

Entre los impactos más notables podemos destacar la presencia de escombreras, labores a cielo abierto (cortas), entradas a galerías subterráneas, edificios abandonados, etc. Estos han acelerado sin duda el proceso de alteración del territorio costero donde se localiza el yacimiento de Torregarcía. Por otro lado, uno de los condicionantes antrópicos que más afectarán al paisaje almeriense será el de la deforestación. En ocasiones se ha remitido a los siglos XV y XVI como principales inicios de explotación maderera con motivo de la construcción naval, pero no será hasta el siglo XVIII cuando poseamos evidencias claras del proceso de deforestación que sufre el Sureste de la Península Ibérica. En el siglo XVIII se realizan los primeros inventarios forestales (Gómez Cruz 1991; García Latorre y García Latorre 1995-1996).

Estos documentos muestran que todavía había millones de árboles en las montañas y en los territorios del norte de Almería, aunque en las tierras bajas los bosques aparecían sólo como parches aislados entre extensos matorrales. Las referencias a los grandes animales del bosque se hicieron escasas. No obstante, este tipo de documentos hace referencia a la existencia de bosques en algunas de las zonas más áridas de la provincia hasta los primeros años del siglo XIX como, por ejemplo, en la pequeña Sierra de los Pinos, un lugar en el que las precipitaciones son inferiores a 200 mm/año y donde se inventariaron casi 70 000 árboles (extraordinariamente, este pequeño bosque ha sobrevivido hasta nuestros días). Además, en el Cabo de Gata, un paisaje desértico hoy en día, el botánico Simón de Rojas informó en 1805 de la existencia de “muchos madroños” (Sagredo 1987; García Latorre *et al.* 2001). Será en el transcurso del siglo XIX cuando se perciban los cambios drásticos sobre la vegetación del territorio almeriense a causa de la actividad minera y el uso de carbón vegetal. A pesar de la dinámica descrita, la minería no fue la única razón de la transformación del medio ambiente. Madoz señala otras dos cuestiones importantes: (1) el aumento de la superficie cultivada y (2) el uso doméstico de la leña. De esta forma, en el *Diccionario* de Madoz (1845) se encuentran más de 40 referencias a la deforestación que tiene lugar en la provincia de Almería. En esta dinámica, los bosques desaparecían, el equilibrio hidrológico se alteraba, los procesos erosivos se aceleraban y se producían inundaciones torrenciales de alto factor destructivo. La erosión de los suelos almerienses se ha visto sin duda acelerada, y algunos autores han planteado una conexión directa con los procesos de cambio antropogénicos en las cuencas hidrográficas del sureste semiárido andaluz, en los últimos dos siglos afectando directamente su dinámica natural (Gil Olcina 2007; Garzón-Casado *et al.* 2011). Un elemento sin duda relevante a la hora de entender mejor la transformación del entorno paisajístico de un yacimiento como el de Torregarcía.

6.3. Perspectivas y discusión

Cualquier estudio que pretenda reconstruir un paisaje histórico es una aproximación a la realidad pasada, que depende de cuantos condicionantes consideremos.

Ponderar la importancia de uno u otro es una de las prioridades para tener un acercamiento más fiable. El Modelo Digital del Terreno generado a través de LiDAR nos da la base de la topografía, que tiene que ser complementada con elementos geológicos, ambientales y antrópicos.

