

La línea de costa como base para la generación de indicadores de estado y de seguimiento ambiental: modelo de datos y conceptos de líneas de costa en el litoral de Andalucía

P. Díaz, M. Fernández, A. Prieto y J. Ojeda

Dpto. Geografía Física y AGR. Universidad de Sevilla.

pilard@us.es; pcampos@us.es; miriamfernandez@us.es; zujar@us.es

RESUMEN

En esta comunicación se proponen dos conceptos diferentes de línea de costa orientados al cálculo de indicadores, manteniendo para ambos la misma escala y resolución. Para ello se ha procedido a la digitalización de la línea de costa en Andalucía a escala de detalle (1:2.500), entendida ésta como el segmento lineal que recorre la margen del litoral andaluz en contacto con el mar, donde la línea de costa alcanza longitudes considerables al introducirse por las márgenes de los canales de marea y estuarios así como al delimitar detalladamente determinadas infraestructuras costeras presentes en ella. Esta delimitación fisiográficamente correcta que resulta de utilidad para la elaboración de indicadores relacionados con la gestión del litoral y el medio marino (por ejemplo caracterización de la costa ante un vertido de petróleo) puede ser confusa para la comparación de indicadores de estado y seguimiento ambiental elaborados con criterios estadísticos, ya que éstos suelen asociar la línea de costa exclusivamente al frente costero expuesto al oleaje. Por ello, ha sido necesario realizar una nueva delineación de la línea, intentado restringirla a lo que se entiende más comúnmente por frente costero, evitando su recorrido detallado por marismas, estuarios y límites de puertos y espigones. Se presentan los resultados de la digitalización de ambas líneas, prestando especial consideración a los criterios geométricos y alfanuméricos, así como a las diferencias que presentan los indicadores ambientales construidos a partir de éstas, haciendo uso de las capacidades analíticas de las TIG. Los resultados evidencian grandes diferencias entre ellas ligadas, principalmente, a las zonas de infraestructuras, estuarios y marismas.

PALABRAS CLAVE

Línea de costa, criterios de digitalización, modelo de datos, indicadores costeros, Andalucía.

ABSTRACT

In order to calculate coastal indicators from different purposes, two coastline concepts with equal scale and resolution are proposed. For this reason, coastline was digitized with detail in the Andalusia coast at a scale of 1:2.500. From a physiographic point of view, the coastline is understood as the shoreline that surrounds the coastal area in contact with sea or brackish water such as coastal beaches at exposed areas and estuaries at sheltered areas for instance. Therefore, this concept of coastline reaches large lengths when shoreline is drawn on estuaries and tidal creeks, as well as when it surrounds with details coastal infrastructures such as harbours and dikes. This physiographic delimitation is the most correct approach, and results very useful for generating indicators related with coastal and marine environments management (e.g. coastal characterization for dealing with fuel spill more effectively). However, from a political-statistical point of view, this delimitation can be confuse for creating state and environmental assessment indicators, because in these cases the coastline is commonly characterized by exposed coastal areas. Thus, it has been necessary to create a new delimitation of the coastline, trying to integrate only the shoreline commonly understood as 'Coastal front' (without covering coastal sheltered areas or reclaimed areas such us dikes or harbour's

extensions). Finally, it is presented graphical results of both coastlines; paying special attention to geometric and alphanumeric criteria followed as well as to environmental indicators built through spatial analysis tools (GIS). Results show large differences between them, especially on those categories related with infrastructures and salt marshes.

KEY WORDS

Coastline definition, digitizing criteria, data model, coastal indicators, Andalucía

1 INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras constituyen ámbitos geográficos especialmente complejos y a menudo son escenarios de confrontación de intereses contrapuestos relacionados con la explotación de recursos o la conservación de hábitats, ecosistemas y paisajes.

En el caso de Andalucía, con una dimensión litoral (917 Km., el 17,5 % del litoral español aprox.) y marina evidentes (las aguas interiores y el mar territorial ocupan 16.216 km², casi el 20 % de la superficie emergida de la región), la necesidad de información de calidad sobre este ámbito especialmente estratégico, se asienta en el convencimiento de que, para una correcta gestión de estas áreas, resulta fundamental analizar, entender y sintetizar el estado, las tendencias y los escenarios futuros de estos espacios. Sin embargo, esta reflexión, incorporada en numerosos documentos de planificación, se ve confrontada por la ausencia, a veces inexplicable de información sobre litoral y medio marino a escalas de detalle.

