

# Caracterización del dominio marino-terrestre en la costa erosiva del Cabo de Gata (Almería)

## Characterization of the marine-terrestrial domain on the Cabo de Gata erosive coast (Almería)

Augusto Rodríguez García<sup>1</sup>, Juan Pablo Alonso<sup>2</sup> y Ángela Suárez Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico y Minero de España. Unidad de León. Avda. Real, 1 (Parque Científico de León), 24006, León. a.rodriguez@igme.es

<sup>2</sup> C/Catedrático Francisco Beceña, 10, 33006, Oviedo. jpalonsopelaez@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Geológico y Minero de España. Unidad de León. Avda. Real, 1 (Parque Científico de León), 24006, León. a.suarez@igme.es

### ABSTRACT

The coast of Cabo de Gata Natural Park presents stretches of deposition (8 km) and erosion (67 km). In the erosion stretches, attending to geomorphological (gravitational and coastal) and presence/absence of vegetation, three domains have been identified: marine, marine-terrestrial and terrestrial. These domains, depending on their slope relationships, make up different coastal profiles. The limits among these domains can be scarped or not. The latter case is difficult to identify. Finally, the non-scarped limits present some lithological and topographic (slope and orientation) characteristics that could help to facilitate their cartography.

**Key-words:** erosion coast, marine-terrestrial domain, cliffs.

Geogaceta, 64 (2018), 151-154  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

### Introducción

Los estudios detallados sobre procesos litorales en costas erosivas son escasos en comparación con los llevados a cabo en costas deposicionales (playas, dunas, estuarios y deltas).

En el Parque Natural del Cabo de Gata (Almería) predominan las costas erosivas. El objetivo de este trabajo es la caracterización, en este tipo de costas, de dominios costeros basados en el grado de influencia de los procesos litorales. La importancia de esta descripción radica en que se identifican terrenos con diferentes riesgos geomorfológicos para personas y bienes y diferentes valores en los trabajos de delimitación del Dominio Público Marítimo-Terrestre (Adrados González y Fernández Iglesias, 2006).

### Zona de estudio

El Cabo de Gata se encuentra en el sureste de la Península Ibérica (Fig. 1). La zona de estudio comprende la zona costera entre la Playa de la Fabriquilla, al oeste del Cabo de Gata, y la Playa de los Muertos, al sur de la localidad de Carboneras (Fig. 2).

Desde el punto de vista geológico, en la costa del Cabo de Gata afloran rocas volcánicas neógenas (andesitas, dacitas, brechas piroclásticas y tobas), rocas sedimentarias neógenas (calcareñas, brechas calcáreas y margas), y materiales cuaternarios (depósitos de ladera, abanicos fluvio-torrenciales, playas, terrazas litorales y dunas).

La costa del Cabo de Gata presenta una longitud de 75 km (Tabla I), medida a escala 1:1.500 en ortofotografías con resolución de 25 cm del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Esta costa presenta dos tramos bien diferencia-

### RESUMEN

La costa del Parque Natural del Cabo de Gata presenta tramos deposicionales (8 km) y erosivos (67 km). En los tramos erosivos, atendiendo a características geomorfológicas (gravitacionales y litorales) y presencia/ausencia de vegetación, se han identificado 3 dominios costeros: marino, marino-terrestre y terrestre. Estos dominios, atendiendo a sus relaciones de pendiente, conforman diferentes perfiles costeros. Los límites entre estos dominios pueden presentar o no escarpes, siendo en este segundo caso difíciles de identificar. Por último, los límites no escarpados identificados presentan algunas características litológicas y topográficas (pendiente y orientación) que pueden ayudar a facilitar su delimitación cartográfica.

**Palabras clave:** costas erosivas, dominio marino-terrestre, acantilados.

Recepción: 1 de diciembre de 2017  
Revisión: 6 de abril de 2018  
Aceptación: 25 de abril de 2018

dos, una costa deposicional (8 km) y una costa erosiva (67 km). En la costa deposicional se identifican playas de desembocadura (*beaches supplied with fluvial sediment*, según Bird, 2000). Por otra parte, en la costa erosiva se identifican movimientos de ladera que evolucionan en acumulaciones de bloques y playas de acantilado

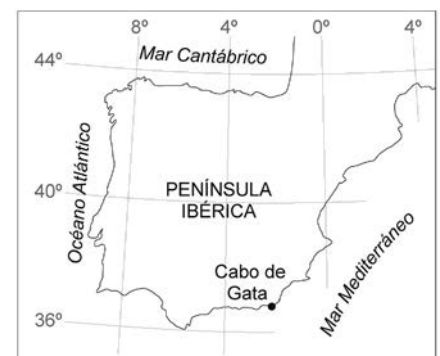


Fig. 1.- Localización geográfica del Cabo de Gata.  
Fig. 1.- Cabo de Gata geographical location.

