

# ANUARIO ARQUEOLÓGICO DE ANDALUCÍA

## 2020

BORRADOR / DOCUMENTO PRE-PRINT

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA CON GEORRADAR EN EL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE ARVA (ALCOLEA DEL RÍO, SEVILLA).

UNIDAD DE GEODETECCIÓN DEL PATRIMONIO HISTÓRICO. UCA.

Lázaro Gabriel Lagóstena Barrios, José Antonio Ruiz Gil, Jenny Pérez Marrero, Pedro Trapero Fernández, Manuel Ruiz Barroso, Isabel M<sup>a</sup> Rondán Sevilla, Domingo Martín Mochales, Isabel Granados Chiguer

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente informe reúne los resultados de los trabajos obtenidos mediante prospección geofísica y técnicas GPR en el yacimiento arqueológico de *Arva* (Alcolea del Río, Sevilla), llevados a cabo entre los días 4 y 8 de marzo de 2019. Se ofrece información técnica de los equipos empleados (georradar, hardware y software), los parámetros de configuración usados en las exploraciones, la metodología de campo, la precisa información de georreferencia y caracterización superficial de las áreas exploradas y los resultados de la exploración por parcelas con indicación de las alteraciones geofísicas más significativas.

Con motivo del interés por parte del Excmo. Ayuntamiento de Alcolea del Río, representado por su alcalde D. Carlos López Barrera, por conocer con más detalle las estructuras arqueológicas que pudieran estar soterradas en el yacimiento conocido como Ciudad Romana de *Arva*, se ha solicitado a esta Unidad de Geodetección la realización de unos trabajos de prospección geofísica en dicho yacimiento. Los trabajos han consistido en el examen de la zona de la antigua ciudad y sus suburbios con el georradar Stream X, el procesamiento de la información recogida por los equipos y la consiguiente interpretación de los datos obtenidos.

La prospección encomendada a la *Unidad de Geo-detección y Geo-referenciación del Patrimonio* se ampara en la normativa para la realización de trabajos de carácter científico, técnico o artístico en colaboración con otras entidades o personas físicas al amparo del artículo 83 de la LOU.

El resultado que se presenta es este informe, elaborado en virtud del contrato suscrito entre el Excmo. Ayuntamiento de Alcolea del Río y la Universidad de Cádiz para realizar unos trabajos de exploración con georradar multicanal Stream X en el yacimiento de *Arva*, sobre una superficie aproximada de 3,8 ha para la detección de vestigios arqueológicos. La exploración se ha llevado a cabo en dos zonas del yacimiento, una en la propia ciudad (2,4 ha), y la otra en el área interpretada como suburbio (1,4 ha).

El conjunto de parcelas catastrales con el que se conforma el yacimiento de *Arva* abarca una superficie total de aproximadamente 247 ha, distribuidas a ambos lados de la carretera A-436 que comunica la localidad de Alcolea del Río con Lora del Río. El yacimiento, asociado al sitio arqueológico "Peña de la Sal" con código 01410060021, está declarado BIC con la tipología de monumento en la *Gaceta* del 04 del 06 de 1931.

Éste es un lugar único, entre Alcolea del Río (*Canama*) y Lora del Río (*Axati*), donde subsisten vestigios suficientemente importantes. El origen prerromano de *Arva* es patente por la cerámica ibero-púnica pintada y campaniense de imitación. Pero será en época romana cuando se convierta en municipio Flavio y su suburbio en centro productor de ánforas olearias. A poca distancia del yacimiento se encuentra el yacimiento de *Canama*, origen de la localidad de Alcolea, y comunicado con *Arva* por vía fluvial. *Arva* es la quinta ciudad por debajo de Córdoba, según la lista de Plinio. Su emplazamiento está indicado por importantes ruinas conocidas con el nombre de El Castillejo y situadas sobre una pequeña planicie, cerca del Molino de la Peña de la Sal. El límite oriental está marcado por el río Guadalquivir, ya que el yacimiento se encuentra en un altozano adyacente a su vega.