La línea de costa puede constituir un indicador de estado y seguimiento ambiental, caracterizador del litoral, y como tal, es frecuente en la actualidad la aparición de resultados derivados del cálculo de indicadores sobre ella (EUROSION, Greenpeace, 2010), Estrategia de sostenibilidad de la costa, etc.). Sin embargo, a pesar de que la construcción de éstos es muy dependiente del nivel de detalle y de la escala utilizada en el levantamiento de la información, según las fuentes utilizadas (Ojeda, 2000; Ojeda *et al.*, 2002; Fletcher *et al.*, 2003; Boak *et al.*, 2006), se difunden sin referencia al concepto y definición geométrica de la línea de costa utilizada. Por otra parte, los criterios de digitalización (escala, indicador de línea de costa, etc.), deben estar asociados a un modelo de datos de las variables a caracterizar que es muy dependiente del uso posterior en la construcción de indicadores.

Para ello se ha procedido a la digitalización de la línea de costa en Andalucía a escala de detalle (1:2.500), atendiendo a dos conceptos diferentes de línea de costa:

- una delimitación más correcta desde el punto de vista fisiográfico, entendida ésta como el segmento lineal que recorre el margen del litoral andaluz en contacto con el mar, desde su inicio en Portugal hasta su extremo oriental en Murcia, definiendo este contacto por diferentes elementos morfológicos (marca húmeda de la marea, pie de acantilado, límite externo de infraestructuras, etc.), donde la línea de costa alcanza longitudes considerables al introducirse por los márgenes de los canales de marea y estuarios, así como al delimitar detalladamente determinadas infraestructuras costeras presentes en ella (puertos, diques, espigones, etc.). A ésta la denominaremos “**línea larga**” en el resto de la comunicación (figura 1A).
- otra delimitación de la línea, que recoge lo que se entiende comúnmente por “frente costero expuesto” (normalmente utilizado en indicadores y estadísticas oficiales) evitando su recorrido detallado por marismas y estuarios, así como los contornos de puertos e infraestructuras costeras que penetran en el mar. A ésta la denominaremos “**línea corta**” en el resto de la comunicación (figura 1B).

En ambos casos, la línea de costa ha de ser definida geoméricamente de forma precisa (generalmente a través de fotointerpretación y digitalización sobre vuelos fotogramétricos de detalle), con una cuidada selección de los criterios para su definición (atendiendo a su posterior utilización), y debe ser soportada por un adecuado “modelo de datos”, con el fin de normalizar los procedimientos de explotación y cálculo de indicadores, así como su actualización posterior.



	Playas (m)	Estuario (m)	Costa Rocosa (m)	Costa antropizada (m)
Línea corta	11.982	197,18	3.744	10.096
Línea larga	11.536	36.699	3.744	53.013

Figura 1. Representación de la línea de costa larga (A) y línea de costa corta (B) en la Bahía de Algeciras.

2 OBJETIVOS Y AREA DE ESTUDIO

El objetivo central de esta comunicación, por lo tanto, consiste en presentar los resultados de la digitalización de la línea de costa de **Andalucía** y el modelo de datos asociado atendiendo a los dos conceptos de línea de costa antes definidos y orientados al cálculo de indicadores, aunque manteniendo para ambos la misma escala y resolución. Este objetivo general puede subdividirse en varios objetivos específicos:

- Definición del modelo de datos que soporta la caracterización de cada tramo costero orientado a su caracterización ambiental y al cálculo de indicadores.
- Establecimiento de criterios claros para la definición de línea de costa y el proceso de digitalización.
- Extracción de indicadores para diferentes ámbitos escalares a partir de la misma base geométrica.

3 DATOS Y METODOLOGÍA

3.1 Modelo de datos: atributos alfanuméricos y tablas

En anteriores publicaciones (Ojeda *et al.*, 2010) se puede encontrar información pormenorizada del complejo modelo de datos que fue diseñado para el Subsistema Litoral y Medio Marino (SSLMM) de la Consejería de Medio Ambiente.

En esta comunicación se utiliza este mismo modelo de datos tanto para la definición y

caracterización de la línea de “costa larga”, como para la “línea corta”. De igual forma, se distinguen dos modelos de datos diferentes: uno vinculado al **proceso de producción** diseñado para hacer la digitalización lo más ágil posible optimizando la labor del digitalizador y uno más complejo, el **modelo de explotación** (figura 2), perfectamente normalizado, y diseñado para maximizar la capacidad analítica sobre los datos que se introducen en él a partir del modelo de producción evitando la redundancia y la falta de atomización de los mismos. El soporte del modelo de datos de explotación es el gestor de base de datos Postgres/PostGis, del que se extraen una “geodatabase Esri” acorde con el modelo de producción antes comentado para futuras actualizaciones y otra “geodatabase” o “shapes” orientados a la simplificación geométrica (disolves realizados por PostGis) y tratamiento semiológico para la posterior generación de servicios interoperables OGC.



