

Metodología para la investigación no invasiva aplicada a Torregarcía¹

Tras la descripción de las diversas zonas y estructuras documentadas en el yacimiento, se va a proceder a introducir la metodología de investigación utilizada en el yacimiento. Como ya se ha expresado, las instalaciones purpurarias romanas de Torregarcía, constituyen un caso de estudio adecuado para su análisis a través del empleo combinado de varias técnicas propias de los métodos no invasivos.

En este sentido, el yacimiento reúne algunas características que condicionan y orientan el tipo de método y los instrumentos idóneos para su aplicación en el estudio. En primer lugar, una parte importante de las estructuras constructivas emergentes de las instalaciones antiguas se encuentran visibles, bien porque algunos de sus elementos hidráulicos se hayan mantenido en uso, bien porque los procesos eólicos litorales hayan cubierto y descubierto periódicamente el manto dunar característico de la zona, o bien porque las excavaciones arqueológicas practicadas hayan exhumado parte de las instalaciones. Como resultado de estas circunstancias, gran parte del yacimiento es actualmente visible y otra parte permanece enterrada. Además, es de suponer que también, fruto de la ocupación habitacional y de la actividad productiva desarrollada en Torregarcía, el yacimiento contenga elementos arqueológicos caracterizados como estructuras negativas, algunos de los cuales son visibles, y otros desconocidos.

La aplicación de técnicas y métodos no invasivos en casos como los de Torregarcía se orienta a la consecución de información de utilidad destinada a la documentación y a la investigación del yacimiento. Es decir, en este caso se han realizado trabajos cuyo objetivo principal ha sido la documentación de precisión del estado actual de las estructuras arqueológicas edilicias y del entorno topográfico del yacimiento; y por otra parte se han aplicado técnicas destinadas a obtener información de los elementos enterrados y no visibles del yacimiento, más orientados al estudio y la investigación histórica, y a la obtención de una visión completa del conjunto productivo.

Para los trabajos más orientados a la documentación del estado actual del yacimiento, cabe diferenciar aquellos destinados al análisis topográfico del territorio en el que se asentó la explotación purpuraria en la Antigüedad y los que tienen por objetivo el registro tridimensional de sus estructuras arquitectónicas. Y entre los primeros, distinguimos los recursos que hemos empleado para el análisis de la topografía del yacimiento – *intra-site*

o *micro-* de los utilizados para el estudio del entorno geográfico *off-site* o semimicro.

Para el estudio de la topografía *intra-site* de Torregarcía se han realizado vuelos con UAV, empleando un dron Phantom 4 Pro Plus, recurriendo a diferentes configuraciones según los objetivos planteados en la presentación. Para el análisis *off-site* (capítulo 6), se ha recurrido al posprocesado de los datos del proyecto PNOA-LiDAR del IGN.

Muy destacadas, entre las tareas de documentación, han sido las destinadas a la modelización tridimensional de precisión de las estructuras constructivas de las instalaciones vinculadas a los procesados productivos. Para ello se han realizado trabajos fotogramétricos empleando diversos instrumentos de manera combinada. Por una parte, se ha recurrido a los vuelos en malla cruzada empleando el UAV mencionado; por otra, se ha realizado una fotogrametría tradicional con cámara fotográfica Canon EOS 6D; y finalmente se ha escaneado todo el conjunto con el láser terrestre modelo BLK 360 de Leica (capítulo 7).

Los datos obtenidos mediante estas diferentes técnicas e instrumentos se han combinado para la obtención de modelos tridimensionales de alta precisión, tal y como hemos realizado en otras ocasiones sobre otros bienes patrimoniales (Calvillo *et al.* 2021; Ruiz Barroso *et al.*, 2022). Estos modelos resultan de gran utilidad para el análisis edilicio de la factoría de Torregarcía, así como para la obtención de todo tipo de productos gráficos y técnicos que soporten su documentación volumétrica y su análisis constructivo y funcional. Adicionalmente se generan productos visuales muy adecuados para la difusión cultural a través de las TIC.