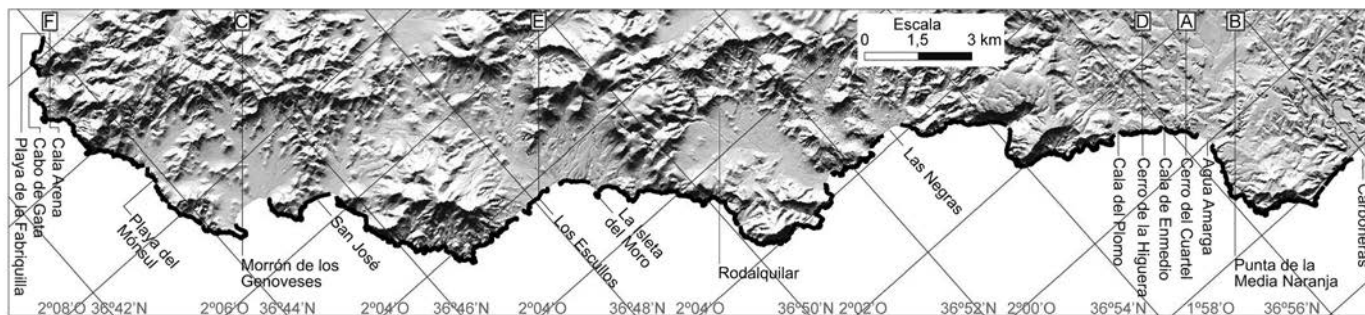


Fig. 2.- Costa del Cabo de Gata. Se representan las costas erosivas (negro); el resto son costas deposicionales. Las letras mayúsculas indican la localización de las fotografías de la Figura 3.

Fig. 2.- Cabo de Gata coast. Erosion coasts (black) are represented; others are deposition coasts. Capital letters indicate the location of Figure 3 photographs

(beaches supplied from eroding cliffs, según Bird, 2000), costas rocosas, y plataformas costeras.

**Metodología**

El alcance de los objetivos propuestos se ha basado, primero, en la realización de un mapa litológico a escala 1:50.000, derivado de la cartografía geológica previa (Goy *et al.*, 1981, Pineda Velasco *et al.*, 1981a, b); segundo, en la fotointerpretación de ortofotografías (PNOA) e imágenes (Google Earth); tercero, en datos de campo; y, cuarto, en la delimitación cartográfica de dominios costeros a escala 1:3.000.

Para los trabajos de elaboración y análisis cartográfico se utilizó el Sistema de Información Geográfica QGIS 2.14.0 (Essen), mientras que para el trabajo de campo se utilizó el programa Fieldmove (Midland Valley).

**Dominios costeros**

En la costa erosiva del Cabo de Gata se pueden identificar 3 unidades o dominios principales (Figs. 3A-F): dominio marino, dominio marino-terrestre y dominio terrestre.

*Dominio marino*

El dominio marino (Dm) está afectado por la actuación continua de los procesos litorales, destacando entre estos la acción hidráulica

	Long (m)	%
LÍNEA DE COSTA	75 225	100,0
Costa deposicional	8 438	11,2
Playas de desembocadura	8 438	11,2
Costa erosiva	66 787	88,8
Playas de acantilado	7 830	10,4
Acumulaciones de bloques	10 079	13,4
Costa rocosa	34 378	45,7
Plataforma costera	13 117	17,4
Costa antropizada	1 383	1,8

Tabla I.- Formas del relieve en la línea de costa del Cabo de Gata.

Table I.- Landforms in Cabo de Gata coastline.

del oleaje y la abrasión producida por el sedimento removilizado. Se trata del dominio más activo.

Este dominio se caracteriza por la ausencia de cubierta vegetal, aflorando tanto formas erosivas como deposicionales.

