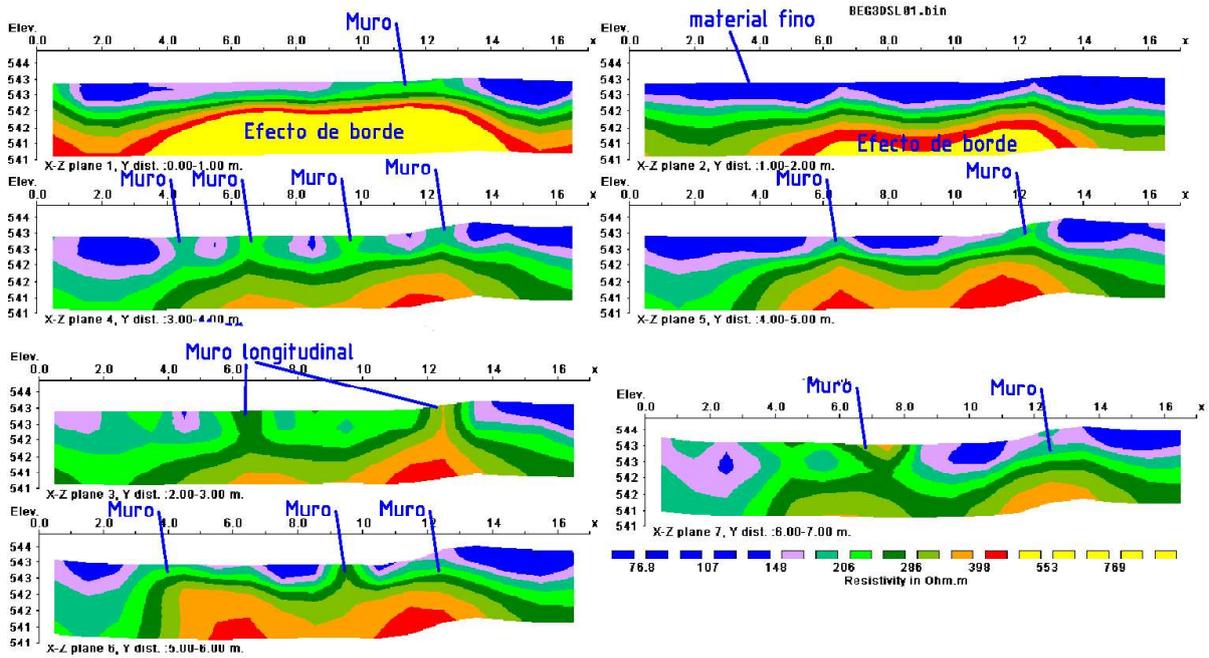


Figura 13. Zona 1 3D secciones verticales X-Z.

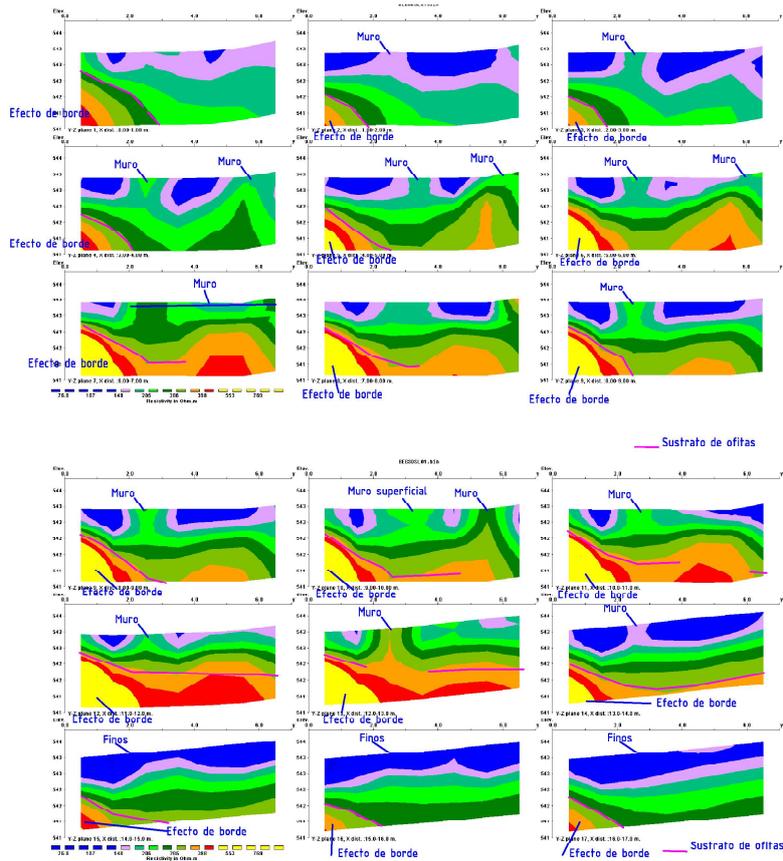


Figura 14. Zona 1 3D secciones verticales Y-Z

En la Zona 1 se han definido perfectamente unas estructuras casi rectangulares donde se observa con claridad la geometría de los muros que la componen y un cambio también hacia

los 0,75 metros donde se hace más cuadrada y desaparecen trozos de muro. La estructura toma forma cuadrada y se prolonga hasta el sustrato de ofitas. Hay que destacar que este perfil se ve afectado por un efecto de borde provocado por la presencia de un talud vertical en la excavación cercana haciéndose muy evidente en profundidad.

