

ANUARIO ARQUEOLÓGICO DE ANDALUCÍA 2016

BORRADOR / DOCUMENTO PRE-PRINT

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA Y GEOQUÍMICA EN EL CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE MADINAT AL-ZAHRA

Welham, K., Duckworth, C., Pitman, D., Govantes-Edwards, D., Shaw, L., Barbier, Hagan, J., López Rider, J; y Díaz Hidalgo, R. F.

Resumen: El presente artículo presenta la metodología, evolución y resultados de la segunda campaña de prospección desarrollada por el *Madinat al-Zahra Survey Project* en la medina de Madinat al-Zahra (Córdoba). El propósito principal de esta prospección, que combina diversas técnicas y distintas escalas de resolución, es la localización de evidencias de prácticas pirotécnicas en Madinat al-Zahra en época califal, especialmente, pero no sólo, con referencia a la producción de las tipologías cerámicas conocidas como “verde y manganeso”.

Abstract: The present article presents the methodology, evolution and results of the second survey season undertaken by the *Madinat al-Zahra Survey Project* in the medina of Madinat al-Zahra (Córdoba). The main aim of this survey, which combines various techniques and different resolution scales, is to locate evidence for technological practice in Madinat al-Zahra during the Caliphate, especially, but not exclusively, concerning the production of the ceramic typologies generically known as ‘green and manganese’.

Introducción y objetivos.

El Proyecto de Prospección Geofísica y Geoquímica en el Conjunto Arqueológico de Madinat al-Zahra tiene como objetivo prospectar la medina de la ciudad califal en busca de indicios de actividades pirotécnicas relacionadas con la producción de las cerámicas “verde y manganeso” y otras producciones asociadas, como el vidrio. La elección de un yacimiento como Madinat al-Zahra para la realización de esta prospección no es casual. Por un lado atiende a la relación que tradicionalmente ha existido entre la ciudad y producciones cerámicas asociadas a la dinastía omeya desde la instauración del califato a principios del siglo X, y por otro responde a un patrón que se repite con cierta frecuencia en ciudades palatinas islámicas durante la

Edad Media, en las que zonas áulicas y zonas industriales aparecen relacionadas de forma más o menos estrecha.

Las técnicas de prospección desplegadas permiten incrementar nuestro conocimiento en general sobre la zona de la medina, una zona a la que apenas se ha prestado atención hasta la fecha, información que puede emplearse para enriquecer nuestra interpretación sobre el urbanismo de la ciudad. No obstante, es preciso indicar que las técnicas de prospección seleccionadas lo han sido con un propósito muy bien definido, como es la detección de indicios de actividades pirotecnológicas. Por ello, aunque los resultados, como veremos en seguida, resultan muy alentadores, no siempre resultan tan elocuentes como sería deseable si lo que se pretende es hacer una interpretación general de la ciudad. Es igualmente necesario precisar que los indicios obtenidos de la posible presencia de talleres, por claros que puedan resultar a primera vista, son de naturaleza indirecta, y la confirmación de la presencia de estos posibles talleres deberá ser confirmada por medio de excavación.

Además de hacer una exposición detallada de las hipótesis de partida, las metodologías empleadas, y los resultados de su aplicación, la interpretación necesariamente habrá de hacer referencia a estudios no directamente relacionados con la campaña de prospección de la que se informa. Esperamos que estas breves digresiones, fundamentales a nuestro entender para la comprensión del yacimiento, tengan sentido.

El yacimiento de Madinat al-Zahra, se encuentra en una terraza del Guadalquivir, al pie de las primeras estribaciones de Sierra Morena, al oeste de la ciudad de Córdoba, a apenas 5 km del núcleo urbano. El yacimiento consta de una zona palacial, donde se ha concentrado la mayor parte de la actividad investigadora, iniciada ya en los años 20 (Vallejo Triano 2010) y una medina de más de 110 hectáreas, actualmente usada para el pasto de ganado. La cerca urbana resulta perfectamente reconocible en la fotografía aérea y en muchos tramos incluso a pie de terreno, lo que hace que las proporciones de la ciudad califal resulten fácilmente identificables. La medina no ha sido sometida a prospecciones intensivas con anterioridad, con excepción de una prospección por resistividad desarrollada en el vértice sureste de la cerca. Esta prospección, que precedió a la construcción del actual museo y centro de interpretación, cubrió una extensión de terreno muy limitada, y tuvo como objetivo principal evitar afecciones al registro arqueológico como resultado de la construcción de dicho museo (Vallejo Triano 2010: fig. 142-5).

Hipótesis.

Existen diversos ejemplos de la asociación de zonas palatinas e industriales en el Islam medieval. Estos ejemplos cubren un amplio abanico cronológico y geográfico, incluyendo conocidos yacimientos como al-Mansuriyya, en el norte de África (Cressier y Vallejo Triano 2015: 139-69), al-Raqqa, en Siria (Challis et al 2002-2004: 141), y la Alhambra, en Granada (Torres Balbás 1934: 388; Malpica Cuello 2002: 267). En algunos casos parece que esta asociación se encuentra relacionada con el desarrollo y producción de determinadas tipologías cerámicas, como es el caso de las “lozas doradas” nazaríes (García Porras y Fábregas García 2010: 41-3). Esta relación directa ofrece, de hecho, una rara oportunidad de observar el proceso de transmisión experimentado por estas tecnologías, cuyo estudio se ve en general lastrado por diversas circunstancias, entre las que destaca la escasez y el carácter *sui generis* de las fuentes escritas disponibles (Govantes-Edwards et al 2016: 180-3) y el hecho de que, por su ubicación generalmente urbana, los restos de áreas industriales sean con frecuencia excavados por el método de urgencia, que no siempre ofrece condiciones idóneas para la extracción de conclusiones útiles (Govantes-Edwards et al 2014: 44). Dada la frecuente asociación entre zonas áulicas e industriales, era necesario plantear la posibilidad de que Madinat al-Zahra también respondiese a este patrón. El interés de la cuestión se ve multiplicado por la tradicional relación existente entre Madinat al-Zahra y las cerámicas “verde y manganeso”, especialmente si atendemos a la idea expresada hace ya tiempo por Miquel Barceló (Barceló 1993: 292-9) de que estas cerámicas pudieron haber sido empleadas como expresión material del régimen de los omeyas desde el establecimiento del califato. Recordemos que para esta asociación también existirían paralelos: las fuentes escritas confirman que las “lozas doradas” eran empleadas como regalos diplomáticos por parte de la casa real nazarí, por ejemplo, a los sultanes mamelucos en El Cairo (Seco de Lucena Paredes 1955: 19-9), y existen ciertos indicios, aunque, a decir verdad, sean puramente puntuales, de que los omeyas también incluían vajillas de lujo entre sus obsequios diplomáticos (García Gómez 1967a: 191-2; García Gómez, 1967b: 170).

El atractivo de Madinat al-Zahra, además, se ve reforzado por dos circunstancias más. En primer lugar, la ciudad fue construida *ex nihilo*, es decir, que se sitúa en una zona en la que no existen restos anteriores conocidos, y abandonada apenas seis o siete décadas tras su fundación, no siendo jamás reocupada tras su abandono (Acién Almansa 1987: 18). Esto hace más difícil que las evidencias que apuntan a actividades

pirotecnológicas en el yacimiento, y que veremos más abajo, correspondan a cronologías anteriores o posteriores al periodo califal, si bien esa posibilidad no puede ser completamente descartada, como aclararemos en seguida. En segundo lugar, parece que las cerámicas “verde y manganeso” fueron adoptadas de forma más o menos repentina a partir de tecnologías en uso en el norte de África (Escudero Aranda 1988-1990: 134). La posibilidad del hallazgo de áreas de producción, facilitadas por la ausencia de muchos de los factores que dificultan la tarea en contextos urbanos, abre una interesante vía para el análisis de los procesos de transmisión.