El tipo de suelo consiste en llanos aluviales asociados a las avenidas del río Guadalquivir, conformados en terrazas a diferentes cotas. En dichas terrazas se alternan olivares con frutales (especialmente naranjos) y su composición física tiende a agrietarse en verano y formar lodos en momentos de grandes lluvias. La topografía del terreno objeto de exploración (como suele corresponder a las vegas y similares terrenos de aluvión) es bastante plana, no ofreciendo más obstáculos que la conformación por calles de los diferentes olivares. El yacimiento, a efectos de comprensión urbanística y de la exploración, se puede dividir en dos partes:

- La ciudad propiamente dicha, situada en una meseta elevada al norte de la carretera y con una superficie aproximada de 6 ha.
- El suburbio asociado a instalaciones de carácter artesanal, situado a orillas del río y con una superficie aproximada de 4 ha.

## 2. METODOLOGÍA.

El georradar o GPR es una técnica geofísica activa empleada en prospecciones no destructivas que se fundamenta en la emisión y detección de ondas electromagnéticas que se propagan en el subsuelo. El pulso de energía electromagnética emitido desde la antena se transmite por el subsuelo interactuando con materiales que tienen diferentes propiedades electromagnéticas, como conductividad, constante dieléctrica, o permeabilidad magnética. Los pulsos electromagnéticos se emiten a una determinada frecuencia central que determina la profundidad máxima de exploración y la resolución de los resultados. Otro aspecto a tener en cuenta es el tipo de suelo y sus condiciones en un determinado momento, ya que influyen en la velocidad de propagación de la onda electromagnética y en la atenuación de la energía en una determinada exploración. Estos factores pueden interferir en los resultados, por lo que es necesario un adecuado posproceso de los datos brutos.

El equipo georradar empleado en el presente trabajo es multicanal de 15 antenas (16 canales) de frecuencia central de 200 y 600 MHz. Las antenas contienen los emisores y receptores de las ondas electromagnéticas y están conectados a la unidad de control central (*DAD*) donde se almacenan los datos. Los datos brutos registrados de la exploración son procesados posteriormente con el objeto de mejorar las imágenes de los

radargramas, generar las tomografías 3D y las plantas (*slices*) con una calidad aceptable para su interpretación y evaluación.

Una parte del proceso de datos crudos consiste en la aplicación de filtros. En procesos más avanzados pueden ser empleados otros filtros o realizar análisis adicionales que permitan mejorar aún más la calidad, como son, entre otros, el análisis de las velocidades de propagación de la onda en función del tipo de suelo, la aplicación de filtros espaciales, el análisis de 'deconvolución' (un tipo de filtro), el análisis tipo migración, y la aplicación de la transformada de Hilbert.

Por último, hay que destacar que el avance que ha experimentado la técnica GPR en las últimas décadas ha permitido el desarrollo de equipos de altas prestaciones que permiten explorar grandes áreas de forma rápida y con una alta densidad de datos. El uso conjunto del GPR con equipos de medición topográfica de precisión centimétrica permite además obtener resultados georreferenciados.

En *Arva*, Las áreas de exploración han sido delimitadas estimándose una superficie de trabajo aproximada de 1,14 ha. El terreno de exploración no ha ofrecido condiciones especialmente adversas, se ha trabajado en terreno rural, no asfaltado y de carácter agrícola, con una casi imperceptible pendiente. Las condiciones climatológicas en el momento de la exploración fueron buenas hasta el último día, con la aparición de una llovizna persistente que agregó humedad al terreno sin consecuencias. La exploración geofísica GPR se ha realizado conforme al siguiente proceso metodológico:

- ✓ Delimitación de las áreas superficiales susceptibles de ser explorada mediante el empleo del Georradar.
- ✓ Creación de proyectos GIS para cada caso de estudio.
- ✓ Documentación fotográfica de las áreas exploradas.
- ✓ Exploración georreferenciada con equipo motorizado Stream X.
- ✓ Posproceso de los datos de exploración mediante el software GRED HD.
- ✓ Generación de tomografías en planta cada -25 cm desde el plano superficial hasta los -2,5 metros de profundidad.
- ✓ Generación de videos tomográficos desde el plano superficial hasta los -2,5 metros de profundidad, con secuencia de paso de 0,010 m.
- ✓ Propuesta de interpretación de las alteraciones geofísicas más relevantes detectadas.