En la base de este dominio son frecuentes las formas erosivas como los voladizos y las cuevas generados por el oleaje y, en el caso de las costas rocosas carbonatadas, por los procesos de disolución. En ocasiones, la acción continua de los procesos litorales también genera plataformas costeras, ligeramente inclinadas hacia el mar y modeladas sobre el sustrato rocoso.

Las formas deposicionales más frecuentes son los depósitos gravitacionales inducidos por la socavación basal de este dominio por parte de los procesos litorales. Estos depósitos se pueden encontrar en los tres dominios costeros mencionados, sin embargo, tienden a acumularse en la base de este dominio. La actuación repetida de los procesos litorales hace que estos depósitos, en primer lugar, sean mucho más frecuentes en las laderas costeras que en las continentales y, en segundo lugar, que estén en continuo proceso de desmantelamiento. En función del grado de evolución de estos depósitos se pueden diferenciar desde acumulaciones de bloques a playas de cantos y arenas.

*Dominio marino-terrestre*

El dominio marino-terrestre (Dmt) está afectado por el *spray* marino, las salpicaduras de oleaje o por el oleaje de tormenta.

Debido a la menor incidencia del oleaje, en este dominio empiezan a aparecer las primeras comunidades vegetales.

A lo largo de este dominio son frecuentes las cicatrices gravitacionales. Se trata de superficies de rotura asociadas a los depósitos gravitacionales, con un trazado en planta cóncavo y subparalelo a la línea de costa; pueden aparecer aisladas o formando grupos escalonados; y su

presencia está condicionada por planos de discontinuidad como el diaclasado o la estratificación. Estas formas erosivas se pueden encontrar en los tres dominios mencionados, sin embargo, es frecuente la presencia de cicatrices gravitacionales asociadas a la socavación basal del dominio marino, marcando el límite entre los dominios marino-terrestre y terrestre.

*Dominio terrestre*

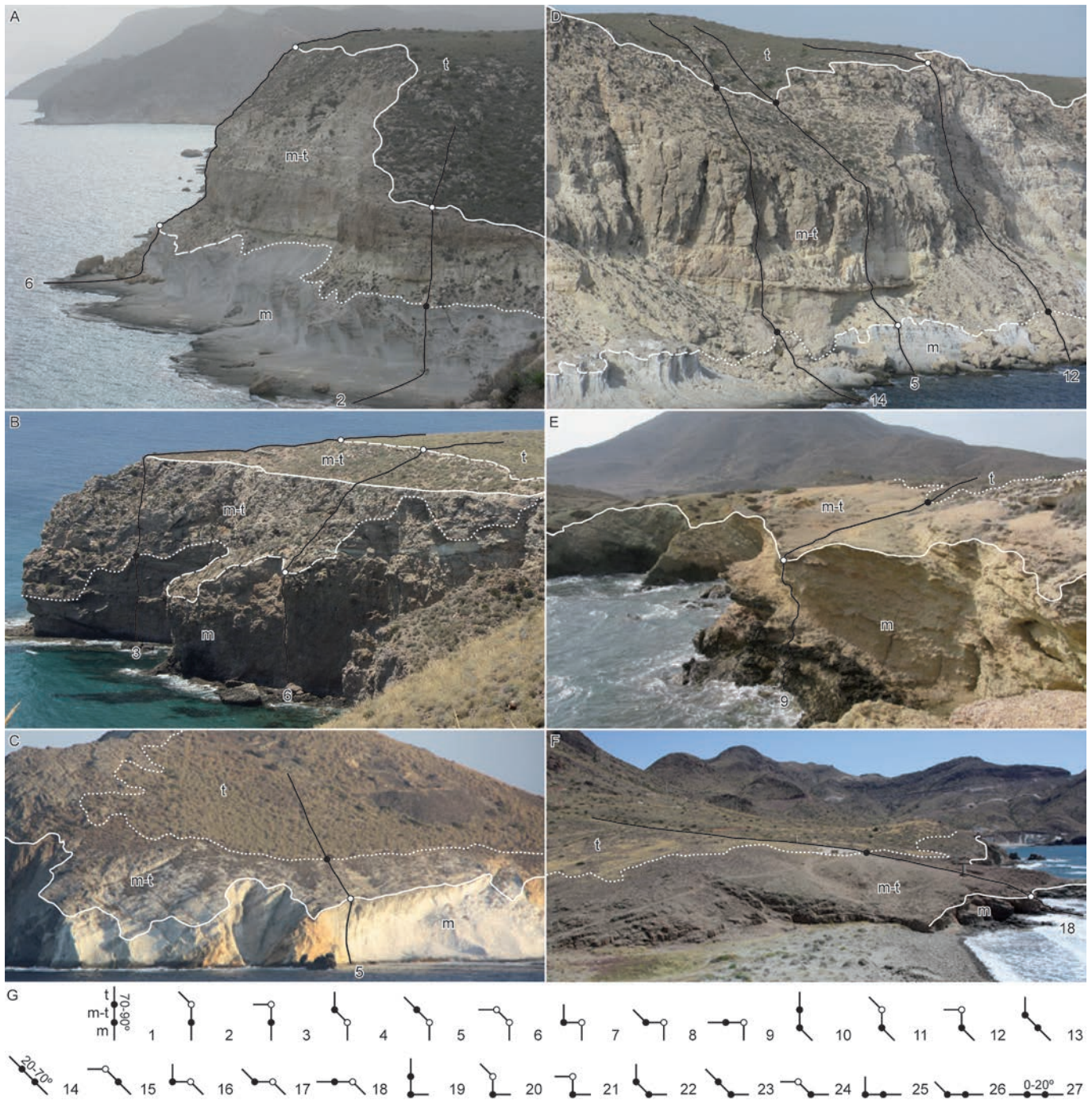
El dominio terrestre (Dt) no está influenciado por los procesos litorales anteriormente mencionados y se caracteriza por la presencia de formas del relieve típicamente de origen continental (gravitacionales, fluvio-torrenciales, etc.).

