

carreteras y especialmente los puentes no han podido ser suprimidos, aunque su existencia no modifica el análisis, ya que se encuentran alejados de la actual línea de costa.

En la figura 6.3 se puede observar una propuesta topográfica clasificada de forma que se vean los lugares que podrían ser susceptibles de formar parte de la costa antigua. La topografía del terreno es bastante suave siendo muy claros los cambios en las desembocaduras de las ramblas aunque no tanto en el interior por la inferencia de elementos antrópicos, principalmente invernaderos. Este tipo de construcciones son eliminadas, pero la topografía base se compone de unas interpolaciones que desdibujan las cotas reales.

Hemos realizado también una serie de perfiles que muestran en general una topografía suave. En el perfil 1 de la figura 6.3, la topografía no aumenta más de 40 metros en 8 kilómetros. La topografía baja paulatinamente desde el noroeste hacia el sureste, con las interrupciones producidas por las ramblas, que sí son un elemento que transforma el paisaje. En el perfil 2 se puede observar bien esta cuestión, siendo uno casi recto salvo donde se encuentra la rambla. En resumen, este elemento está generando una profunda erosión del terreno, que se materializa en una pérdida de cota y en el incremento del aterramiento.

### 6.2.2. Condicionantes naturales

De entre los condicionantes naturales, es importante comparar la geología con la topografía, dado que nos va a dar información de la dificultad de modificación en el tiempo de un determinado estrato. Esto implica que hay áreas que han podido verse más erosionadas, mientras que otras difícilmente pueden cambiar. Igualmente interesa contrastar posibles depósitos aluviales de distinto origen que antes pudieran no existir. Por tanto, necesitamos de una visión general de la geología de la zona, no para saber cómo ha cambiado el paleopaisaje, sino para comprender qué áreas han podido ser más susceptibles de transformación.

En la figura 6.4 podemos observar la geología del área trabajada con LiDAR, a través de los datos del Instituto Geológico y Minero de España. La geología de la zona está formada fundamentalmente por sedimentos neógenos y cuaternarios, con cierta influencia de rocas volcánicas neógenas de la cercana sierra de Cabo de Gata, dado que atraviesa la falla de Carboneras generando la Serrata de Níjar hacia el noreste del área de estudio (Villalobos y Pérez 2006; Lores 2007).

En específico, la zona actual prácticamente está compuesta por estratos de arenas de distinto origen, que se comentarán más adelante. Estos niveles producidos por acciones sedimentarias, a nivel paleopaisajístico pueden ser modificadas a lo largo del tiempo. Sin embargo, tenemos fundamentalmente una geología de areniscas y conglomerados de fauna marina, en algunos casos rota por estas erosiones generando glacis. Por tanto, nos

encontramos con un espacio muy cambiante a lo largo del tiempo, como es la dinámica aluvial de la rambla de las Amoladeras, las playas fósiles, el sistema dunar y la generación de lagunas temporales (Braga y Martín 2007). Estos eventos generan la geología actual, donde el proceso de cambio ha sido muy importante a lo largo del tiempo, por lo que es difícil definir solamente con este condicionante las diferentes áreas que han podido transformarse. En este sentido, Torregarcía se encuentra al pie de la playa actual, sobre un cordón litoral y un conglomerado de origen marino.

La principal fuente de aporte sedimentario en el tramo litoral almeriense proviene del sistema de ríos y ramblas, entendidas estas últimas como cauces poco profundos de aguas superficiales esporádicas, con perfiles transversales en artesa (George 2007). Concretamente, en el espacio costero directamente relacionado con el yacimiento de Torregarcía se identifica la llamada rambla de las Amoladeras. Esta es un estrecho y corto valle asimétrico que presenta una topografía suave, sin superar el 7 % de pendiente y con una altura máxima de 50 m s.n.m. Su morfología está condicionada por la tectónica, como en otros casos de la zona almeriense (Aguirre y Yesares-García 2003). El tramo de la desembocadura tiene una topografía rebajada por la erosión, en el que se pueden identificar restos aislados de depósitos coluviales de escaso espesor, que corresponderían a etapas de erosión debidas a sucesivos encajamientos de la rambla. Finalmente es distinguible, en ocasiones, en su último tramo costero acumulaciones de paleosuelos rojos fosilizados por los depósitos coluviales. Los abanicos aluviales de la rambla de las Amoladeras tienen extensión reducida presentando perfiles radiales cóncavos y perfiles transversales convexos. La serie estratigráfica general se ha establecido en el perfil este de la rambla, que es el que presenta mayor desarrollo y potencia (10 m en su parte proximal). El conjunto basal está constituido por una sucesión alternante de conglomerados gruesos separados por arenas con intercalaciones de conglomerados finos. El conjunto superior, por su parte, muestra una mezcla de depósitos compactos consistente en arenas y guijarros bien cementados con una fauna marina, que representan diferentes niveles de paleoplaya.