## 2.1. EQUIPO Y SOFTWARE.

El Stream X es un georradar multicanal constituido 15 antenas con frecuencia central de 200 MHz separadas cada 12 cm. Las antenas conforman un equipo de 2 m de ancho que definen el ancho de la banda de exploración. El conjunto cuenta con un sistema de elevación, lo que le permite adaptar la altura de la antena con respecto al terreno según el tipo de terreno prospectado. El conjunto es remolcado por un vehículo y permite

investigar grandes áreas a una velocidad de prospección máxima de 15 kilómetros por hora.

Las antenas se conectan a una unidad central donde se registran todos los datos de la exploración. Desde la unidad central el sistema se conecta al sistema topográfico de precisión centimétrica y al ordenador portátil con el software para la captura de datos. Los trabajos de prospección con el Stream X se han realizado con una profundidad de exploración de 80 ns, con 512 muestreos por barrido (@512 Sample/Scan), velocidad de propagación promedio de 10 cm/ns y con un sistema de posicionamiento GPS + PPS. Los ficheros de posicionamiento son exportados desde el receptor GPS a la unidad de control en formato NMEA tomados cada 0,2 seg (5 Hz).

Como equipo de posicionamiento auxiliar al Stream X se emplea un Sistema Global de Posicionamiento cuyo acrónimo es GNSS, haciendo uso del sistema espacial GPS con un receptor a nivel de usuario de la casa *Leica* modelo *CS14* con controladora de campo de la misma casa comercial modelo *CS15* con correcciones en tiempo real RTK (Real Time Kinematic) realizadas desde la ERGNSS (Red Geodésica Nacional de Estaciones de Referencia GNSS). El rendimiento de medición y precisión para tiempo real cinemático (red RTK) está estimado en Hz 8 mm + 0,5 ppm/V 15 mm + 0,5 ppm que alcanzan estos equipos cuenta con un error máximo de 0,04 metros. El sistema de coordenadas, así como el geoide utilizado, están acordes a la legislación vigente en España, siendo el ETRS89 establecido en el Real Decreto 1071/2007. Las coordenadas elipsólicas (latitud, longitud y altura) se han transformado a coordenadas planas UTM referidas al huso 29 o 30 según corresponda.

El paquete informático destinado a la visualización y tratamiento de datos brutos del georradar, licenciado por la Universidad de Cádiz, ha sido desarrollado por la empresa italiana *IDS* (Ingegneria Dei Sistemi), de quien es el diseño del propio hardware. Para la toma de datos utilizamos el software *ONE VISION*, versión *2.0.0*. Para su utilización, *IDS* proporciona un ordenador portátil modelo *Panasonic CF-31*. El posproceso de los datos tomados en las exploraciones se realiza con el programa *GREED HD*, versión *01.06*, diseñado para la visualización y tratamiento de datos brutos del radar adquiridos por el programa *One Vision*. El software *GREED HD* permite realizar diferentes tipos de posprocesos de los datos radar en 2 y 3 dimensiones, utilizando todo el potencial de diferentes filtros de tratamiento y algoritmos de procesado en 3D. Uno de los principales productos que genera el *GREED HD* son los radargramas longitudinales y transversales, así como las tomografías y vistas 3D del área explorada. Este programa permite realizar análisis de proceso estándar indicados para superficies asfaltadas o análisis avanzados de datos en los que, dependiendo de las características del subsuelo y del área prospectada, se seleccionan el paquete de filtros y procesos adecuados en cada caso

La metodología de Sistemas de Información Geográfica es esencial para la gestión de proyectos de contenidos cartográficos georreferenciados como son las exploraciones geofísicas de última generación. Nuestra unidad emplea para este proyecto el software comercial *ARCGIS* y *QGIS*, programa de código libre multiplataforma. *QGIS* permite manejar formatos ráster y modelos vectoriales a través de las bibliotecas *GDAL* y *OGR*, así

como bases de datos. Algunas de sus características son: soporte para la extensión espacial de PostgreSQL, PostGIS, manejo de archivos vectoriales Shapefile, ArcInfo coverages, Maoinfo, GRASS GISS, así como soporte para archivos raster TIFF, GeoTIFF, JPG, etc.