El uso de LiDAR para reconstruir la topografía actual es uno de estos criterios básicos, ya que podemos observar espacios que pudieron ser más o menos transformados. Como hemos comentado, la cota general es extremadamente baja, una suave pendiente constante que desemboca en el mar. Esta orografía sólo está gravemente afectada por la acción erosiva de las ramblas, como la ya mencionada de las Amoladeras. El procesado de estos datos ha resultado poco efectivo para determinar la topografía histórica, ya que, si la comparamos con la información geológica, tenemos principalmente cuatro elementos a considerar. El primero son cotas altas que no son afectadas por costa y que se alejan del área de estudio. Segundo, un conglomerado de distinto origen, generalmente fósiles marinos, como manto rocoso en toda la costa, difícil de ser alterado, pero extremadamente plano por su propia configuración y los factores erosivos. Tercero, cordones dunares de diverso origen, como puede ser el eólico, del que no podemos determinar a ciencia cierta su cronología, ya que pueden ser procesos muy rápidos de deposición y erosión. Finalmente, ramblas fluviales generadas por acciones de arrastre aluvial, pero también deposición dada la estacionalidad de las lluvias en la región.

Un criterio fundamental para reconstruir la topografía histórica es ver qué elementos han sido más resistentes al paso del tiempo. Salvando el lecho marino formado principalmente por niveles de glaciares, menos profundos, el entorno de Torregarcía no tiene ningún elemento que por su propia topografía o geología pudiera quedar inalterado. Lo mismo ocurre con los procesos deposicionales, que pueden ser muy recientes y cambiantes como veremos más adelante.

Sí es posible acercarnos a determinar cómo sería la configuración de las ramblas fluviales, caso de la de las Amoladeras, gracias a su topografía y elementos antrópicos, como es un pozo, que es de al menos la mitad del siglo XIX (Madoz 1845, 107). El mismo sobresale actualmente cinco metros y medio sobre el suelo, teniendo una cota relativa de 8,75 metros (Fig. 6.5). Aquí la referencia:

“Desde aquí sigue la playa al ESE. 3 millas donde está la torre de Garcia; y al SE. 2°S. de esta como 3 millas de la de San Miguel también con 2 cañones. Aquí suelen fondear provisionalmente algunas embarcaciones para abrigarse del levante. Se puede fondear en cualquiera parte desde aquí hasta el cabo de Gata, procurando que este quede al SE. para el E. cuyo fondeadero nombran de los Arraletes. Todo su fondo es arena de 8 hasta 20 brazas a dist. de la playa como 3 cables. Este fondeadero es malo en tiempo de invierno, porque el SO. es travesía y levanta mucha mar: y así hallándose

en él con la menor apariencia de este viento, se dará a la vela, porque sólo puede servir en una necesidad. No hay aguada más que de un pozo junto a la torre [sic]”.

La configuración de esta rambla nos muestra una perspectiva interesante y es que al menos en el momento de construcción del pozo, de fecha indeterminada, la cota era muy superior. Esto nos da idea del importantísimo proceso erosivo ocasionado por las crecidas, si bien pueden haberse acentuado por procesos antrópicos modernos, como es la extracción de arenas, la tala y las roturaciones recientes de tierras.

Centrándonos específicamente en el yacimiento arqueológico, su paisaje ha debido cambiar mucho a lo largo del tiempo. Se ha llevado a plantear la hipótesis de que en época romana la orilla estuviera más alejada. La erosión ha provocado la pérdida irreparable de parte del yacimiento de enorme relevancia para el patrimonio histórico-arqueológico del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar y el riesgo del propio enclave arqueológico ante el avance de la erosión (López Medina *et al.* 2022).

Este planteamiento viene respaldado por el análisis de cartografía aérea a través de la ortofotografía Digital Pancromática de Andalucía 1956-57 y las ortoimágenes de España (satélite Sentinel2 y ortofotos del PNOA) que muestran que, aunque los restos arqueológicos se encuentra hoy a unos escasos 10 m de la línea costera, llegaron a estar a más de 50 m de la misma hasta los años 70-80, como ya hemos resaltado en los capítulos 2 y 4.