En esta zona hay que destacar la ausencia de estructuras hacia el final de la malla junto al mirador existente, donde en toda la profundidad del perfil no se ha detectado material resistivo en más de 2 metros de distancia.

Cabe destacar la existencia de un nivel de cambio sustancial en las estructuras detectadas a los 0,75 metros de profundidad, tanto en la zona 1 como en la zona 2, donde se observan grandes cambios constructivos y de las dimensiones del trazado de las construcciones que debe de ser constatado por la información arqueológica de que se dispone en otras zonas del yacimiento.

Al estar georreferenciadas todas las medidas se han podido ajustar las secciones en planta, mediante coordenadas UTM, por lo que se puede realizar un replanteo en superficie de las estructuras observadas por la ERT con precisiones del centímetro.

En este estudio, ha quedado de manifiesto que la realización de estudios mediante ERT produce resultados de gran trascendencia y utilidad a la hora de abordar excavaciones arqueológicas porque facilitan el trabajo de los arqueólogos favoreciendo la optimización de recursos. Junto a esta técnica se podría utilizar el GPR (Radar de penetración terrestre) para tener así aún más caracterizado el yacimiento y correlacionar los resultados obtenidos.



Figura 15. Vista de las zonas de estudio Z1 y la Z2 con resultados.

## 7. AGRADECIMIENTOS

El Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales -CTM- ([www.ctmarmol.es](http://www.ctmarmol.es)) quiere agradecer su colaboración a D. Francisco Peñalver Aroca (Director del Museo Arqueológico de Cehegín) y a la empresa Construcciones THEOGIN S.L., sin los cuales el desarrollo de estos trabajos no podría haberse llevado a cabo. Esta investigación se encargó a la Unidad Tecnológica Geológico- Minera del CTM por su amplia trayectoria en investigaciones del subsuelo relacionadas con la piedra natural y los materiales. Desde su creación en 1999, se ha realizado una labor de investigación en el ámbito de la geología, geofísica y topografía con la incorporación de tecnologías de vanguardia que aportan un profundo conocimiento del subsuelo. En este ámbito se engloba la realización de este estudio en la Ciudad de Begastri, como contribución a las labores de prospección arqueológica a realizar en las sucesivas campañas en este yacimiento. Se trata, por tanto de una transmisión de tecnologías y conocimientos

hacia el mundo de la arqueología, con el objetivo de demostrar la utilidad en este campo de las investigaciones y experimentaciones realizadas por el CTM en el sector de la roca ornamental a lo largo de los últimos años, con una mejora sustancial en la optimización de tiempo y recursos económicos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- CAMMARANO, F., MAURIELLO, P. Y PIRO, S. High-resolution geophysical prospecting with integrated methods. The Ancient Acropolis of Veio (Rome, Italy). *Archaeological Prospection* 4, 1997, pp. 157–164. Olhoeft, G.R. Electrical properties of rocks. In: Touloukian, Y.S., Judd, W.R., Roy, R.F. (Eds.), *Physical Properties of Rocks and Minerals*. McGraw-Hill, New York, 1981, pp. 257– 330.
- ESPÍN DE GEA, A.(CTM), VILLALBA LÓPEZ, J. (CTM), Gil Abellán, a. (CTM), Gómez Martín. r. y Rubio A. Bretones. Analysis of karsts cave structure for the location of a new entrance using 3D images obtained by ground penetrating radar. *Proceedings of the 2009 5º Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar. IWAGPR, 2009*, pp. 156-161.
- MOLINA GÓMEZ, J. A. Begastri: La interpretación tras la campaña de excavaciones del 2006, *Antigüedad y Cristianismo* 23, 2006, pp. 269-273.
- NEGRI S. , LEUCCI G. Y MAZZONE F., High resolution 3D ERT to help GPR data interpretation for researching archaeological items in a geologically complex subsurface. *Journal of Applied Geophysics* 65, 2008, pp. 111–120.
- PEÑALVER AROCA, F.: «La carta arqueológica de Cehegín» *Antigüedad y Cristianismo* I, (2ª ed.1994), 1984, pp. 21-26.