En concreto, a lo largo de este tramo litoral vinculado a Torregarcía y la rambla de las Amoladeras, como en general en el de costa identificado con el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, destacan las paleolíneas costeras, con numerosas paleoplayas, algunas muy ricas en fósiles, que pueden estar más o menos levantadas y/o escalonadas. Para el caso de la rambla de las Amoladeras, estas paleoplayas se desarrollaron hasta el Pleistoceno con el dominio del glacis<sup>2</sup> en la desembocadura de la rambla. La singularidad

<sup>2</sup> En este artículo se ha utilizado como referencia los criterios que recoge la obra de George (2007) sobre la definición de glacis definido como un extenso relieve con: a) con longitudes y amplitudes kilométricas; b) de topografía casi plana de escasa pendiente, conformada en este caso por arenas, gravas y cantos de paleoplayas levantadas y escalonadas, y c) surcada por ramblas.

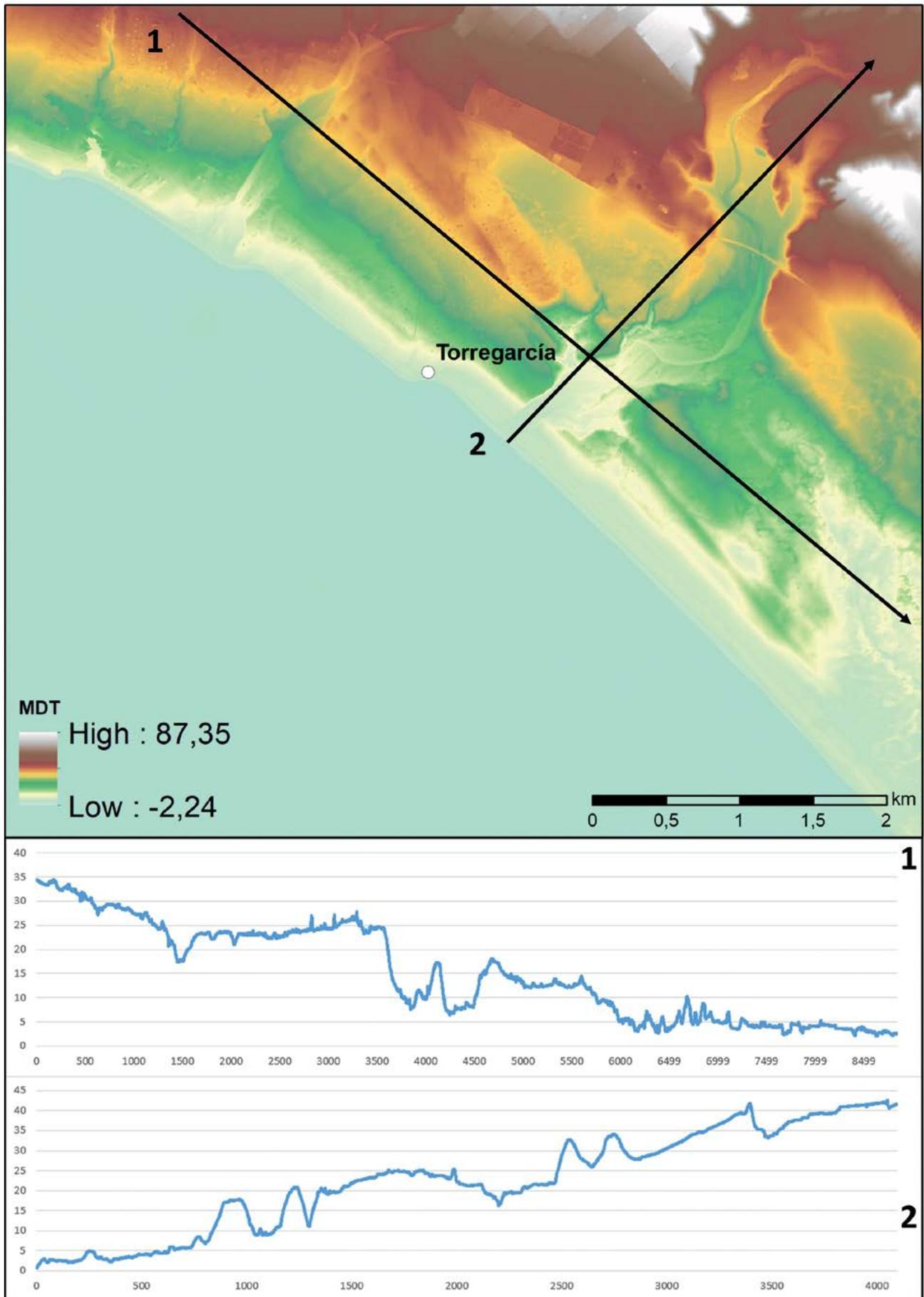


Figura 6.3. Ráster generado con LiDAR clasificado con indicación de dos perfiles topográficos.