En la siguiente figura 6.7 se puede observar el cambio radical de la línea de costa. Si comparamos las ortofotografías del Vuelo Americano de 1956, en algunos puntos la costa está efectivamente a más de 50 metros, mientras que otros se mantienen con menor alteración. En la ortofotografía de 1973 del vuelo Interministerial, ya la línea de costa es esencialmente la misma que la actual. Esta comparativa, con el modelo digital generado con datos LiDAR es muy relevante para comprender el proceso de evolución de esta región. Se puede observar que efectivamente desde al menos finales del siglo XX, la línea de playa no se ha visto muy alterada, siendo los cambios de marea mínimos. Tan sólo se aprecia una pequeña variación en algunos

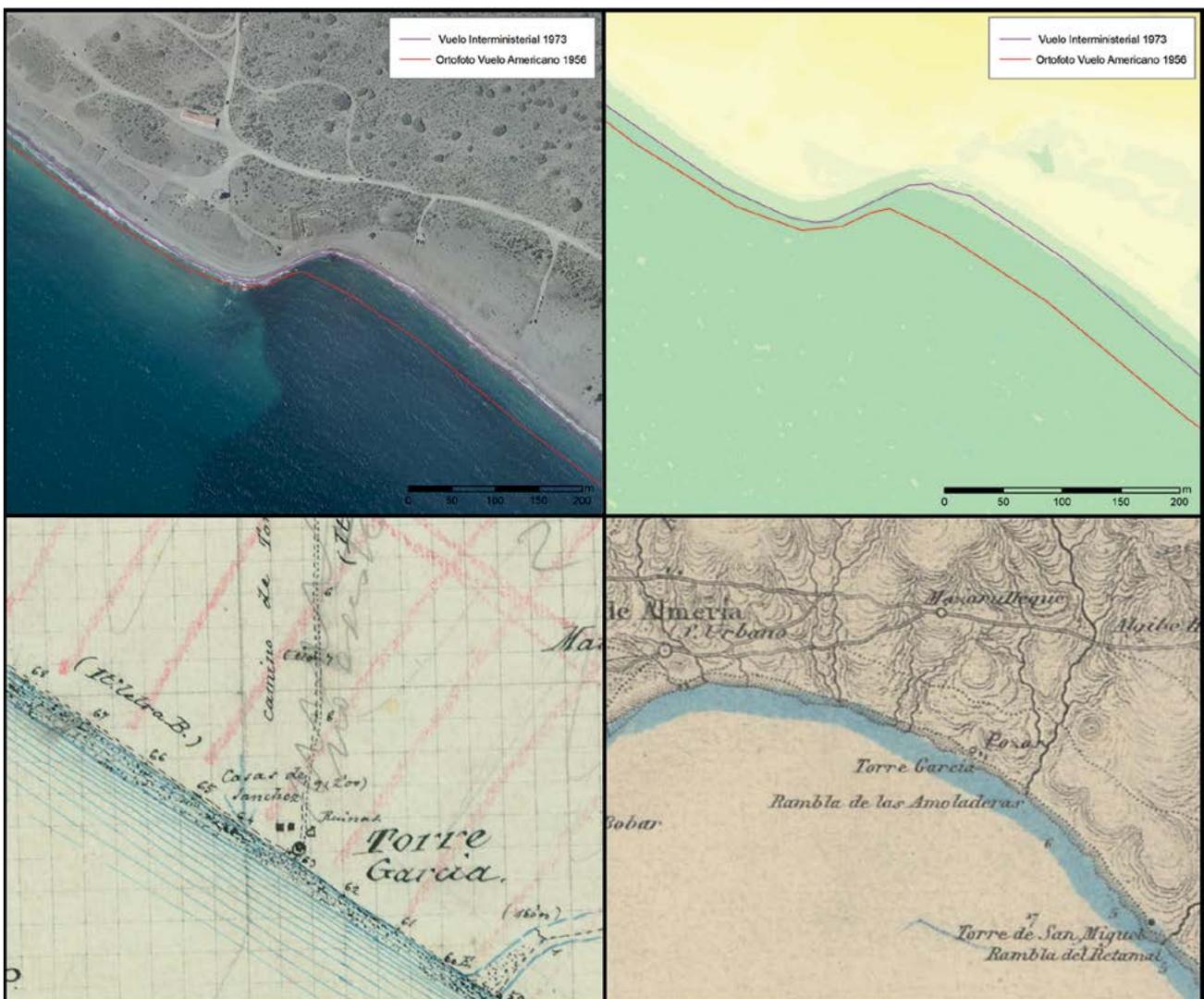


Figura 6.7. Arriba: Ortofotografía actual y MDT comparado con la línea de costa en el vuelo Interministerial de 1973 y el vuelo del Ejército Americano en 1956. Abajo: comparativa de la línea de costa con los mapas topográficos de 1896 (izquierda) y mapa de Coello, 1855 (derecha).

puntos de la línea al sureste del yacimiento. Sin embargo, en la figura del Vuelo Americano, si hay un cambio que topográficamente corresponde con una línea de costa desconocida para nosotros. Hemos revisado la cartografía histórica de la zona, para ver si este proceso se repite y tenemos la información de los mapas topográficos de 1896 donde no se representa este pequeño atolón, cuando sí se presentan en otros puntos de la costa, como en la cercana barriada del Retamar. Además, cabe recalcar que esta discontinuidad en la costa se deba al efecto producido por la falla de Carboneras³. Finalmente, en el mapa de Coello de 1845 es representada con pequeños entrantes y salientes que no corresponden con los actuales, si bien no se trata de una cartografía topográfica tomada en campo como la anterior.

Con esta información podemos plantear como hipótesis que la línea de costa ha cambiado mucho a lo largo del tiempo, al menos en algunos tramos como los que hemos visto. El origen de este cambio puede estar en las labores de extracción de áridos en la zona. Ahora bien, con la visión de prácticamente 200 años de historia en cartografía, podemos ver como se pasa de un perfil aparentemente irregular hasta la costa salpicada de pequeños entrantes y salientes actual, cuya línea se encuentra más al interior que antes. Independientemente de la geología y tectónica de la zona, vemos varias perspectivas.