Las fuentes escritas, por otra parte, hacen mención de la presencia de talleres en el palacio (ver, por ejemplo *Al-Maqqari Nafh al tīb...*). De cualquier forma, en lo que se refiere a Madinat al-Zahra, los testimonios escritos son imprecisos amén de reiterativos (Castejón 1961-2: 137; Labarta y Barceló 1987: 93-106; Meouak 2003: 53-80). Igualmente, como veremos al final, las fuentes escritas son una peligrosa guía si su lectura no se acompaña del necesario aparato crítico, especialmente cuando la información que transmiten no puede ser corroborada por otros medios.

Método.

Como decíamos con anterioridad, la metodología diseñada para el cumplimiento del objetivo antes referido está especialmente indicada para la detección de restos de actividades pirotecnológicas, y en ella también se han tenido en cuenta las características arqueológicas propias del yacimiento. Una de las peculiaridades de la metodología empleada es el carácter reflexivo de las técnicas seleccionadas. Por regla general, el terreno a cubrir por una campaña de prospección geofísica suele decidirse con anterioridad al inicio de la campaña, con atención a los medios y el tiempo disponible y las características del terreno en el que la prospección ha de desempeñarse. En nuestro caso, aunque existía un concepto general del área donde iba a desarrollarse la prospección, la combinación de distintas metodologías que ofrecen información no sólo complementarias sino expresada a distintas escalas y rangos de resolución, además de un protocolo de prospección que resulta en un primer procesado de los datos el mismo día de la prospección sobre el terreno, permite adaptar la estrategia de prospección a dichos resultados; en condiciones en las que el tiempo y los recursos son limitados, esto puede resultar crucial, ya que abre la posibilidad de intensificar la prospección en áreas que resulten especialmente prometedoras y la de seguir posibles patrones en el registro, prácticamente en tiempo real y optimizando los resultados.

Las tres técnicas empleadas en la campaña de prospección desarrollada en 2016 (entre los días 8 y 18 de noviembre) son prospección geofísica por magnetometría, prospección por susceptibilidad magnética y prospección geoquímica. En la campaña desarrollada en el año 2015, cuyos resultados incorporaremos brevemente a la explicación, se hizo uso de prospección geofísica por electromagnetismo, pero los resultados obtenidos por la misma fueron pobres y su uso fue descartado para la campaña de 2016. Es importante enfatizar en todo momento que, aunque la exposición de resultados sea, por necesidad, consecutiva, los trabajos de prospección por medio de las tres técnicas tuvieron lugar de forma simultánea. La prospección estuvo plenamente georreferenciada y se desarrolló sobre una trama formada por cuadrículas de 20 x 20 m. La cuadrículas y los puntos de referencia empleados fueron tomados con un GPS diferencial Leica Viva 1200, y los datos fueron descargados y procesados con auxilio del software Leica GeoOffice v.8.3. Se recogieron lecturas estáticas para facilitar el post-procesamiento de los datos con datos RINEX obtenidos a partir de la Red Andaluza de Posicionamiento. Los datos están plenamente georreferenciados en ETRS1989 UTMZone30N.

La prospección geofísica por gradiómetro de flujo se basa en la detección de anomalías locales en el campo magnético terrestre, causadas por movimientos de tierra, como los que se producen con la excavación de trincheras de cimentación, y por la exposición del terreno a altas temperaturas, con lo que está especialmente indicada para la identificación de posibles estructuras soterradas y áreas expuestas a la acción de actividades pirotécnicas. Además, en condiciones de vegetación y accidentes orográficos moderados, como los existentes en Madinat al-Zahra, la técnica permite cubrir mucho terreno en poco tiempo, sin comprometer la resolución de los resultados. La técnica ha sido empleada con éxito en otros yacimientos islámicos (Fleisher et al 2012). La prospección se llevó a cabo con tres dispositivos Bartington Grad601-2 (gradiómetros dobles con 1 m de separación). Las lecturas fueron tomadas a unos intervalos de 0,125 m en transectos norte-sur trazadas bústrofedón con 1 m de separación, ofreciendo una resolución de 0,1nT. Los datos obtenidos fueron sometidos a un procesado mínimo (“despike”, “zero mean traverse” y “clip”) por medio del software Terra Survery v3.0.25.0 e importados a ArcMap v10.0 para su representación gráfica y la producción de ploteados interpretativos.

La prospección por susceptibilidad magnética se emplea como técnica complementaria a la anterior. La medición de la susceptibilidad magnética se toma en superficie para identificar qué áreas han estado expuestas a un magnetismo más elevado

que su entorno inmediato, por ejemplo, por acumulación de desechos producto de actividades pirotécnicas (English Heritage 2008). La prospección por susceptibilidad magnética fue llevada a cabo con un dispositivo Bartington MS2. Cada punto prospectado fue sometido a tres lecturas, reseteándose el dispositivo tras cada una de ellas y procediéndose a continuación al cálculo de la mediana de los resultados.

La prospección geoquímica tiene como objeto el examen de la composición química de la superficie del yacimiento por medio de la fluorescencia por rayos-X, en este caso, ejecutado por medio de un equipo portátil (pXRF). El uso de la técnica para la identificación de posibles actividades pirotécnicas se basa en la tendencia de ciertas actividades industriales, como pueden ser la producción de cerámicas vidriadas o el beneficiado de mineral, a dejar restos contaminantes en su entorno inmediato, por ejemplo, metales pesados. Estos restos contaminantes pueden permanecer en el área mucho tiempo después del cese de la actividad en cuestión. Así, la identificación de áreas en las que la concentración de determinados elementos es substancialmente más alta que las lecturas “naturales” puede apuntar a la presencia de actividades industriales (Derham et al 2013). Esta metodología ha sido empleada con gran éxito en la caracterización de zonas de producción en otras regiones (Doonan et al 2013). La prospección fue ejecutada por medio de un equipo portátil Thermo-Niton XI3t GoIDD+. La mayor parte de las lecturas se dirigieron a la identificación de metales pesados, definidas en la configuración “soils” (duración de la analítica: 25 segundos; Filtros: Main Range). Las lecturas quedaron registradas in situ y fueron sometidas a un logaritmo de normalización Compton específicamente diseñado para compensar muestras que consisten fundamentalmente en elementos ligeros y cuya densidad es irregular. El filtro “Main Range” dirige la analítica a la identificación de Mo, Zr, Sr, U, Rb, Th, Pb, Au, Se, As, Hg, Zn, W, Cu, Ni, Co, Fe y Mn.

La selección del filtro se explica por los resultados de las analíticas realizadas en las cerámicas “verde y manganeso”, que ofrecen una importante indicación de los elementos empleados en la fabricación de esta tipología. La siguiente tabla (Tabla 1) se basa en los resultados obtenidos por Molera et al (1997) y Duckworth (dentro del programa de análisis del *The al-Andalus Glass Project*, cuyos resultados serán publicados próximamente) en el análisis químico de muestras de cerámica “verde y manganeso” y vidrios procedentes de Madinat al-Zahra (los resultados están expresados en partes por millón).

	Pb	Fe	Ca	Mg	Mn	Cu	Si	Sn
Vidriado Melado	340177	13780	23700	2420	553	785	251823	n.d.
Vidriado Blanco	357689	7367	22800	1983	346	564	252898	85631
Vidriado Verde	260742	10560	21180	2500	881	8329	310256	68526
Vidriado Negro	318330	12240	25040	2900	9851	2017	271831	86641
Vidrio	397216	3233	12871	6820	4770	636	177614	793

Tabla 1. Resultados de análisis de vidriados verde y manganeso y de vidrio procedentes de Madinat al-Zahra, a partir de Molera et al (1997) y Duckworth et al (e.p.)

Como puede apreciarse, el plomo aparece como el elemento más representado en varias muestras, y en aquellas en las que no lo es, sólo aparece por detrás del óxido de silicio, el principal elemento estructural a nivel molecular en vedrios y vidrios. Aunque en menor medida, el manganeso también aparece representado de forma significativa en los vidriados negros y el cobre en los vidriados verdes.