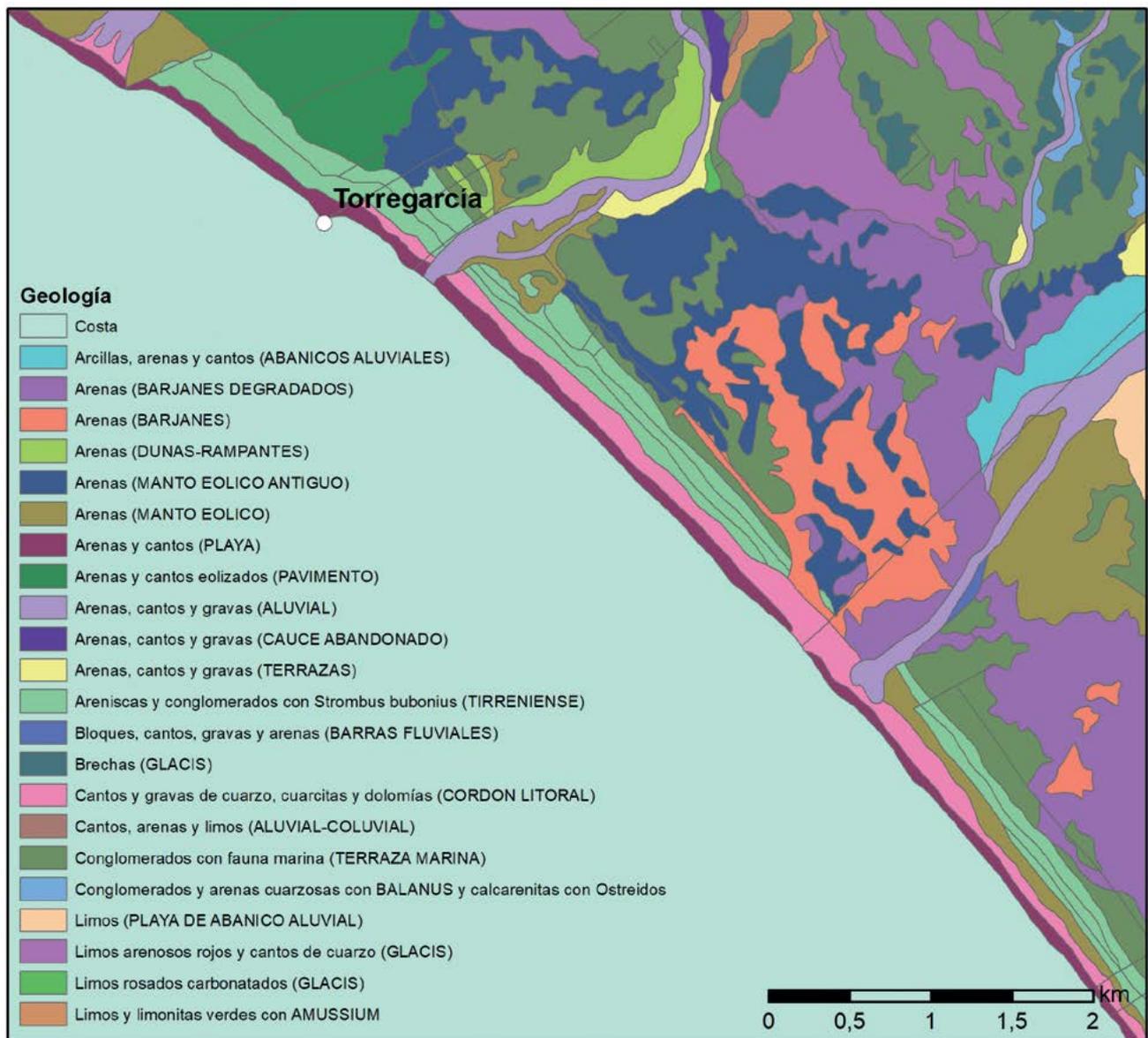


Figura 6.4. Geología del área de estudio.

másica positiva de la rambla de las Amoladeras se encuentra en una progresiva inestabilidad sedimentaria, dado que aporta más áridos a las playas que los que recibe por transportes y depósitos fluviales desde tierra adentro. La inestabilidad sedimentaria de la desembocadura de la rambla de las Amoladeras determina, a su vez, una erosión que remonta en el perfil del cauce, desde la orilla hacia aguas arriba.

En este contexto, las singularidades de acumulación de arenas positivas se identifican con las desembocaduras de las ramblas, y actúan como fuentes de aportes sobre todo a las playas abiertas, como es el caso de la playa de Torregarcía. En contraposición, la propia playa de Torregarcía muestra una dinámica litoral característica que marca las diferencias granulométricas en su orilla en base a un número de factores bien localizados (Martínez-Martínez *et al.* 2015):

- Las fuentes de los aportes de arenas para la acreción de las playas están, en gran medida, en las aportaciones positivas referenciadas para el caso de la rambla de las Amoladeras.
- El oleaje de acreción (de bonanza) predominante, en este marco geográfico en periodo estival, sería del sur-poniente.
- En el periodo invernal, también el oleaje del sur-poniente azota fuerte y participa dominantemente en la erosión, junto con los temporales de levante.
- Las corrientes de deriva, entre la orilla y la zona de rompientes, de acreción y en dependencia con el oleaje del sur-poniente, transportarían y depositarían las arenas hacia el levante.