### 3. RESULTADOS

A continuación, se detallarán los polígonos correspondientes a los proyectos realizados con el empleo del georradar multicanal Stream X. Para su representación, se usará el proyecto GIS elaborado para esta actividad. El total aproximado de área prospectada es de 1,4 ha. La exploración se dividió en dos zonas de estudio, por un lado, la zona de la propia ciudad, con un total de 0,6 ha exploradas aproximadamente, y otra zona interpretada como suburbio de la ciudad, con un área de exploración de 0,8 ha aproximadamente. La zona de la ciudad está dividida en 11 proyectos y la del suburbio en 13, algunos con subproyectos. A su vez, esta última zona se ha subdivido en 5 partes para facilitar el análisis. En la siguiente tabla se aprecia la relación de los proyectos.

SUBURBIO	
PROYECTOS INDIVIDUALES	PROYECTOS UNIDOS
S1	Suburbio parte 01
S2	
S5	
S6	
S7	
S3	Suburbio parte 02
S4	
S8.1	Suburbio parte 03
S8.2	
S9.1	
S9.2	
S9.3	
S9.4	

S9.5	
S13.1	
S13.2	
S13.3	
S13.4	
S10.1	Suburbio parte 04
S10.2	
S10.3	
S10.4	
S10.5	
S10.6	
S10.7	
S10.8	
S10.9	
S10.10	
S10.11	
S10.12	
S11	Suburbio parte 05 Suburbio parte 05
S12.1	
S12.2	
S12.3	
S12.4	
S12.5	
S12.6	
CIUDAD	

C1	Ciudad completa
C7	
C8	
C12	
C13	
C14	
C15	
C19	
C20	
C21	
C22	
C1b	
C2b	
C5b	
C7b	
C8b	
C9b	
C10b	
C11b	

Tabla 1: Organización de los proyectos GPR realizados.



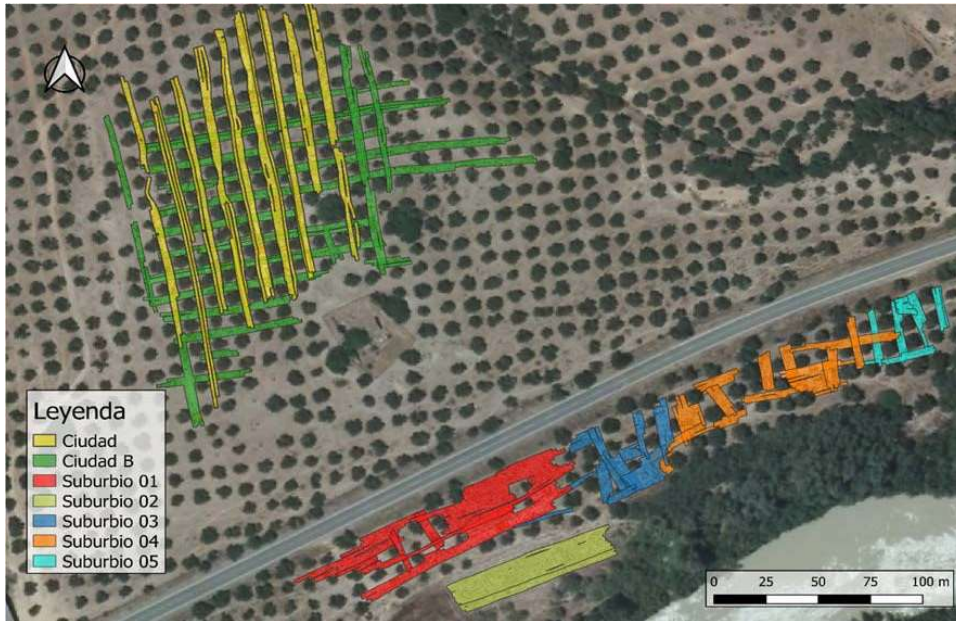


Fig. 1: Planta general de los proyectos sectorizados.

Se resumen a continuación los proyectos realizados en el suburbio y en la ciudad. Para una mejor comprensión espacial de las alteraciones geofísicas, se seguirán los sectores ya planteados anteriormente: por un lado, todos los proyectos desarrollados en la zona de la ciudad y, por otro, los proyectos que conforman cada una de las cinco partes diferenciadas de la zona suburbial.