La prospección adoptó un enfoque multiescala, con lecturas separadas por un intervalo de 20 m en todo el yacimiento, y lecturas separadas por un intervalo de 5 m en dos zonas de especial interés. Las lecturas de pXRF fueron ploteadas por medio de ArcGis. La concentración de elementos fue medida por medio de símbolos gradizados antes de su interpolación por medio del método Natural Neighbour. La ventaja de esta interpolación es que sólo emplea subconjunto locales de puntos, lo que evita la inferencia injustificada de tendencias, picos y valles en los datos en bruto (Watson 1992). Esto permite tanto la lectura de concentraciones aisladas como la identificación efectiva de tendencias reales.

Finalmente, y de forma paralela, se acometió la prospección topográfica de una serie de estructuras monumentales ya visibles en la fotografía aérea y cuya presencia se vio plenamente confirmada por los resultados de la prospección geofísica desarrollada en la campaña de 2015 (Govantes-Edwards et al 2015), en la zona sudoeste de la medina.

Selección de las áreas de prospección.

La campaña de prospección desarrollada en el año 2015 se centró en las estructuras monumentales recientemente mencionadas. Esta decisión se fundamentó en la notable entidad de dichas estructuras, que resultaban fácilmente apreciables en la fotografía aérea, y en la distancia existente entre estas y el palacio (bajo la premisa de partida de que las actividades pirotécnicas pueden hallarse alejadas de las zonas nobles, minimizando así las molestias que pudiesen ocasionar sus actividades a las mismas). Los resultados confirmaron las grandes dimensiones de este complejo (c. 240 x 70 m) y la presencia de diversas anomalías magnéticas en el mismo. Al norte de este mismo complejo fueron detectadas anomalías magnéticas de gran intensidad, amén de concentraciones muy altas de plomo y cobre, además de una concentración cercana de manganeso (Govantes-Edwards et al 2015). De cualquier forma, esta última zona sólo pudo ser prospectada de forma parcial, con lo que para la campaña de 2016 se determinó continuar con la prospección de la zona. En adelante, esta zona será denominada Área 1.

Con idea de extender la prospección a la zona oriental de la medina, también se determinó la prospección de una amplia zona en su mitad oriental, incluyendo áreas muy próximas al palacio y a la mezquita aljama, que a pesar de estas condiciones desfavorables, por su proximidad con las zonas nobles, fue considerada como potencialmente interesante por la cercanía del acueducto romano rehabilitado para servir a la ciudad palacial, que entra en la medina por su vértice noreste, además de por el hallazgo en superficie de escorias metálicas en la zona. En adelante, esta zona será denominada Área 2.

Finalmente, los resultados obtenidos en la campaña de 2015 y en los primeros días de la campaña de 2016 recomendaron la aplicación de las técnicas de susceptibilidad magnética y pXRF de forma intensiva (5 m de intervalo entre las lecturas) en dos zonas restringidas del yacimiento, incrementando la resolución en estas zonas de especial interés.

Las zonas prospectadas con cada una de las técnicas y las escalas de resolución aparecen ilustradas en la Figura 1.

Resultados.

En total, fueron tomadas 1050 lecturas de susceptibilidad magnética y pXRF. La posibilidad de identificar variaciones estructuradas en la composición geoquímica del yacimiento pudo establecerse desde las primeras lecturas, tras la ejecución de un transecto de control E-O. Mientras la presencia de los elementos-objetivo resultaba en general muy baja, pudieron identificarse concentraciones estructuradas de ciertos elementos, especialmente cobre, plomo, zinc y manganeso. Esto resulta significativo, dado el uso de algunos de estos elementos en las actividades industriales asociadas al yacimiento. De cualquier forma, el análisis geoquímico practicado sobre afloramientos rocosos naturales in situ arrojó un alto contenido en manganeso, lo que prescribe una especial cautela con los resultados que apuntan a este elemento. En general, los resultados confirman la validez del método pXRF para la identificación de concentraciones estructuradas de ciertos elementos, especialmente gracias al bajo nivel de “ruido de fondo” del yacimiento, que incrementa la visibilidad de concentraciones de posible naturaleza cultural.

Los resultados de la prospección en el Área 1 confirmaron este grado de contraste entre zonas en las que existen altas concentraciones de elementos y las lecturas de fondo. Los resultados indican una clara zonificación en la concentración de ciertos elementos, especialmente plomo, cobre y zinc (figuras 2, 3 y 4). Resulta interesante que las zonas con mayor concentración de estos elementos se situase al exterior del conjunto monumental que domina el vértice sudeste de la medina, lo que sugiere que estos edificios no alojaron instalaciones industriales. Por otro lado, la presencia de una significativa anomalía estructurada en la que coinciden lecturas de cobre y plomo entre moderadas y elevadas, apunta a la presencia de posibles actividades pirotécnicas al norte de estos edificios e inmediatamente al sur de una construcción identificada gracias a la prospección geofísica y que, por su orientación, puede ser interpretado como una mezquita (figuras 5 y 6).

En general, la prospección geoquímica del Área 2 confirma las bajas lecturas de fondo del yacimiento. No obstante, la zona más septentrional llevó a la detección de anomalías muy significativas (figuras 2, 3 y 4) por unas lecturas de plomo, cobre y zinc que son con mucho las más altas de entre las detectadas en el yacimiento hasta la fecha. Las anomalías se sitúan en un área topográficamente accidentada, con continuos desniveles y montículos. Asimismo, múltiples restos de actividad industrial (escorias), resultan visibles en superficie.

La presencia de estas anomalías y el hecho de que estas señalen a diversos elementos parece indicar de forma contundente la presencia de restos de actividades pirotécnicas en el yacimiento. Lo más llamativo de estos resultados son las diferencias entre las dos áreas. Las anomalías detectadas en el Área 1 son más bajas pero aparecen estructuradas de forma clara y mantienen una asociación directa con anomalías magnéticas detectadas en el transcurso de la prospección geofísica (ver más adelante). En el Área 2, por otra parte, las lecturas son mucho más altas, pero aparecen distribuidas de forma más desestructurada. Asumiendo que las evidencias proporcionadas por la prospección, que no dejan de ser indirectas, son suficientes para confirmar la presencia de actividades pirotécnicas como las descritas más arriba en Madinat al-Zahra, las diferencias existentes entre las áreas 1 y 2 deben llevarnos a intentar caracterizar las actividades desarrolladas en una y otra zona de forma más precisa.

Los resultados de la prospección por susceptibilidad magnética, por su lado, refuerzan la hipótesis de que las concentraciones de elementos detectadas por medio de la prospección geofísica indican la presencia de actividades pirotécnicas. Si bien esta prospección arrojó un cierto número de lecturas elevadas aisladas, en general los resultados reproducen aquellos obtenidos por medio del pXRF, con concentraciones de lecturas elevadas en las mismas áreas en las que se detectaron las concentraciones de anomalías geoquímicas (ver Figura 7). No obstante, desde el principio resultó claro que la estructuración de las anomalías en las lecturas de susceptibilidad magnética era más compleja que las identificadas en las anomalías geoquímicas, subrayando la necesidad de acometer un análisis más detallado. Todas estas circunstancias aconsejaban someter las zonas “calientes” tanto en el Área 1 como en el Área 2 a una prospección de alta resolución, tal y como se explicaba más arriba.

La prospección de alta resolución se concentró en dos zonas de reducidas dimensiones (60 x 60 m en el Área 1 y 60 x 40 m en el Área 2) (ver Figura 1) en la que las lecturas de susceptibilidad magnética y pXRF estaban separadas por un intervalo de 5 m sobre la cuadrícula original. En el Área 1, la prospección de alta resolución cubrió una zona con lecturas geoquímicas entre moderadas y elevadas que coincide con claras anomalías magnéticas que apuntan a la presencia de actividades pirotécnicas. La prospección geofísica detectó con claridad un complejo de estructuras asociadas a elevadas anomalías magnéticas. Las anomalías geoquímicas afectan a las lecturas de plomo, cobre y zinc, y se agrupan sobre las estructuras o conjuntos de estructuras identificados por medio de la prospección geofísica. El grado de resolución obtenido

permitió observar una considerable correlación entre las concentraciones geoquímicas y las anomalías magnéticas, especialmente en lo que se refiere el cobre (Figura 8). De cualquier modo, la dispersión de los elementos-objetivo no se limitan a estas estructuras, sino que se extiende hacia el noroeste de las mismas, donde el terreno se eleva para formar un montículo (ver Figura 9). Esto sugiere que las estructuras se abrían a un espacio abierto, lo que ha permitido la dispersión de los elementos-objetivo por la zona. Esta distribución resulta también apreciable en los resultados de la prospección por susceptibilidad magnética, que parecen confirmar que los resultados son producto de la puesta en práctica de actividades piroindustriales.