- La Playa de Torregarcía quedaría a sotamar de las fuentes de alimentación de arenas (singularidades másicas positivas) de la desembocadura de la rambla de las Amoladeras.

- Las corrientes de deriva del levante no transportarían significativamente arenas hacia esta Playa de Torregarcía.
- Como la playa de Torregarcía no recibiría arenas desde la desembocadura de la rambla de las Amoladeras, por las corrientes de deriva provocadas por el oleaje de bonanza del levante, en este ambiente permanecerían las gravas y gravillas residuales de los procesos de erosión, que se habrían llevado a las arenas.

En la línea directamente costera, destaca la amplia área de arenas eólicas de Torregarcía (Tabla 6.1), compuesta por dunas embrionarias y pequeñas, que se combinan con los depósitos de gravas, resultado de un transporte y depósito de áridos a causa de vientos del levante, desde el cauce de la rambla de las Amoladeras. En la morfología costera de la zona se ha marcado la desembocadura de esta rambla como “la fuente más significativa de aportes de áridos, para formar flechas en este marco geográfico” (Martínez-Martínez *et al.* 2015, 67). Es significativo como fósil antrópico la presencia del llamado “pozo de la Amoladera” o “el Pocico” (Fig. 6.5), para sacar el agua de un acuífero, en un entorno de playas levantadas, lo que verifica la funcionalidad de la desembocadura de la rambla de las Amoladeras como singularidad másica positiva, pero en una progresiva inestabilidad sedimentaria (González Asensio 1997b; López-Geta 2010).