El análisis identifica las alteraciones geofísicas más destacadas en el suburbio industrial, delimitará su posición en las secciones del *radargrama* y realizará una sucinta propuesta de interpretación para la alteración señalada en los casos en los que sea posible. De forma general, tanto en una zona como en otra, la mayor problemática que se encontró a la hora de realizar la exploración geofísica estribó en la presencia de olivos casi asilvestrados distribuidos por el terreno. Cabe señalar que la disposición de éstos es más regular en la zona de la ciudad (conformando calles que posibilitaron la realización de proyectos en alternancia), pero aun así supuso un menoscabo en la eficiencia de la toma de datos, tanto por el espacio ocupado como por la afección a la calidad de la señal RTK del receptor GPS en las “zonas de sombra” creadas por las copas de los árboles. Igualmente hay que mencionar el deterioro de la condición climatológica y la aparición de la lluvia al final de la primera fase de la actividad, aunque dicha condición no afectó a la calidad del registro obtenido.

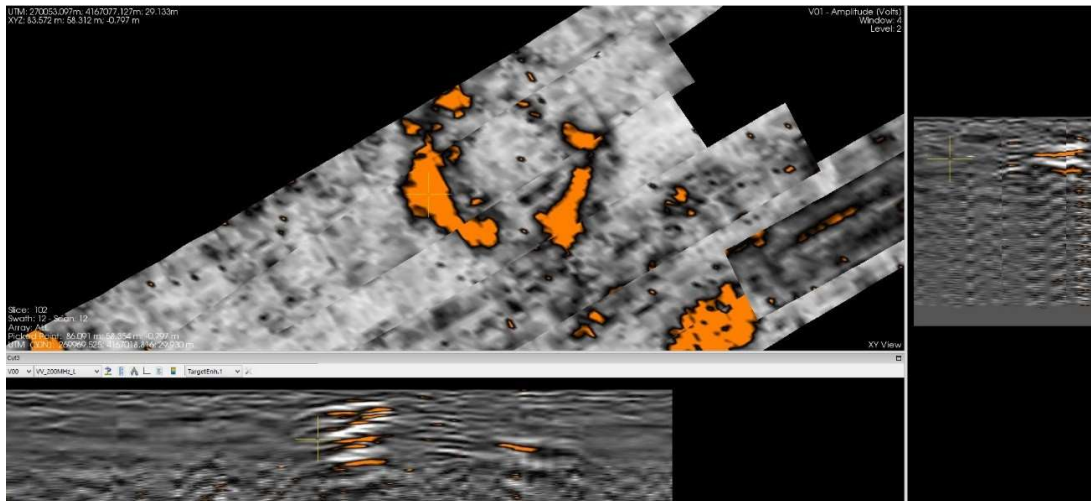


Fig. 2: Proyecto S05 en la cota -0,80 m. Detalle de un horno cerámico.

Seguidamente, se pasa a describir las estructuras detectadas en la zona de la ciudad. En este caso, y dadas las dimensiones de los proyectos, así como las relaciones entre las alteraciones relacionadas que aparecen en distintos proyectos, se describirán los conjuntos estructurales individualizados que se han podido detectar, señalando en qué proyectos están presentes. Como norma general, estos conjuntos estructurales comienzan a aparecer en cotas bastante superficiales y tienen una considerable potencia, lo que indica que su estado de conservación debe ser bastante bueno.

El Sistema Defensivo Noroeste se localiza en el extremo W del yacimiento (Fig. 3), y puede verse en los proyectos C14, C08b, C10b, C07b, C02b y C05b. Concretamente, se pueden distinguir con claridad estos elementos entre la cota de -0,50 m hasta -2m. La visualización óptima se localiza a -1,05 m, y sobre esa cota se realizará el comentario contenido en este informe.