En el este (Área 2), la prospección de alta resolución se centró en una zona señalada en primera instancia por la prospección de baja resolución (20 m de intervalo). En esta zona, la flexibilidad y reflexividad de la metodología aplicada demostraron su utilidad, al permitir la prospección intensiva de un área de gran interés, y la extensión de la prospección geofísica a un sector en el que no estaba inicialmente previsto llevarla a cabo.

En este caso, los resultados fueron muy distintos a aquellos obtenidos en la zona occidental, especialmente en lo que se refiere a las concentraciones absolutas, que se situaron entre las 200 y las 11,000 ppm (plomo), 50-1500 ppm (cobre y zinc). Las lecturas recogidas en esta zona, tanto con el pXRF como con el lector de susceptibilidad magnética, son las más altas de las obtenidas hasta la fecha en el yacimiento. Por otro lado, la estructuración de las anomalías es mucho más regular, cubriendo una zona notablemente compacta (ver figuras 2, 3, 4). La escala de los restos de polución es muy distinta a la obtenida en el Área 1, y sugieren la práctica de actividades pirotecnológicas a gran escala. Por su lado, la prospección geofísica del área también permitió la detección de notables anomalías magnéticas en correlación con las geoquímicas y con las obtenidas por medio del lector de susceptibilidad magnética, si bien es más difícil determinar la planta de las estructuras asociadas (figura 10). En gran medida, esto debe atribuirse a las características del área, que no sólo resulta mucho más accidentada, dificultando las labores de prospección, sino que ha sido sometida a un grado de espolio notablemente más severo que en las zonas bajas de la medina.

Una exposición más detallada de los resultados y la metodología está disponible en Welham et al (en prensa).

Discusión

A tenor de los resultados obtenidos por medio de los métodos de prospección descritos, y de las referencias con las que contamos para la historia del yacimiento, es lícito afirmar que la evidencia que apunta a la práctica de actividades piroindustriales en Madinat al-Zahra es cuando menos contundente. Es, por otro lado, necesario insistir en que las evidencias disponibles hasta la fecha no dejan de ser indirectas, y sus implicaciones habrán de ser comprobadas por medio de excavación, que esperamos acometer en un futuro próximo.

Desde el inicio de nuestro proyecto, tanto antes como después de la obtención de los primeros resultados, diversos arqueólogos e historiadores con los que hemos entrado en contacto han manifestado sus dudas acerca de nuestra hipótesis primero y de nuestras conclusiones después. El argumento recurrente es que los tratados de *hisba* indican la prohibición de situar instalaciones industriales, tales como hornos de vidrio o cerámica en el interior de los centros urbanos. En nuestra opinión, estos argumentos no cuentan con el suficiente peso como para descartar los indicios presentados en este artículo, aunque el veredicto final dependerá de los resultados de futuras excavaciones. En primer lugar, de los cuatro tratados de *hisba* conocidos para al-Andalus, el de al-Yarsifi (Aireé 1960), el de al-Saqati (Chalmeta 1967), el de Ibn Habdun (Levi Provençal y García Gómez 1992) y el de Abd al Rauf (Aireé 1960), los dos primeros no hacen mención alguna a actividades industriales del tipo de las descritas para Madinat al-Zahra. Por su lado el de Ibn Habdun sí indica la conveniencia de situar talleres que pueden generar molestias en el exterior de la medina, y el de Abd al Rauf recomienda sacar los mismos del centro urbano, lo que parece implicar que algunos estaban, de hecho, situados en su interior. Estas fuentes escritas se citan frecuentemente en asociación a un modelo de ciudad islámica de acuerdo con el cual las instalaciones industriales han de evitar zonas de habitación. No obstante, la validez de este modelo como patrón de interpretación se presta a muchas dudas, especialmente cuando sus parámetros se enfrentan a una evidencia arqueológica que lo contradice. Timothy Insoll (1999) y Marcus Milwright (2010) han anotado múltiples ejemplos de esta discrepancia entre el modelo ideal y la realidad histórica y arqueológica, incluso recogidos en las zonas ‘nucleares’ del Islam medieval, donde se desarrolló el modelo canónico de ciudad islámica. A pesar de estas advertencias, la ausencia de actividades industriales en los centros de las medinas es, a menudo, asumido aun cuando existen indicios de lo contrario (Acién Almansa 1987 y Hernández Sousa 2014), dando lugar a indeseables

simplificaciones en la interpretación. El rechazo a la presencia de zonas industriales en las medinas andalusíes supone pasar por alto los testimonios arqueológicos, y no puede sostenerse si estos no son convenientemente rebatidos, algo que parece, cuando menos, poco probable. Limitándonos ahora a hornos de producción de vidrio, que llevan siendo catalogados por los autores desde hace unos años (Govantes-Edwards et al 2014 y Duckworth y Govantes-Edwards 2016) conocemos dos talleres (Belluga y Puxmarina), situados en las cercanías de la alcazaba islámica de Murcia y fechados en el siglo XII (Jiménez et al 1998), un taller más en Sevilla, también fechado en el siglo XII y situado bien al interior del perímetro almohade (Huarte y Tabales 1997), y al menos un horno fechado en el periodo nazarí dedicado, probablemente, a la producción de vidrio y situado en plena medina de la Alhambra, en cuya excavación están participando los miembros del *Madinat al-Zahra Survey Project* (García Porras et al, 2016). Da la sensación de que los argumentos escépticos resultan insuficientes para refutar todas estas evidencias. Es importante recordar que los tratados de *hisba* son compilaciones legales publicadas como apoyo a los oficiales encargados de la gestión de la ciudad islámica, pero también que desconocemos hasta qué punto estas disposiciones legales eran aplicadas u obedecidas. Dada la escasez de fuentes escritas y la contundencia de las arqueológicas, parece prudente tomar los tratados de *hisba* con cierta precaución.

Conclusión

En conclusión, los resultados obtenidos por las dos campañas de prospección llevadas a cabo hasta la fecha parecen indicar la presencia de actividades industriales en Madinat al-Zahra durante la época califal. Si bien los resultados de la prospección geofísica que indican la exposición de ciertas zonas a altas temperaturas pueden deberse a múltiples causas (e.g. la acción de caleras tras el desmantelamiento de los edificios monumentales de Madinat al-Zahra), la presencia de claras concentraciones de elementos metálicos como el plomo y el cobre en estas mismas áreas resulta de más difícil explicación, excepto que aceptemos las conclusiones que hemos presentado en el presente artículo. Esto debe ponerse en relación con argumentos ya expuestos, que vinculan a los califas omeyas y a su ciudad palacial con la producción de una tipología cerámica prestigiosa como son las cerámicas “verde y manganeso”, y con las posibles implicaciones que esta pudiese haber tenido en las formas de representación política del califa y su régimen. Estos argumentos y otras ideas relacionadas se plantean más en extenso en Duckworth (e.p.), ya que no queremos exceder el propósito de este artículo

(cuyos límites, además, obligarían a resumir dichas ideas más de lo recomendable), que es la presentación de los resultados de la campaña de prospección realizada en 2016.

Bibliografía.