La primera es que los procesos erosivos ocasionados por la minería, deforestación y roturación de tierras haya generado un mayor depósito de sedimentos. Esto podría dar la percepción que se van a acumular con mayor cantidad en la costa, pero puede ser el efecto contrario. Al no existir una masa forestal que retenga las aguas y al estar más suelos los sedimentos, la dinámica de las ramblas genera un proceso erosivo mucho mayor que el anterior.

Por otro lado, puede ser la acción antrópica resultado directo de la retirada de áridos de estas playas, si bien no sabemos exactamente cuándo se origina esta dinámica. En cualquier caso, es muy probable que el paisaje para época romana fuera muy distinto, estando efectivamente la línea de costa más separada que la actual. Ahora bien, si bien en los siglos inmediatos las acciones erosivas han sido muy grandes, ello no quiere decir que ya empezasen antes, especialmente asociadas a la minería en la región.

³ *Vid.* capítulo 11. Análisis preliminar de la malacofauna del conchero.

La aplicación de la metodología no invasiva en Torregarcía: el levantamiento digital¹

Son muchas las distintas técnicas enmarcadas dentro de la metodología histórico-arqueológica no invasiva que se han aplicado al yacimiento de Torregarcía, como se ha introducido en el capítulo 5. En este, de entre todas esas técnicas, nos centraremos en el levantamiento digital en tres dimensiones. Así pues, para llevar a cabo el estudio de esta *officina purpuraria* y las estructuras de la Zona A.1 allí presentes, resultaba de vital importancia llevar a cabo una documentación digital del lugar.

A la hora de realizar una digitalización de un elemento determinado, mueble o inmueble, existen principalmente dos técnicas distintas. La primera de ellas sería el levantamiento digital mediante el uso de LiDAR. Esta primera técnica se basa en el uso de un escáner láser para la adquisición de los datos necesarios con los que posteriormente se obtendrá un modelo 3D. La segunda de estas técnicas, la fotogrametría, nos permite de igual manera obtener una nube de puntos o una malla en tres dimensiones texturizada, pero basándose en la adquisición de fotografías del elemento objeto de estudio, que serán sometidas a una serie de procesos para obtener dichos recursos 3D. Dentro de la fotogrametría podemos encontrar dos principales subdivisiones, terrestre o aérea, diferenciándose estas por el medio desde el que son tomadas las fotografías.