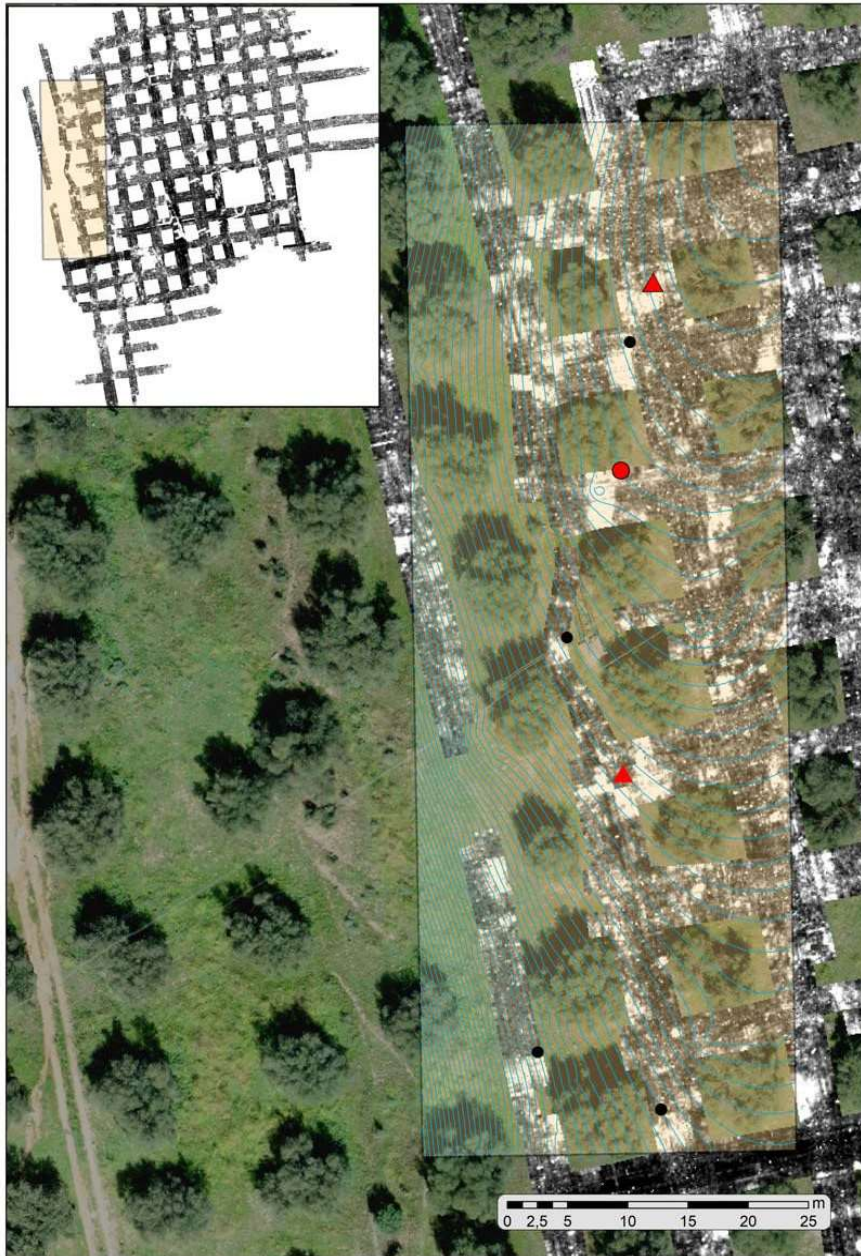


Fig. 3: Elementos específicos del conjunto y curvas de nivel a 10 cm.

En la misma figura se ha representado además un conjunto de curvas de nivel muy detallado, con una diferencia de 10 cm entre ellas. Al estar este conjunto edificado directamente en el cortado de la meseta, con las curvas se puede apreciar mejor cómo dicho conjunto estructural se adapta al borde de la ladera.

Este conjunto se puede definir como una alineación de alteraciones de gran potencia que se orientan de NE a SW siguiendo el perfil de la mesa. Estas alteraciones presentan una anchura media de 2,30 m, si bien su trazado de Norte a Sur no se ha podido documentar

de manera continuada por la presencia de los olivos. Cabría destacar dos anomalías que se han señalado con un triángulo y que parecen corresponder a estructuras anexas a la posible cinta muraria. El situado más al sur presenta unas medidas perimetrales de aproximadamente 8x15 m.

Hay una estructura ortogonal que se localiza en el centro del tercio norte del yacimiento (Fig.4). Se puede observar en los proyectos C07, C01, C07b, C02b, C21 y C08. El grupo de anomalías que conforma este posible conjunto estructural está presente entre las cotas -0,50 y -1,40 m. Su mejor visibilidad se encuentra en la cota en -0,90 m.



Fig. 4: Área del conjunto estructural detectado.