- ACIEN ALMANSA, M. (1987): “Madīnat al-Zahrā en el urbanismo Musulmán”. *Cuadernos de Madīnat al-Zahrā* 1: 11-26.
- ARIEÉ, R. (1960) “Traduction annotée et commentée des traités de *Hisba* d’Ibn abd al-Rauf et de Umar al-Garsifi”. *Hespéris Tamuda* 1: 5-37; 199-214; 349-86
- BARCELÓ, M. (1993): “Al-mulk, el verde y el blanco. La vajilla califal de Madīnat al-Zahrā”, in MALPICA CUELLO, A (ed) *La cerámica altomedieval en el sur de al-Andalus*. Granada: 292-9.
- CASTEJÓN, R. (1961-2): “Madinat al-Zahra en los autores árabes II. Traducciones”. *Al-Mulk. Anuario de Estudios Arabistas* 2: 119-56.
- CHALLIS, K.; PRIESTNALL, G; GARDNER, A; HENDERSON, J y O’HARA, S. (2002-2004): “Corona Remotely-Sensed Imagery in Dryland Archaeology: The Islamic city of al-Raqqā, Syria”. *Journal of Field Archaeology* 29, pp. 139-53.
- CHALMETA, P. (1967) “El ‘Kitāb Fi Ādāb al-Hisba’ (Libro del buen gobierno del zoco) de al-Saqatī”. *Al-Andalus* 32: 152-62
- CRESSIER, P. y VALLEJO TRIANO, A. (2015): “*Madīnat al-Zahrā* et Šabra al-Manšūriyya: Deux versins d’un même scénario”. *Journal of Islamic Archaeology* 2: 139-69.
- DERHAM, B; DOONAN, R; LOLOS, Y y SARRIS. A (2013) “Integrating geochemical survey, ethnography and organic residue analysis to identify and understand areas of foodstuff processing”. In S. VOUTSAKI and S. VALAMOTI (eds) *Diet, economy and society in the Ancient Greek World: Proceedings of the International Conference Held at the Netherlands Institute at Athens on 22-24 March 2010*. Leuven: 47-54.
- DOONAN, R. (in press) “The Organisation and Scale of Metallurgy at a Middle Bronze Age Sintashta Settlement”. *Journal of Archaeological Science*.
- DUCKWORTH, C. AND GOVANTES-EDWARDS, D. (2015) “Medieval glass furnaces in southern Spain”. *Glass News* 38: 9-12.
- ENGLISH HERITAGE (2008): *Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation*. English Heritage, Swindon.
- ESCUADERO ARANDA, J. (1988-1990): “La cerámica decorada en ‘verde y manganeso’ de Madinat al-Zahra”. *Cuadernos de Madīnat al-Zahrā* 2: 127-61.
- FLEISCHER, J.; WYNNE-JONES, S; STEELE, C y WELHAM, K (2012): “Geophysical Survey at Kilwa Kisiwani, Tanzania”. *Journal of African Archaeology* 10 (2): 207-220
- GARCIA GÓMEZ, E (1967): “Anales palatinos del califa de Córdoba al-Hakam II, por Īsā Ibn Ahmad al-Rāzī”. Madrid.
- GARCÍA GÓMEZ, E. (1967) “Armas, banderas, tiendas de campaña, monturas y correos en los ‘Anales de al Hakam II’ por Isa Razi”. *Al-Andalus* 32, pp 163-80.
- GARCÍA PORRAS, A y FÁBREGAS GARCÍA, A. (2010): “Genoese trade networks in the southern Iberian Peninsula: trade, transmission of technical knowledge and economic interactions”. *Mediterranean Historical Review* 25, pp. 35-51.
- GOVANTES-EDWARDS, D; DUCKWORTH, C; CORDOBA DE LA LLAVE, R. (2016) “Recipes and experimentation: the Transmission of glassmaking techniques in Medieval Iberia”. *Journal of Iberian Medieval Studies* 8: 176-95.

- GOVANTES-EDWARDS, D; DUCWORTH, C.; WELHAM, K; PITMAN, D; CUENOD, A; BARBIER, Y y DÍAZ HIDALGO, R (2015). “Campaña de prospección geofísica y geoquímica en Madinat al-Zahra (Córdoba), 2015”. *Anuario Arqueológico de Andalucía* 2015.
- GOVANTES-EDWARDS, D; DUCKWORTH, C; CORDOBA DE LA LLAVE, R; APARICIO SÁNCHEZ, L y CAMACHO CRUZ, C. (2014) “El vidrio andalusí y su composición química: primeros resultados y posibilidades de estudio” *Boletín de Arqueología Medieval* 18: 31-49.
- HERNÁNDEZ SOUSA, J. M. (2014) “El urbanismo islámico en la Sevilla medieval: transformaciones e impacto de los talleres alfareros. Una aproximación al estudio de los hornos cerámicos andalusíes” *Revista Historia Autónoma* 4, pp. 63-82.
- INSOLL, T. (1999) *The Archaeology of Islam*. Oxford.
- JIMÉNEZ, P. *et alli* (1998) “Taller de vidrio y casas andalusíes en Murcia. La excavación arqueológica del Casón de Puxmarina”. *Memorias de Arqueología* 13: 419-58.
- LABARTA, A. y BARCELÓ, C. (1987): “Las fuentes árabes de al-Zahrā: estado de la cuestión” *Cuadernos de Madīnat al-Zahrā* 1: 93-106.
- LEVI-PROVENÇAL, E. AND GARCÍA GÓMEZ, E. (1992) *Sevilla a comienzos del siglo XII. El tratado de Ibn Habdun*. Sevilla.
- MALPICA CUELLO, A. (2002) *La Alhambra de Granada, un estudio arqueológico*. Granada.
- MEOUAK, M. (2003): “Mādīnat al-Zahrā en las fuentes árabes del occidente islámico” *Cuadernos de Madīnat al-Zahrā* 5: 53-80.
- MILWRIGHT, M. (2010) *An Introduction to Islamic Archaeology*. Edinburgh.
- SECO DE LUCENA PAREDES, L. (1955): “Viaje a Oriente. Embajadores granadinos en El Cairo”. *Miscelánea de estudios árabes y hebráicos* IV: 5-30.
- TORRES BALBAS, L. (1934): “Cerámica doméstica de la Alhambra”. *Al-Andalus* II: 387-8
- VALLEJO TRIANO, A. (2010): *La ciudad califal de Madīnat al-Zahrā. Arqueología de su arquitectura*. Córdoba.
- WATSON, D. *Contouring: A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data*. Pergamon Press, London, 1992.

Figura 1. Ubicación de las zonas de prospección

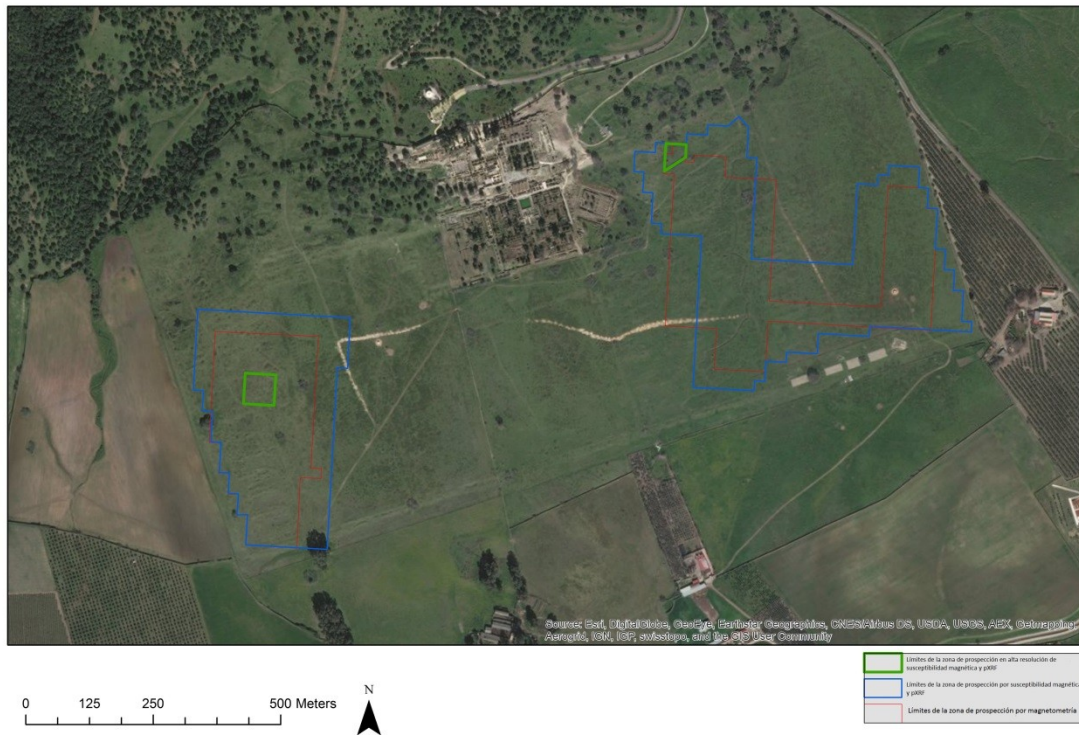


Fig. 1. Ubicación de las zonas de prospección: Líneas en verde: límites de la zona de prospección en alta resolución de susceptibilidad magnética y pXRF; líneas en azul: límites de la zona de prospección por susceptibilidad magnética y pXRF; líneas en rojo: límites de la zona de prospección por magnetometría.