La formación de las flechas provocadas por la rambla se ha interpretado como causa directa en la creación de una albufera en las inmediaciones del tramo de la playa de Torregarcía que, posteriormente, se rellenó con depósitos sedimentarios. Estos causarían la fosilización

de las paleolíneas costeras. Directamente relacionado con este episodio en la desembocadura de la rambla de las Amoladeras, es posible identificar, una secuencia de cuatro paleoplayas levantadas y escalonadas, con fósiles que traducen un paleoambiente con clima tropical. De acuerdo con la información ofrecida por el Geoparque Cabo de Gata-Níjar (Geoparque 2016) estas paleoplayas están datadas entre más de 250 000 años y 95 000 años. Siguiendo este esquema tanto los humedales de las Salinas del Cabo de Gata como de la Charca o Charcón de la desembocadura de la rambla Morales se interpretarían como restos de la albufera cegada, que ha evolucionado a glacis en una parte considerable de la misma.

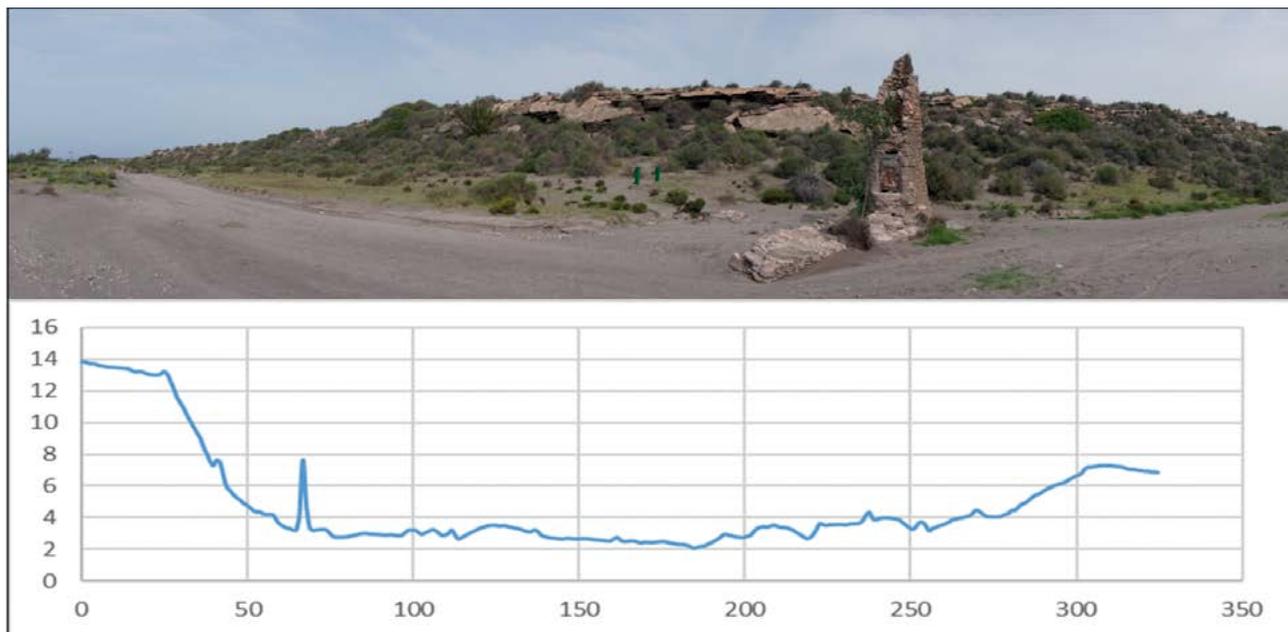
El oleaje es otro de los factores a tener en cuenta a la hora de entender la dinámica litoral. Resultante de la incidencia del viento sobre la superficie del mar, este efecto puede llegar a influir de forma relevante en la conformación de la línea de costa. En el marco geográfico de la playa de Torregarcía, se dan dos vientos casi codominantes:

- viento de levante (del E-NE); y
- viento del poniente-sur (del E-SE, SE-S y S-SW).