El conjunto de alteraciones se distingue por la presencia de una serie de anomalías lineales que deben corresponder a estructuras murarias. Éstas se alinean con ortogonalidad, dando lugar a una serie de espacios, entre los que se diferencian con claridad una estancia y un corredor. En el caso de la estancia, los muros de cierre muestran una anchura de 1 m, y su perímetro exterior es de 5x5 m, en su flanco Este se observa un vano de 1,60 m. Respecto al corredor, los muros que lo constituyen presentan las mismas medidas de anchura que la estancia comentada anteriormente. La longitud documentada de este corredor es de unos 7 m. Entre el corredor y la estancia no se ha podido prospectar por la presencia de un olivo, pero se puede observar una estructura en esquina adosada al extremo sur del corredor que se orienta hacia la estancia y cuyas medidas en anchura y potencia se corresponden con el conjunto. En la esquina NW del conjunto estructural se distingue una posible conducción o estructura subterránea. Conjunto estructural de grandes dimensiones localizado en el tercio SE del yacimiento

(Fig. 5). Se puede apreciar en los proyectos C08b, C08, C07, C07b, C21, C20 y C12. Los muros perimetrales del conjunto empiezan a distinguirse a  $-0,40$  m, y se siguen con claridad hasta  $-2$  m. Su mejor visualización se localiza en la cota  $-1,05$  m.



Fig. 5: Área del conjunto estructural detectado.

El conjunto estructural se articula alrededor de un espacio rectangular, con un lateral de un 23,5m aproximados en la alineación de la entrada y otro lateral largo de 45 m si se prolonga hasta el fin de las estructuras que se adivinan bajo la higuera. La anchura de las alineaciones perimetrales es aproximadamente de 1,10 m. Los elementos más definitorios de este conjunto consisten en los perimetrales anteriormente comentados, una serie de estancias adosadas a estas alineaciones en el exterior de su sector SW.

Hay dos conjuntos estructurales de grandes dimensiones y características particulares, uno se dispone en el tercio noreste de la ciudad, mientras que el otro se detecta al suroeste, mostrando un amplio desarrollo horizontal, que abarca un área visible de unos 70 metros cuadrados, si bien seguramente sus dimensiones son mayores, ya que queda cubierto parcialmente por la calle de olivos.

Finalmente, el conjunto estructural conjuga una esquina de una estructura edilicia con compartimentación interior con un fragmento de estructura viaria (Fig. 6). El conjunto se puede observar en los proyectos C08, C08b, C09b, C10b, C13, C15 y C19.

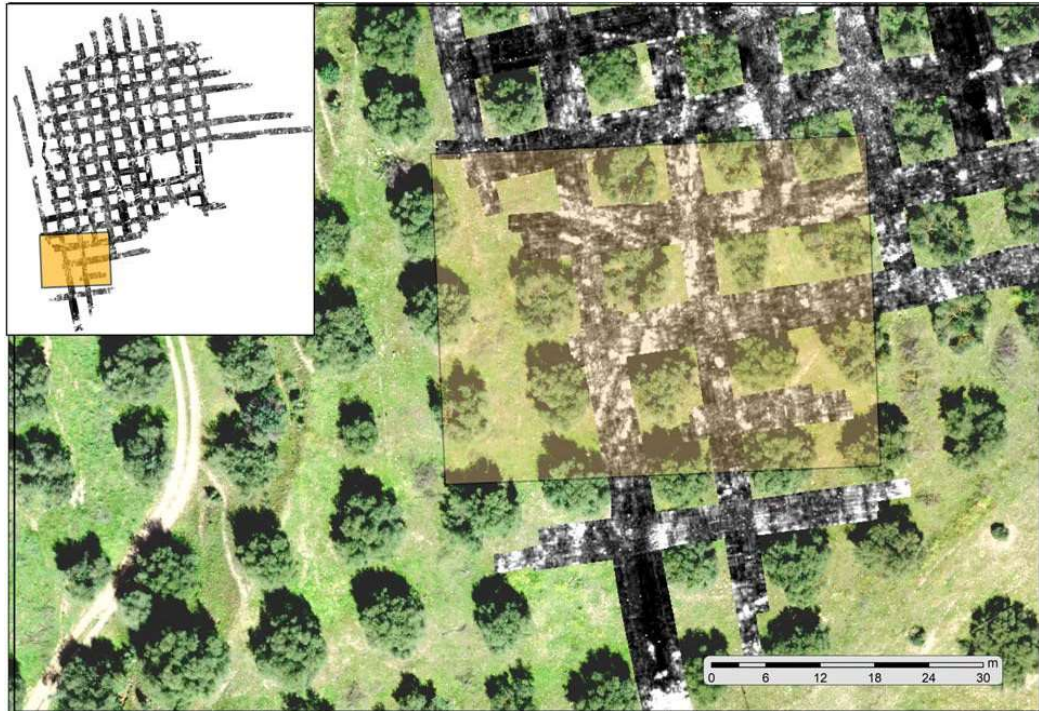


Fig. 6: Área del conjunto estructural detectado.