Ahora bien, para el caso de Torregarcía, no nos hemos decantado por el uso de una u otra técnica, sino que se ha llevado a cabo una combinación de todas las citadas anteriormente, tanto LiDAR como fotogrametría, aérea y terrestre, teniendo como objetivo principal, la generación de un modelo virtual de máxima calidad y precisión, a partir del que obtener información del yacimiento al ser sometido a posprocesos y análisis.

Cabe mencionar que la combinación de diversas técnicas de levantamiento digital no resulta ser algo nuevo, ya que podemos encontrar bastantes trabajos en los que se viene aplicando en elementos patrimoniales de diferente naturaleza (Calvillo Ardila *et al.* 2021).

7.1. Técnicas y equipamiento empleados

7.1.1. Escaneo Láser

Para el levantamiento digital de las estructuras de la Zona A.1 de Torregarcía mediante la tecnología LiDAR se ha empleado un escáner laser de la casa comercial Leica, ampliamente conocida dentro del mundo de la

topografía por la fabricación e integración de ópticas de altísima precisión en toda su gama de instrumentos. Concretamente, el escáner empleado en este caso ha sido el modelo BLK360. Si algo caracteriza a este escáner son sus reducidas dimensiones, permitiendo una alta operatividad a la hora de realizar un levantamiento digital, sin que su fácil manejo y rapidez en la toma de datos conlleve una pérdida de calidad o precisión en la nube de puntos resultante.

El BLK360 funciona mediante un telémetro láser de 360° de acción, con el que captura un total de hasta 360 000 puntos por segundo con presión milimétrica. Dicha tecnología LiDAR se apoya en la integración en el aparato de tres cámaras panorámicas y esféricas HDR (*High Dynamic Range*), con las que la nube de puntos generada en el proceso de escaneo es coloreada, obteniendo el color real de cada uno de esos puntos. Sin embargo, una de las grandes limitaciones que tiene el BLK360, y que condiciona por completo el proceso de la toma de datos tal y como veremos más adelante, es su reducido radio de acción. El escáner de Leica es capaz de tomar puntos hasta una distancia máxima de 60 metros, pero su radio de acción con máxima precisión se ve reducido hasta la mitad, pudiendo llegar a los 30 metros de distancia. Por ello, la manera en la que se plantea el levantamiento digital en campo se ve completamente condicionada por este factor, siendo de vital importancia y consideración para poder generar nubes de puntos de la máxima precisión.

En cuanto al *software* utilizado a lo largo de todo el proceso de obtención de la nube de puntos a partir del escaneo láser, nos encontramos con toda una serie de soluciones informáticas desarrolladas por la propia Leica. El primero de los programas es el Leica Cyclone FIELD 360, una aplicación desarrollada tanto para sistemas iOS como Android, desde la que se opera el BLK360 introduciendo los parámetros de cada uno de los escaneos que se realizarán en las labores de levantamiento digital. Seguidamente nos encontramos con el BLK Data Manager, cuya finalidad es simplemente la de exportar los datos crudos de cada uno de los escaneos efectuados.

Ya una vez obtenidos los datos brutos, comienza la fase de posproceso de la información, comenzando en primer lugar con la utilidad Cyclone REGISTER 360. Esta solución de Leica tiene los siguientes objetivos:

- transformar los datos brutos en nubes de puntos exportables a distintos formatos;
- alinear los distintos escaneos realizados para la documentación digital; y
- georreferenciar la nube de puntos.

¹ Este capítulo ha sido coordinado por Manuel Ruiz Barroso.