El análisis de un periodo de tiempo de largo plazo (desde 1999 a 2009), gracias a los datos que aporta la Estación meteorológica del Aeropuerto de Almería (Martínez-Martínez *et al.* 2015), permite observar las velocidades de los vientos que generan los oleajes. Estos oleajes son relevantes para una mejor comprensión de los procesos de erosión sufridos en este tramo de costa y de los que destaca episodios concretos a lo largo de los diferentes meses del año:

**Tabla 6.1. Localización en el tiempo de los temporales erosivos, por oleajes “sea”, en las playas de arena del Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar, durante un periodo temporal significativo de años, a partir de datos de vientos del Aeropuerto de Almería (1999-2009). (Fuente: Martínez-Martínez 2015, 293 Fig. 6.1)**

MES AÑO	DÍAS POR MES CON VIENTOS FORMADORES DE OLEAJES EROSIVOS												SUMA ANUAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1999	0	1	2	0	2	1	1	0	0	2	0	1	10
2000	0	0	0	5	0	2	1	2	1	1	2	1	15
2001	5	0	3	1	2	4	4	2	1	2	1	0	25
2002	0	0	2	2	2	5	1	0	0	1	0	0	13
2003	1	0	2	4	0	1	0	0	0	2	1	0	11
2004	1	1	3	5	4	1	0	1	0	1	0	0	17
2005	2	0	0	1	1	4	1	0	0	0	0	1	10
2006	0	0	2	1	1	1	0	1	0	2	0	0	8
2007	1	0	1	0	0	1	1	3	2	0	0	1	10
2008	0	1	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	10
2009	2	0	1	1	1	2	0	0	0	1	0	2	11
Σ	12	3	16	26	14	22	9	9	4	14	5	6	



**Figura 6.5. Perfil topográfico de la rambla de las Amoladeras en sentido Noroeste-Sureste y fotografía del pozo. La pequeña elevación de ocho metros se corresponde con el pozo.**

- entre marzo y junio (primavera), por el oleaje que origina los vientos reforzados codominantes del lugar;
- alrededor del mes de octubre, por el oleaje relacionado con fenómenos atmosféricos ligados a depresiones aisladas en niveles altos (DANA), o gotas frías; y
- en torno al mes de enero, por los oleajes dependientes de los vientos relacionados con las borrascas invernales.

Todos estos episodios afectarían, por tanto, a una pérdida progresiva de sedimentos costeros, mientras que los aportes de arenas se situarían en el resto del año estadístico. En un año real en concreto, los procesos de pérdidas y de ganancias de estas en las playas podrían presentar ciertas variaciones en el tiempo. La tabla 1 resume el número de días con vientos sostenidos con velocidades mayores a 30 km/h, por mes y año, en la serie temporal analizada. A partir de 30 km/h, el viento puede formar olas, que suelen rebasar los 2 m. Estas alturas implican la presencia de olas con una energía suficiente como para determinar erosión en las playas de arena.

Finalmente, para el litoral del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, los fondos marinos se caracterizan de forma general por las praderas más occidentales de *Posidonia oceanica*, que delimita las llanuras de arena y fango de los accidentados fondos rocosos, como también se ha resaltado en el capítulo 2. Para el caso concreto de la Playa de Torregarcía localizamos la alternancia de grandes espacios de arena con concentraciones de roca, así como vegetación de alta densidad (*Posidonia*) (Fig. 6.6). La morfología de los sedimentos se caracteriza por depósitos no consolidados medios-gruesos en el primer tramo (profundidades de -5 m) a finos-medios en el segundo tramo (profundidades de -5 m a -15 m). La batimetría además nos muestra un progresivo descenso que va desde

los 0 a los -15 m en una línea de 850 m, lo que desarrolla un perfil de profundidades muy suave (Romero *et al.* 1997).