**Perfiles costeros**

Los dominios costeros pueden presentar diferentes pendientes. En este sentido, los dominios pueden ser subverticales, cuando su pendiente oscila entre los 70-90° (Dm de la Fig. 3B), inclinados, entre los 20-70° Dmt de la Fig. 3C), y subhorizontales, entre los 0-20° (Dt de la Fig. 3E). Adicionalmente, los dominios pueden ser simples, cuando todo el dominio tiene una pendiente relativamente uniforme (dominios de la Fig. 3C), o compuestos, cuando presentan tramos con distintas pendientes (dominios de la Fig. 3A).

Teniendo en cuenta la pendiente, los dominios costeros presentan diferentes relaciones geométricas entre ellos, conformando de este modo diferentes perfiles costeros (Fig. 3G). En este sentido, los perfiles pueden ser simples, cuando todo el perfil tiene una pendiente relativamente uniforme (perfiles 1, 14 y 27 de la Fig. 3G), o compuestos, cuando presentan dominios con distintas pendientes (perfiles 2-13 y 15-26 de la Fig. 3G).

En la zona de estudio se han identificado hasta 8 tipos de perfiles costeros (perfiles 2, 3, 5, 6, 9, 12, 14 y 18 de las Figs. 3A-F).



**Fig. 3.-** Dominios y perfiles costeros en el Cabo de Gata. A) Cerro del Cuartel. B) Punta de la Media Naranja. C) Morrón de los Genoveses, D) Cerro de la Higuera. E) Los Escullos. F) Cala Arena. G) Perfiles costeros teóricos. Las letras minúsculas indican los dominios marino (m), marino-terrestre (m-t) y terrestre (t); y las líneas blancas indican los límites entre dominios, indicando además los escarpes de acantilado (continuas), los escarpes (discontinuas), y los límites *sensu stricto* (punteadas). Los números indican los tipos de perfiles costeros teóricos; las líneas negras muestran los perfiles costeros; y los puntos indican los límites entre dominios, indicando además los escarpes (blancos), y los límites *sensu stricto* (negros). Ver figura en color en la web.

**Fig. 3.-** Cabo de Gata coastal domains and profiles. A) Cerro del Cuartel. B) Punta de la Media Naranja. C) Morrón de los Genoveses. D) Cerro de la Higuera. E) Los Escullos. F) Cala Arena. G) Theoretical coastal profiles. Lower-case letters indicate marine (m), marine-terrestrial (m-t) and terrestrial (t) domains; and white lines indicate domain boundaries, also indicating cliff scarps (continuous), scarps (discontinuous), and limits *sensu stricto* (dotted). Numbers indicate the types of theoretical coastal profiles; black lines show coastal profiles; and dots indicate domain boundaries, also indicating, scarps (white), and limits *sensu stricto* (black). See color figure in the web.