Figura 2. Modelo de datos de Explotación de la Línea de Costa (Ojeda *et al.*, 2010).

El objeto principal del modelo de datos de ambas líneas de costa es la tabla línea_costa, que no es más que el inventario exhaustivo de tramos de líneas de costa digitalizadas topológicamente independientes, es decir, que comparten todos los atributos temáticos de las diferentes tablas relacionales del modelo.

Un conjunto de estas tablas relacionan este tramo costero con el proceso de digitalización (autor, fecha y fuente). Otro conjunto de tablas relacionadas reflejan la clasificación tipológica jerárquica del tramo topológicamente independiente (tipologia_nv1, tipologia_nv2,...).

Este modelo de datos es complejo ya que sobre una línea hay que asociar información sobre los diferentes tipos (playa, duna, acantilado) que pueden coincidir sobre el mismo tramo. La elección de una tipología jerárquica hace que las tipologías aumenten exponencialmente por la combinación de tipos básicos y ser la asignación del tipo en cada nivel excluyente. La imposibilidad de modelar en una estructura jerárquica una mayor caracterización de cada tipo (acantilados altos, acantilados bajos, o su naturaleza litológica en costas rocosas, por ejemplo) y su interés para el desarrollo de los indicadores ha obligado a modelar estos atributos en campos externos a la estructura tipológica

jerárquica, ya que pueden coexistir varios sobre el mismo arco. Para ello se incorporan al modelo un conjunto de tablas que caracterizan tipológicamente cada tipo jerárquico, independientemente de que puedan estar asociados varios de ellos a cada tramo. Son las tablas relacionadas que enlazan con las tablas detalle_playa, detalle_duna, detalle_acantilado, detalle_infraestructuras y detalle_urbano.

3.2 Fuentes, criterios de definición de línea de costa y proceso de digitalización

El levantamiento de la información relativa a las líneas de costa a escala de detalle (1:2.500) se ha realizado mediante la digitalización de ésta a partir de la Ortofotografía de Andalucía de 2008/2009 (resolución 0,5 m) y la ortoimagen QuickBird de 2005 (0.75 m de resolución). El sistema de referencia de coordenadas ha sido ETRS89 UTM30N para respetar el Sistema de Referencia de Coordenadas de la fuente original de mayor resolución espacial.

El levantamiento de ambas líneas de costa se ha realizado bajo cuatro criterios de digitalización que la definen desde una perspectiva geomorfológica/fisiográfica con una clara intencionalidad aplicada. La única diferencia es que en la "línea corta" se conectan las márgenes de los estuarios y caños mareales en el frente costero y no se prolongan hacia el interior, y en las obras de infraestructura costera (puertos, diques, espigones...) se intenta recuperar, cuando es posible, la línea de costa original a partir de ortofotos anteriores (1956, 1979, etc.) eliminando la detallada delimitación de la "línea de costa larga". En ambos casos, a los nuevos tramos digitalizados, se les asocia la información alfanumérica del modelo de datos. Los cuatro criterios de digitalización son:

- Playas: Se trata del elemento más dinámico y de mayor interés aplicado (uso turístico, riesgos de erosión, etc.). Por ello, se han utilizado dos criterios diferentes (es decir, posteriormente podremos extraer dos líneas costa homogéneas en todos los tramos excepto en lo de playa). La primera (que será la que utilizaremos en esta comunicación) definida por la última marca húmeda de la marea sobre el perfil de la playa. Este límite define el límite exterior de la "playa seca" (backshore) en la fecha de la fuente y es la utilizada genéricamente (estadísticas). La segunda está orientada a la extracción de indicadores basados en tasas de erosión por lo que se define por el contacto interno de la playa seca (backshore) y la duna costera (foredune) cuando está presente, la base

acantilados o el contacto con infraestructuras (paseo marítimo). La distancia entre ambas será utilizada para la extracción de indicadores de capacidad de carga turística (figura 3). En otra comunicación a este congreso (Prieto, A. y Ojeda, J.; "Procesos erosivos en los deltas mediterráneos andaluces. Herramientas de análisis espacial y evolución temporal"), puede observarse algunos resultados de su utilización en el cálculo de tasas de erosión.



Figura 3. Criterios de digitalización de la playa. Obtención de capacidad de carga turística.