Como último elemento para tener en cuenta entre los condicionantes naturales, se encuentra la sismología del Sureste peninsular, que sin duda juega un papel relevante en la modificación de la realidad paisajística que hoy día conocemos y que viene siendo elemento de actualidad hasta nuestros días (Espinar 1994). Históricamente, existen testimonios para los siglos XVII y XVIII (González Dávila 1771) que hacen referencia a algunos terremotos que afectaron a la ciudad de Almería, como ocurrió en 1614, en el mes de octubre. Directamente conectados con nuestra área de estudio se registraron en diciembre de 1658, en Almería y toda su comarca, terremotos que se describen como “intensísimos”. En el Acta del Ayuntamiento de Almería del 4 de enero de 1659 consta que, el 31 de diciembre del año anterior, hubo un gran terremoto que afectó a las fortificaciones y castillos de la parte del Levante de la ciudad y que otras torres como las de San Pedro, la Carbonera, Torrejón del Cabo y Torre de la Testa acabaron igualmente afectadas por el temblor, llegando incluso a derribar un pedazo de la muralla. Una descripción muy detallada de estos fenómenos la debemos a don Antonio de Mendoza y Quesada, que escribió al Duque de Maqueda. Este testimonio se conserva en el Archivo de esta familia nobiliaria, ubicado en la Plaza de Santo Domingo de Madrid y, de acuerdo al catálogo de Galbis, se encuentra en el legajo 60, apartado F (Toro 1849; Galbis 1932, 38-39):

“...Serían las una cuando la tierra giraba y arrastraba torres hacia el mar, y creímos sepultarnos en las olas, por lo cual huimos hacia la Alcazaba; pero ésta se caía, rodaban murallas y su suelo se llenaba de grietas,