Esta diferenciación de las costas erosivas atiende a las clasificaciones de acantilados de Emery y Kuhn (1982) y Adrados González y Fernández Iglesias (2006).

**Límites costeros**

Los límites entre dominios pueden presentar o no escarpes, es decir, cambios bruscos de pendiente (Fig. 3). En este trabajo, al

límite superior de los dominios marino y marino-terrestre, si presenta escarpe, se le denomina escarpe marino (Em) y escarpe marino-terrestre (Emt) respectivamente, y por el contrario, si no lo presenta, límite marino

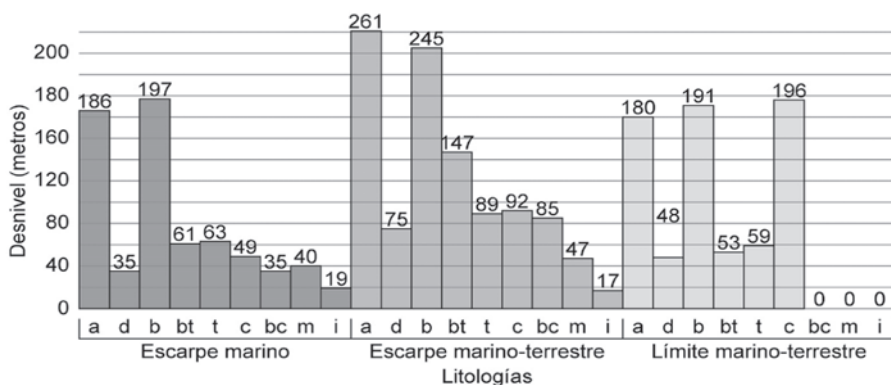


Fig. 4.- Desnivel máximo para cada límite costero y litología. Claves: andesitas (a), dacitas (d), brechas piroclásticas (b), brechas piroclásticas y tobas volcánicas (bt), tobas volcánicas (t), calcarenitas (c), brechas calcáreas (bc), margas (m) y materiales indeferenciados (i).

Fig. 4.- Maximum height difference for each coastal limit and lithology. Keys: andesites (a), dacites (d), pyroclastic breccias (b), pyroclastic breccias and volcanic tuffs (bt), volcanic tuffs (t), calcareous breccias (bc), marls (m) and undifferentiated material (i).

Long (m)	%
Línea de costa	75 225 100,0
Escarpes marinos	66 787 88,8
Escarpes marino-terrestres	37 626 50,0
Límites marino-terrestres	6 544 8,7

Tabla II.- Límites costeros en el Cabo de Gata.

Table II.- Coastal limits in Cabo de Gata.

sensu stricto (Lm) y límite marino-terrestre sensu stricto (Lmt) respectivamente.

En la costa erosiva de la zona de estudio (67 km) se han cartografiado Em, Emt y Lmt (Tabla II). Los Em son fácilmente cartografiados a lo largo de toda la costa (67 km), mientras que los Emt y Lmt son difícilmente cartografiados (38 y 7 km respectivamente).

Los escarpes (Em y Emt) con mayor desnivel (197 y 261 m respectivamente) están modelados en las litologías más competentes (brechas piroclásticas y andesitas piroxénicas) (Fig. 4).

Por otra parte, los Lmt con mayor desnivel se localizan en los cabos y en laderas con orientación E y NE (Fig. 5). Esta distribución parece indicar la influencia del oleaje y vientos dominantes.

### Acantilados

Un acantilado (*coastal cliff, sea cliff*) es una ladera (superficie terrestre inclinada) en la que su límite superior presenta un cambio brusco de pendiente (escarpe de acantilado) y su límite inferior es una línea de costa (Hampton *et al.*, 2004). Es destacable que esta definición es independiente del tipo de material, desnivel o pendiente de la ladera. Los acantilados con un desnivel superior a los 500 m se denominan mega-acantilados (*megacliffs*) y con un desnivel inferior a 1 m micro-acantilados (*microcliffs*) (Bird, 2004). La pendiente típica de los acantilados oscila entre los 40-90°, aunque puede llegar a ser de 20° en materiales incompetentes y superar los

90° en acantilados extraplomados (*overhanging cliffs*, Hampton *et al.*, 2004). Los acantilados pueden ser simples, cuando tienen una pendiente relativamente uniforme, o compuestos, cuando presentan tramos con distintas pendientes.