Como se ha indicado anteriormente, otro tipo de técnicas e instrumentos aplicados al yacimiento arqueológico se han empleado con objeto de incrementar el conocimiento de sus partes aún invisibles, intervenciones realizadas más con fines de investigación que de registro documental. En este sentido, se han aplicado instrumentos de georradar y magnetometría, los primeros orientados a detectar estructuras arqueológicas de diversa naturaleza, los segundos, además de la detección de estos elementos, orientados a caracterizar el magnetismo del subsuelo que arrojen potenciales interpretaciones funcionales de los espacios arqueológicos.

Para los trabajos de georradar se ha empleado en Torregarcía un equipo adecuado a las características y condiciones geográficas de los espacios de exploración. El yacimiento, como se ha indicado, se encuentra parcialmente excavado,

¹ Este capítulo ha sido coordinado por Lázaro G. Lagóstena Barrios.

cuenta con abundantes estructuras emergentes, aún se conservan los cortes arqueológicos de su intervención, y se encuentra además vallado y cerrado para su protección. Adicionalmente, por su localización en suelos del Parque Natural, cuenta con vegetación endémica y protegida. Por todo ello se ha empleado un georradar de tracción manual, modelo RIS Hi-mod A1 de la compañía IDS, monocanal y bifrecuencia (200-600 MHz). Con este equipo se han realizado exploraciones en los espacios libres del interior del recinto del yacimiento (capítulo 9), y también se ha llevado a cabo una experiencia singular sobre el gran conchero que contiene restos de la actividad productiva de la obtención de *purpura* (capítulo 10).

La segunda técnica geofísica aplicada ha sido la magnetometría (capítulo 8). Por las mismas condiciones mencionadas anteriormente, se ha empleado un equipo Magnetómetro MX V3 de la compañía Sensys. El MX V3 es un magnetómetro multicanal modulable que trabaja con gradiómetros fluxgate FGM650/3 montados en *array* sobre un carro de tracción manual o motorizada. Su diseño modular permite hacer mediciones con diversas configuraciones, siendo muy adaptable a las características del área a prospectar. El número mínimo de canales con los que trabaja el equipo es de 3 y el máximo de 16 gradiómetros. En los estudios de Torregarcía se ha empleado una configuración manual de cinco gradiómetros con separación de 0,25 m entre sí.

Una de las características más relevantes, de las versiones renovadas de los instrumentos y las técnicas de prospección y documentación no invasiva actualmente empleadas, es su capacidad para ofrecer información georreferenciada con precisión. Todos los equipos que hemos empleado cuentan con sistemas de geoposicionamiento y todos los productos obtenidos se hallan georreferenciados y habilitados para su integración en proyectos de análisis empleando Sistemas de Información Geográfica. En nuestras campañas de exploración en Torregarcía se ha empleado, para el uso del georradar, un GPS -GNSS modelo GS14 de la casa Leica. Como apoyo al trabajo del magnetómetro, en cambio, se ha empleado en montaje *base-rover* los GPS de la casa Stonex S10 y S10A respectivamente. Los trabajos de fotogrametría y escaneado láser han sido georreferenciados igualmente con el modelo GPS-GNSS de Leica, y con una estación total modelo Flexline TS06 Plus de la misma casa comercial.

Después de esta introducción, pasemos a analizar los métodos empleados con mayor profundidad y los resultados obtenidos.

El tratamiento LiDAR y el paleopaisaje en el yacimiento de Torregarcía¹

Los espacios costeros son entornos complejos y frágiles situados en la interfaz de la tierra y el mar, y caracterizados por una fuerte dinámica, tanto natural como antropogénica, como se ha visto en el caso del sector oriental de la Bahía de Almería en el capítulo 2. Su estudio paleopaisajístico debe tener necesariamente en cuenta tales especificidades. En este contexto, es precisa la adaptación de los métodos y técnicas de investigación que podríamos denominar “clásicos”, integrando una visión interdisciplinar y con la ayuda de la innovación tecnológica. La evolución de los espacios costeros se caracteriza por su alto dinamismo, por lo que es importante tener en cuenta condicionantes naturales y antrópicos. La combinación de ambos condicionantes permite evaluar la transformación paisajista siendo elementos fundamentales para conocer las potencialidades arqueológicas e interpretar la implantación de los yacimientos (Ménanteau 2005). En este capítulo se explica la metodología para generar un mapa topográfico mediante LiDAR con objeto de conocer los condicionantes del paleopaisaje del yacimiento arqueológico de Torregarcía. Para ello generamos una serie de mapas de situación, viendo la necesidad de hacer una correcta interpretación de los datos LiDAR y analizando una serie de condicionantes naturales y antrópicos que modificaron el actual paisaje. Con todo ello proponemos las líneas y perspectivas para poder reconstruir el paisaje histórico.