Figura 2: Resultados generales de la prospección de pXRF: plomo

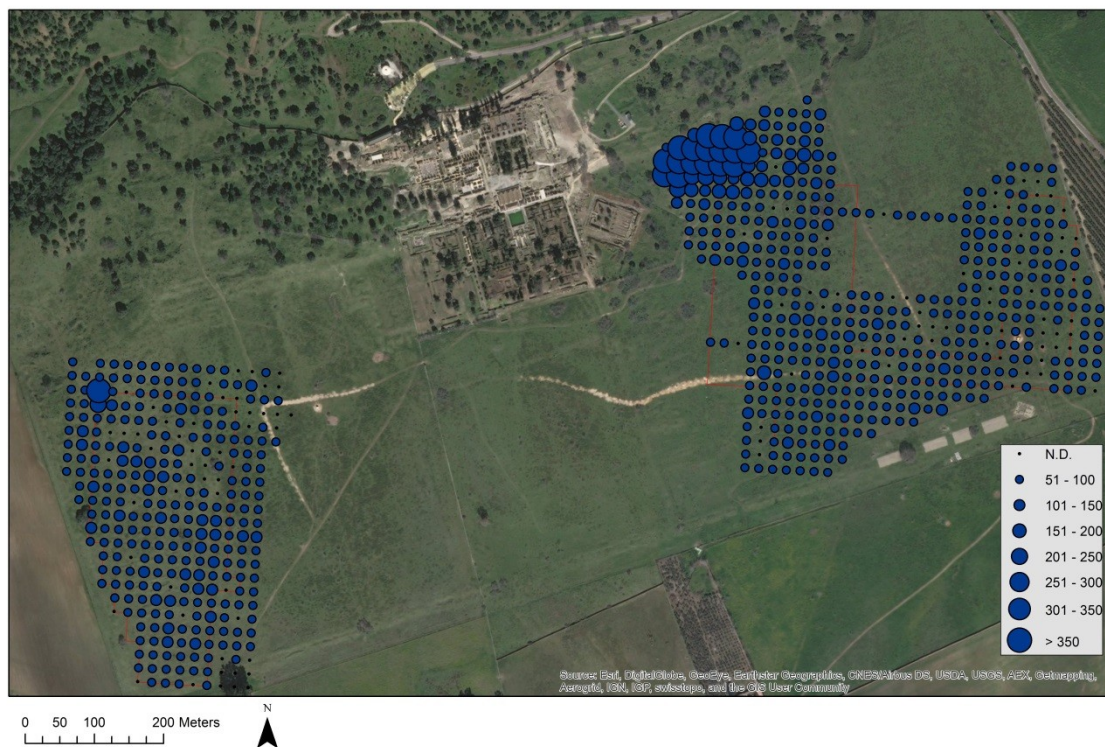


Fig. 2. Resultados generales de la prospección de pXRF: plomo.

Figura 3: Resultados generales de la prospección de pXRF: cobre

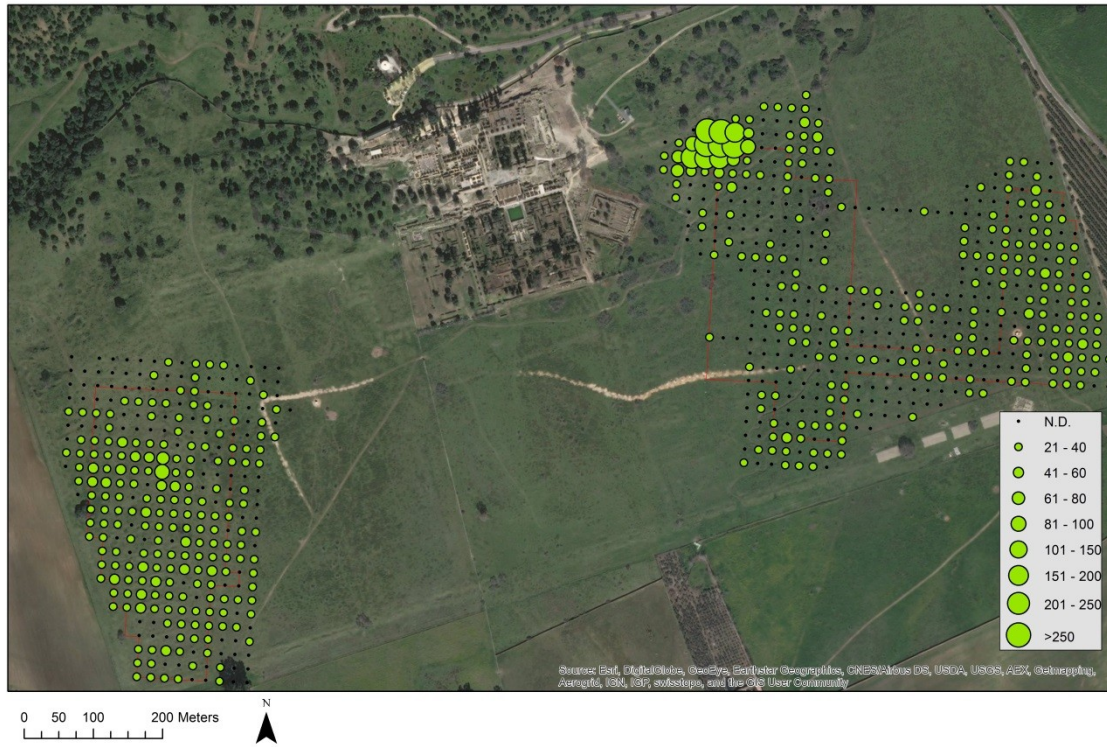


Fig. 3. Resultados generales de la prospección de pXRF: cobre.

Figura 4: Resultados generales de la prospección de pXRF: zinc



Fig. 4. Resultados generales de la prospección de pXRF: zinc.