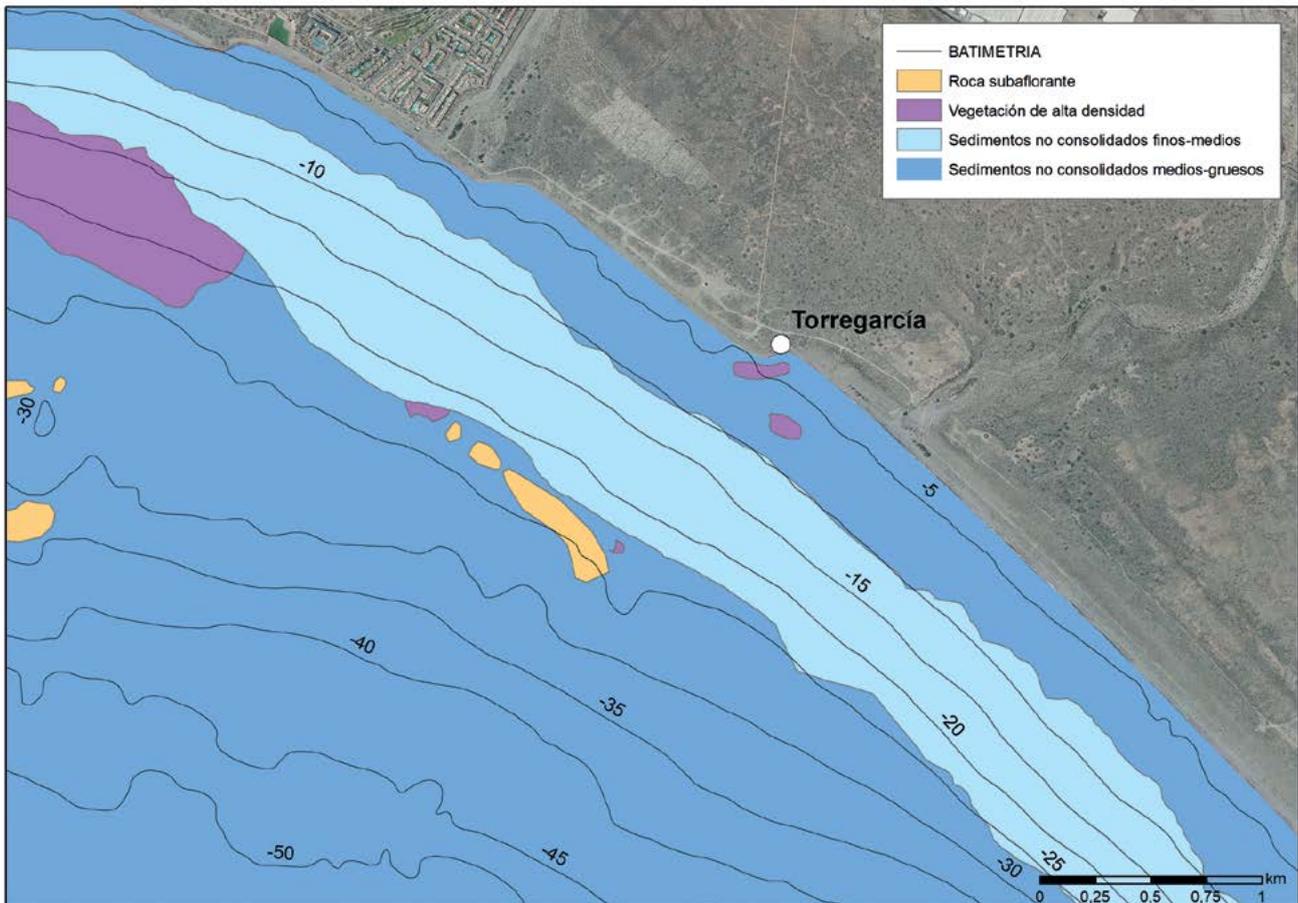


Figura 6.6. Tipo fondo Marino y morfología sedimentaria del área de estudio.

sonando bloques en lo hondo. Entre los dos fuertes se sentían ruidos y hervir agua, y las lastras de la Chanca se elevaron, echando el agua hacia el mar y empujando las olas, y a las cinco supimos que en el Barranco del Infierno humeaba la tierra, y cayeron torres, como la de La Testa de Torrejón, y pedían ayuda desde San Pedro, pues mucha gente de armas moría entre las piedras...”

Los efectos son devastadores, llegando a la zona de Cabo de Gata, y algunos autores lo han catalogado como de magnitud VIII-IX (Espinar 1994, 164). Junto a estos, otros seísmos han sido registrados a lo largo de la historia de Almería que igualmente han rondado magnitudes de grado entre VI y IX. A pesar de que desconocemos cómo este tipo de eventos afectaron al patrimonio costero almeriense en concreto, en la actualidad existen autores que han puesto de manifiesto la incidencia de estos episodios catastróficos y el gran riesgo que suponen para el patrimonio (Bennett y McLeod 2017).

### 6.2.3. Condicionantes antrópicos

El entorno costero de Almería muestra una importante modificación paisajística desde la Antigüedad a partir del aporte de sedimentos que se reflejan en los cauces fluviales y en el cambio de la línea de costa, como consecuencia de una profunda acción antrópica, tal y como muestran diferentes estudios previos sobre el geológicos de la

provincia (Arteaga y Hoffmann 1987; Hoffmann 1988, 45-48). El impacto que la actividad humana ha generado sobre el territorio, y en concreto en el yacimiento de Torregarcía, ha sido manifestado recientemente (López Medina *et al.* 2022), destacando la actividad minera que sufrió el territorio a lo largo de su historia (Sánchez Picón 1981; Muñoz Buendía 2007). Igualmente, relevante fue la extracción y explotación de arenas con un registro de 17 520 317 m<sup>3</sup> de las costas almerienses hasta su prohibición en 1996 (López Medina *et al.* 2022), con especial incidencia en el tramo del cordón dunar de Cabo de Gata donde en las cercanías se constató un registro de extracción de áridos de unos 20 000 m<sup>3</sup>/año entre 1965 y 1973 (Viciara 1999, 84; 2001, 416-422). Las zonas mineras directamente vinculadas al área de estudio constituyen el área ocupada entre Rodalquilar y San José y también Sierra Alhamilla, las cuales han presentado desde la Antigüedad una importante actividad minera.

El origen de los yacimientos minerales vinculados a la Sierra del Cabo de Gata está relacionado fundamentalmente con la presencia de calderas, el relleno de filones y las alteraciones hidrotermales de las rocas volcánicas. Los principales metales objeto de explotación han sido el plomo, el zinc, el manganeso, el cobre, la plata y el oro, con una intensa actividad minera conocida desde la Prehistoria (Ortiz 2007, 2) y que ha sido analizada en el capítulo 3.