6.1. Modelo LiDAR

6.1.1. Metodología

La metodología LiDAR (*Light Detection And Ranging*) es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para medir la distancia entre el aparato y el objetivo, calculando con precisión las coordenadas x, y, z. Un sensor LiDAR es capaz de emitir un haz de luz intermitente que recoge una gran cantidad de datos en poco tiempo. Si se desplaza, es capaz de mapear con eficacia un objeto o lugar. Aunque existen equipos manuales y terrestres, vamos a hablar fundamentalmente de los aerotransportados. Dentro de estos existen dos tipos distintos por el vehículo utilizado, drones o aviones. Para el primer caso es necesario tener el sensor y un dron con suficiente carga de pago para el equipo. En el segundo, el sensor va aerotransportado en un avión y, por tanto, suelen ser datos recogidos por agencias estatales o autonómicas que cuentan con los recursos necesarios. En el caso de Torregarcía, contamos con la información proporcionada por el Centro Nacional de Información Geográfica, para el año 2014. En este

repositorio podemos acceder a una gran variedad de datos de distinto origen, desde ortofotografías actuales a planos antiguos, pudiendo buscar mediante un visor cartográfico el área de interés. Dentro de estos tenemos un apartado con los Modelos Digitales de Elevaciones, desde donde podemos descargar esta información con diferentes resoluciones, a 2, 5, 25 y 200 metros. Sin embargo, para el estudio del paleopaisaje nos interesa tener la máxima resolución, que se puede conseguir gracias a los datos en bruto LiDAR, también accesibles desde el portal web.

El procesado de datos LiDAR consiste fundamentalmente en convertir una secuenciación de puntos con las tres coordenadas en una cartografía en formato ráster (matriz de celdas o píxeles), donde cada celda represente dichos valores. La forma de realizarlo varía dependiendo del *software* utilizado, generalmente con Qgis, ArcGIS o SAGA, pero requiere utilizar complementos externos como Lastools. La metodología para el procesamiento de los datos está siendo analizada y cada vez aparecen nuevas formas de conseguir mejores resultados (Poirier *et al.* 2013; Chase *et al.* 2017). De forma general, el proceso parte de convertirlos por el equipo, de formato .laz a .las. Este primer paso consiste en descomprimir los archivos del primer formato al segundo. Con los datos .las se puede generar un conjunto convertible a distintos formatos como ráster. Sin embargo, estos serían en bruto, es decir, con toda la información espacial que se ha registrado, incluyendo edificios, carreteras, reflejos generados por las nubes u otras cuestiones como errores de interpolación de datos LiDAR. Esta metodología tiene dos grandes fortalezas. La primera es que los haces de luz son capaces de atravesar determinados objetos, como puede ser entre las hojas de los árboles, permitiendo conseguir información de superficie incluso en áreas que no son visibles. La segunda, es que es posible conocer su origen, por lo que podemos extraer la información que no nos interese, dependiendo de la clasificación. Por defecto, los datos vienen clasificados en suelo, baja, media y alta vegetación, edificios, ruido y sobreexposición. De esta forma, convertimos un MDS (Modelo Digital de Superficie) con todos los elementos que lo componen a un MDT (Modelo Digital del Terreno), que sólo tiene información del suelo. Por supuesto, este proceso automático a veces da pequeños errores, dada que la clasificación y la información recopilada puede estar mal ordenada, por lo que es conveniente realizar una propia (Monterroso 2017; Lozić y Štular 2021).

6.1.2. LiDAR en Torregarcía

En el caso que nos ocupa, hemos utilizado la metodología de procesado anteriormente descrita para clasificar los datos y convertirlos en un conjunto en formato ráster.

¹ Este capítulo ha sido coordinado por Pedro Traperó Fernández y Enrique Aragón Núñez.