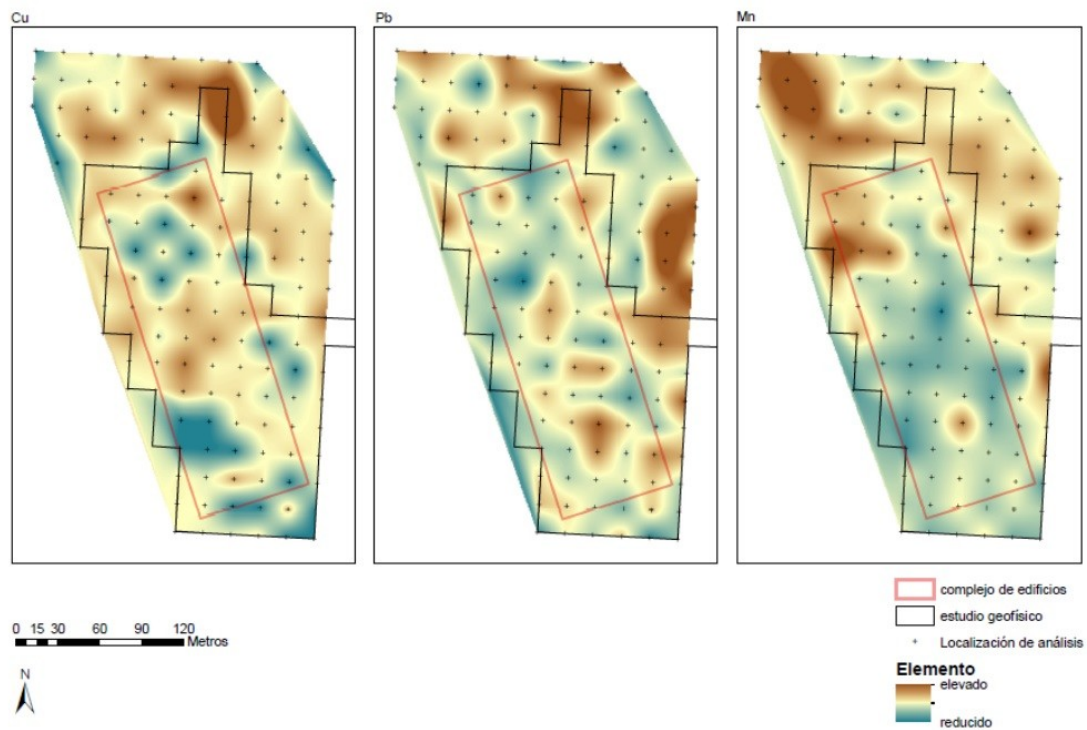


Fig. 5. Representación gráfica de plomo, cobre y manganeso (zona occidental oeste)

Borrador / Pre

Figura 6. Resultados de la prospección geofísica (oeste) (escala 1:2000)

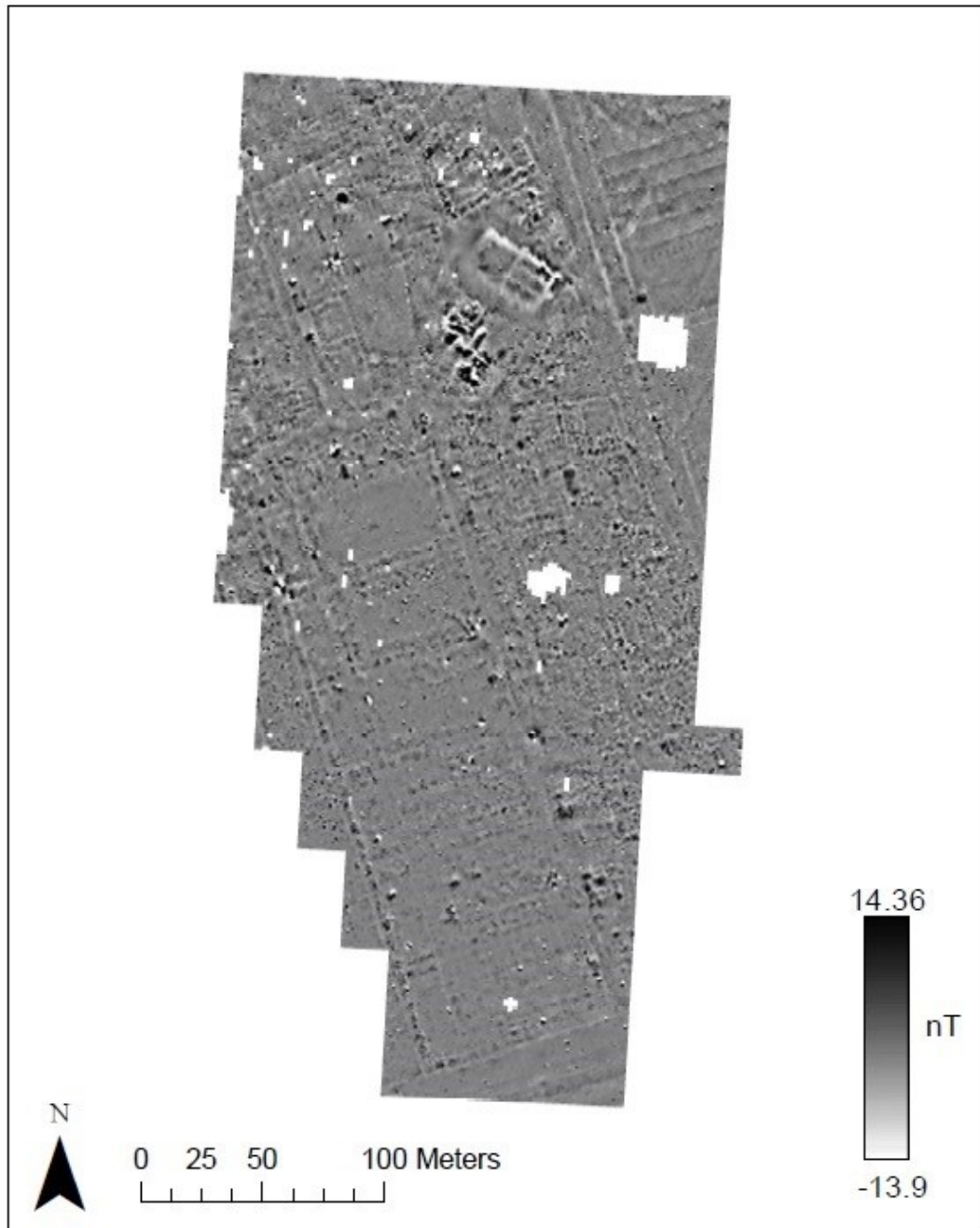


Fig. 6. Resultados de la prospección geofísica (oeste) (escala 1:2000)

Figura 7: Resultados generales de susceptibilidad magnética



Fig. 7. Resultados generales de susceptibilidad magnética

Figura 8: Resultados detallados de plomo, cobre y zinc (oeste)

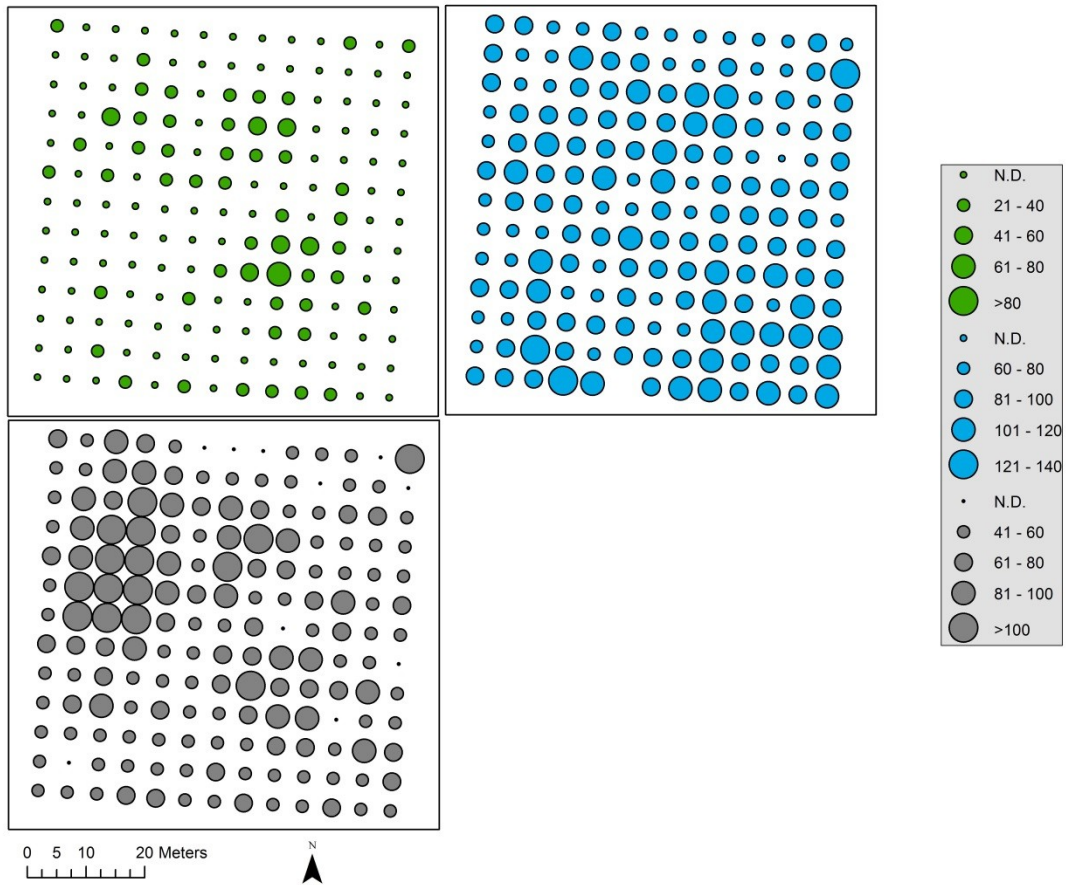


Fig. 8. Resultados detallados de plomo, cobre y zinc (oeste)