Se pueden observar en los radargramas tanto la esquina del edificio con algunas anomalías interiores que forman alineaciones perpendiculares, y que parecen conformar espacios dentro del edificio. Paralelamente a lo que serían los muros de cierre situados al noreste y suroeste, se pueden detectar unas alineaciones paralelas a una distancia de unos 2,60 m. Si bien podría corresponder igualmente a parte de la compartimentación interior del edificio, se da el hecho de que se detectan indicios de esta alineación a lo largo de varias exploraciones con una cierta claridad hasta llegar a las inmediaciones del conjunto estructural interpretado como espacio público, lo que sugiere que se trate de un resto de viario. La existencia de varias hipérbolas en los radargramas que representan las secciones entre las dos alineaciones principales indicarían la existencia de espacios interpretables como canalizaciones, propias del viario citado.

#### 4. CONCLUSIONES.

##### 4.1. EL SUBURBIO.

A partir de las alteraciones descritas en la zona del suburbio industrial interesa destacar las estructuras interpretadas como hornos y los vertidos relacionados con las mismas. En el suburbio de *Arva* se han detectado varios posibles hornos: en los proyectos S02, S05, S10.1, S10.3 y en el 10.10. Aunque no se descarta que la alteración descrita en el proyecto S08.1 pudiese tratarse también de un alfar, sus características en sección sugieren catalogarlo como una estructura muraria. En cuanto a las zonas de vertidos y/o testares, se han localizado varios posibles en los proyectos S07, S10.4, 10.9, S10.11, S12.3 y S12.6. Respecto a las alteraciones interpretadas como canalizaciones, cabría la posibilidad de

que se tratara de sistemas de drenaje y riego contemporáneos, pero su localización cercana al conjunto de alfares indica que posiblemente pudiera ser una red de aprovechamiento de agua del cauce del río para la actividad industrial. Cabe destacar, asimismo, la ausencia de anomalías detectadas en el proyecto S.04, el más cercano a la orilla del río. Este vacío puede indicar que dicha superficie estuvo ocupada por el cauce fluvial durante el periodo de actividad de la ciudad.

#### 4.2. LA CIUDAD.

Hay hasta 7 conjuntos estructurales documentados, que representan una muestra muy certera de las estructuras que definen este tipo de yacimientos. Llama la atención el hecho de que el conjunto estructural central parece mantener una alineación ligeramente diferente a la que se infiere del resto de conjuntos de conjunto. Tendremos que seguir investigando la posible caracterización como foro de la urbs.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

Bonsor, G. (1901): Los pueblos antiguos del Guadalquivir y las alfarerías romanas, RABM, 837-857.

Bonsor, G. (1931): The Archaeological Expedition along the Guadalquivir (1899-1901). Nueva York.

INFORME PROSPECCIÓN GEOFÍSICA CON GEORRADAR EN EL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE ARVA (ALCOLEA DEL RÍO, SEVILLA). UNIDAD DE GEODETECCIÓN DEL PATRIMONIO HISTÓRICO. UCA. Julio 2019

Ponsich, Michel (1974): Implantation rurale antique sur le Bas-Guadalquivir I. Madrid.

Ponsich, Michel (1979): Implantation rurale antique sur le Bas-Guadalquivir II. París.

Remesal Rodríguez, J.; V. Revilla Calvo; C. Carreras Monfort; P. Berni Millent (1997): Arva: prospecciones en un centro productor de ánforas Dresel 20 (Alcolea del Río, Sevilla); Pyrenae, 28, 151-158.

Remesal Rodríguez, J. (1987): Informe preliminar sobre la primera campaña de excavaciones en Arva (Alcolea del Río, Sevilla); Anuario Arqueológico de Andalucía, 346353.