En la zona de estudio, algunos escarpes, localizados tanto en los dominios costeros como en sus límites, se han clasificado como escarpes de acantilado (Figs. 3A-F).

### Discusión y conclusiones

En la costa erosiva del Cabo de Gata se identifican formas del relieve que permiten delimitar dominios costeros basados en el grado de influencia de los procesos litorales.

La importancia del dominio marino-terrestre radica en que engloba terrenos susceptibles de incorporarse al dominio marino a corto plazo, con las consiguientes implicaciones en el riesgo para personas y bienes, así como en la delimitación del Dominio Público Marítimo-Terrestre.

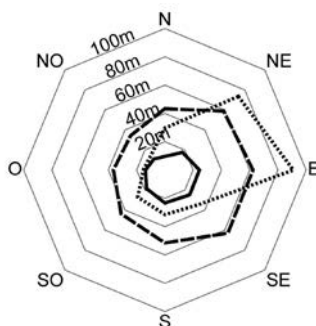


Fig. 5.- Orientación y promedio de altura (en metros) para cada límite: escarpe marino (línea continua), escarpe marino-terrestre (línea discontinua) y límite marino-terrestre sensu stricto (línea punteada).

Fig. 5.- Orientation and average height for each limit: marine scarp (continuous line), marine-terrestrial scarp (dashed line) and marine-terrestrial limit sensu stricto (dotted line).

En la costa erosiva del Cabo de Gata se ha identificado en la distribución de los límites costeros un control geológico (litología) y topográfico (orientación) entre otros. La caracterización de este control es importante para poder proponer un dominio marino-terrestre teórico (atendiendo a variables geológicas y topográficas) y, en consecuencia, fácilmente cartografiable. En este sentido, cabe mencionar la necesidad de un trabajo más amplio. En primer lugar, de una cartografía estructural, ya que los límites escarpados (Em y Emt), controlados de forma importante por procesos gravitacionales, están condicionados por la distribución espacial de estructuras como la estratificación o la fracturación. Y, en segundo lugar, de una cartografía más extensa, ya que los límites no escarpados (Lm y Lmt) tienen una escasa presencia en la cartografía realizada (9% de la línea de costa cartografiada).

### Agradecimientos

Agradecemos las constructivas sugerencias del editor y los dos revisores que, sin duda, han servido para mejorar este trabajo; así como el apoyo institucional del Instituto Geológico y Minero de España mediante el proyecto "Geomorfología litoral y peligrosidad por movimientos del terreno (Proyecto 13C/15)".

### Referencias

Adrados González, L. y Fernández Iglesias, E. (2006). En: *Actas de la IX Reunion Nacional de Geomorfología*, 285-299.

Bird, E. (2000). *Coastal Geomorphology. An introduction*. Wiley, England, 322 p.

Bird, E. (2004). En: *Encyclopedia of geomorphology* (A.S. Goudie, Ed.). Routledge, New York, 159-162.

Emery, K.O y Kuhn, G.G. (1982). *Geological Society of America Bulletin* 93, 644-654.

Goy, J.L., Zazo, C., Giner, J. y Baena, J. (1981). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja n° 1059 (El Cabo de Gata) y memoria*. IGME, Madrid, 41 p.

Hampton, M.A., Griggs, G.B., Edil, T.B., Guy, D.E., Kelley, J.T., Komar, P.D., Mickelson, D.M. y Shipman, H.M. (2004). En: *Formation, evolution and stability of coastal cliffs – Status and trends* (M.A. Hampton y G.B. Griggs, Eds.). USGS Professional paper, 1693, 1-4.

Pineda Velasco, A., Giner, J., Zazo, C., Goy, J.L. y Baena, J. (1981a). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja n° 1046 (Carboneras) y memoria*. IGME, Madrid, 79 p.

Pineda Velasco, A., Goy, J.L., Zazo, C., Giner, J. y Baena, J. (1981b). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja n° 1060 (El Pozo de los Frailes) y memoria*. IGME, Madrid, 35 p.