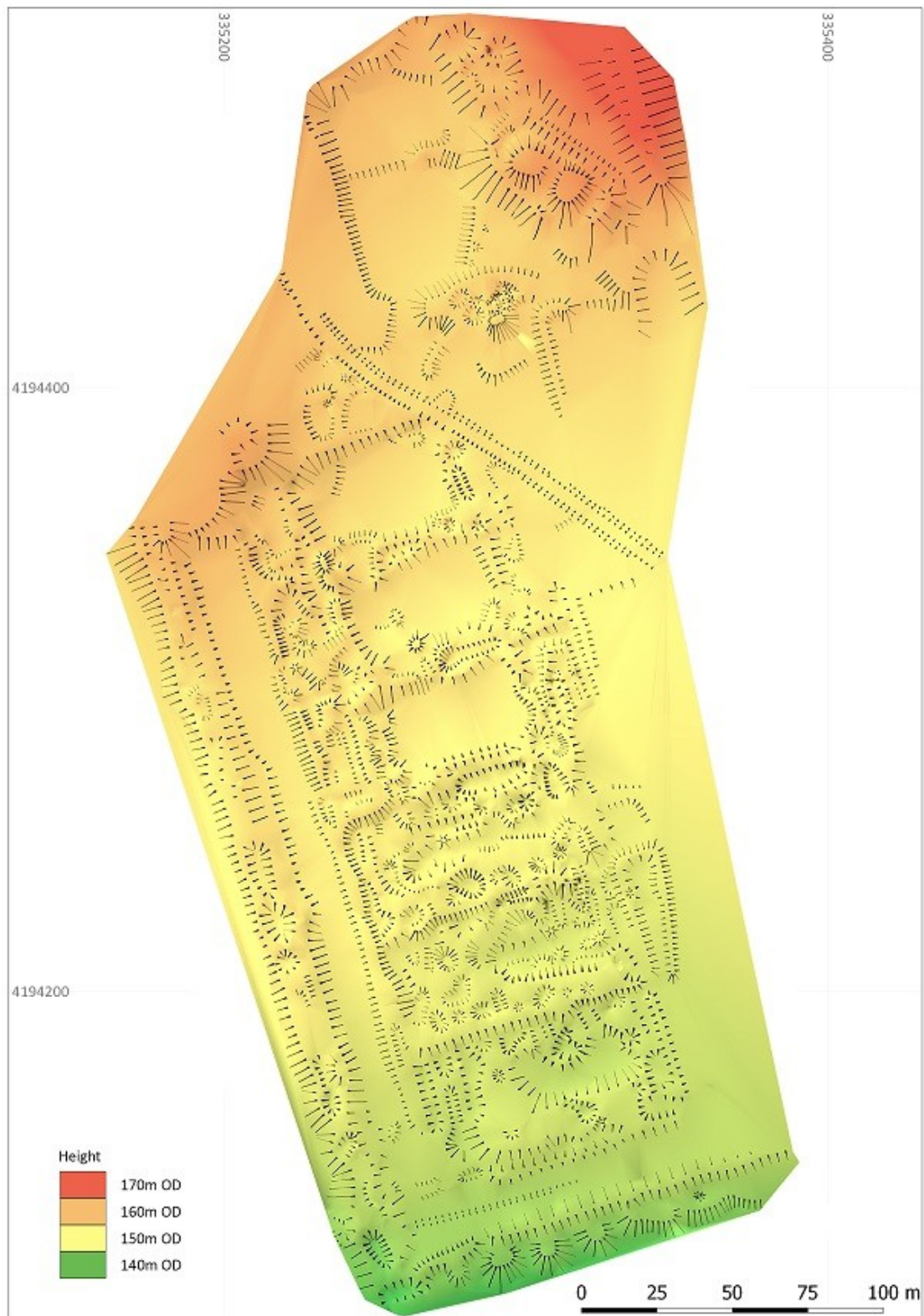


Fig. 9. Resultados prospección topográfica

Figura 10. Resultados de la prospección geofísica (este)

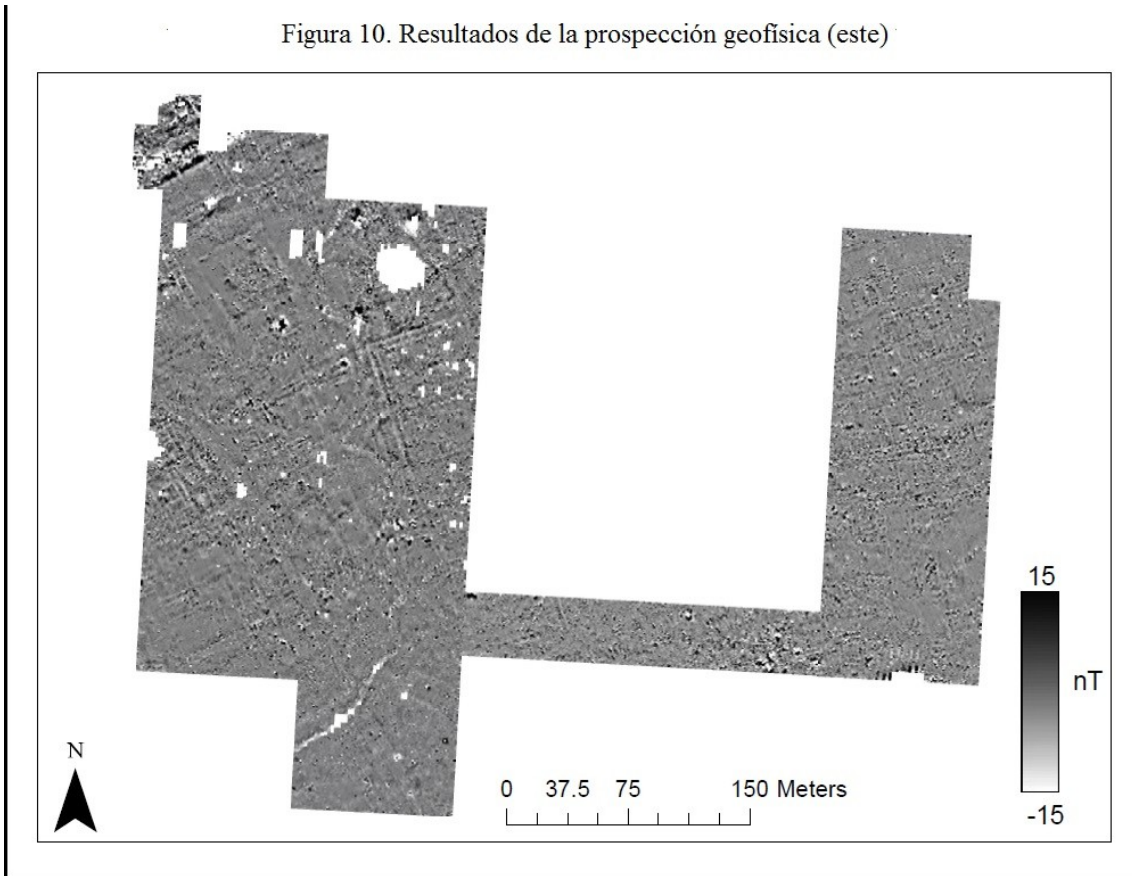


Fig. 10. Resultados de la prospección geofísica (este)

Borrador