- Estuarios y red mareal: definida como el límite de la marea más baja reconocible entre todas las ortofotos disponibles y representaría la línea más próxima al "0 hidrográfico" (no disponible a estas escalas para toda la costa andaluza). Su interés reside en que es necesaria para extraer la superficie intermareal que puede ser utilizada para diversos indicadores ambientales.
- Infraestructuras en contacto directo con el mar: definidas como el límite externo de las infraestructuras en el caso de la línea de costa larga. Su interés reside en la posibilidad de extraer indicadores útiles para la gestión ambiental o de riesgos (longitud de infraestructuras a limpiar en caso de vertidos de petróleo, por ejemplo)
- Costas rocosas conectadas directamente con el mar: definidas a partir de la base de los acantilados o el límite de afloramientos rocosos. El hecho que, en algunos tramos altos acantilados de Andalucía se hayan observado desplazamientos geométricos debido al abatimiento del relieve que no ha podido corregir el MDE utilizado en la producción de la ortofotografías, así como su relativa permanencia temporal, es la causa que justifica la utilización de la imagen Quick Bird (2005) sólo en estos sectores. La altura de la órbita de la plataforma

espacial que embarca a este sensor minimiza este efecto y su resolución espacial es parecida a la de la ortofotografía de 2008-2009.

3.3 Extracción de indicadores.

El levantamiento de las líneas de costa, fotointerpretadas con criterios “geomorfológicos/fisiográficos” a escalas de detalle, junto a la versatilidad del modelo de explotación y producción empleado (a pesar de su coste y el esfuerzo previo exigido), así como su incorporación a una base de datos espacial, permite disponer de una información espacial precisa y de detalle para el litoral andaluz que garantiza la fácil obtención de diferentes tipos de indicadores con sencillas sentencias espaciales SQL fácilmente reutilizables en actualizaciones futuras. De esta forma, la longitud de playas, estuarios o infraestructuras para cualquier ámbito espacial (municipios, espacios protegidos, etc.) son variables fácilmente extraídas de la base de datos y potencialmente utilizables para la generación de indicadores. Por otra parte, el nivel de detalle (escala 1/2.500) proporciona una gran flexibilidad en la selección del ámbito espacial para el cálculo de los indicadores que podrían ir desde escalas autonómicas, a niveles intermedios (municipios, espacios protegidos, etc.) e incluso, al nivel de playa individual (porcentaje de playa artificializada, porcentaje de dunas, etc.). A continuación, se presentan algunos ejemplos.

4 RESULTADOS

4.1 Indicadores descriptivos a nivel autonómico.

Producto de la digitalización y de la completa caracterización de la línea de costa realizada a escala de detalle 1:2.500, se obtiene una gran fragmentación longitudinal de ésta: 5.858 segmentos para la línea de costa larga y 4.409 para línea corta, todos ellos de diverso tamaño y cuya suma determina una longitud total de 2.383 Km para la “línea larga” y de 916 Km para la “línea corta”.

La figura 4 recoge la representación de ambas líneas caracterizadas en el nivel jerárquico

1. Se observa cómo la longitud de las playas, costa rocosa y de la tipología “otros” (esencialmente pequeños islotes rocosos), se mantiene prácticamente igual para ambas líneas mientras que, como era de esperar por la definición realizada de éstas, las mayores diferencias entre ellas se producen en los estuarios (más de 80 km en el caso del Guadalquivir hasta Sevilla y caños mareales, así como en la costa antropizada, que alcanzan valores considerables en el caso de la línea larga (tabla 1).

	Línea larga Km	Línea corta Km
Playas	625,63	620,217
Costa rocosa	151,57	151,57
Estuarios/caños	1.232,99	25,57
Costa antropizada	365,08	111,69
Otros	7,74	7,81
Total	2.382,99	916,97

Tabla 1. Longitud (Km) de líneas de costa en el nivel jerárquico 1.

4.2 Indicadores a nivel municipal.

La riqueza del modelo de datos y la escala de detalle utilizados admite la generación de un amplio número de indicadores, a diferentes escalas, que permitirían el seguimiento de diferentes características medioambientales de la costa andaluza a nivel municipal.

4.2.1 Indicadores descriptivos

Entre los indicadores a nivel municipal que pueden ser construidos a partir de la digitalización de ambas líneas de costa a escala de detalle se encuentran aquellos relacionados con la caracterización de éstas según las tipologías definidas en el nivel jerárquico 1; estuarios y costa antropizada, donde se registran grandes diferencias entre ambas líneas, tanto en términos absolutos como en relativo, costa rocosa y playas, donde las diferencias se observan sólo en términos relativos.

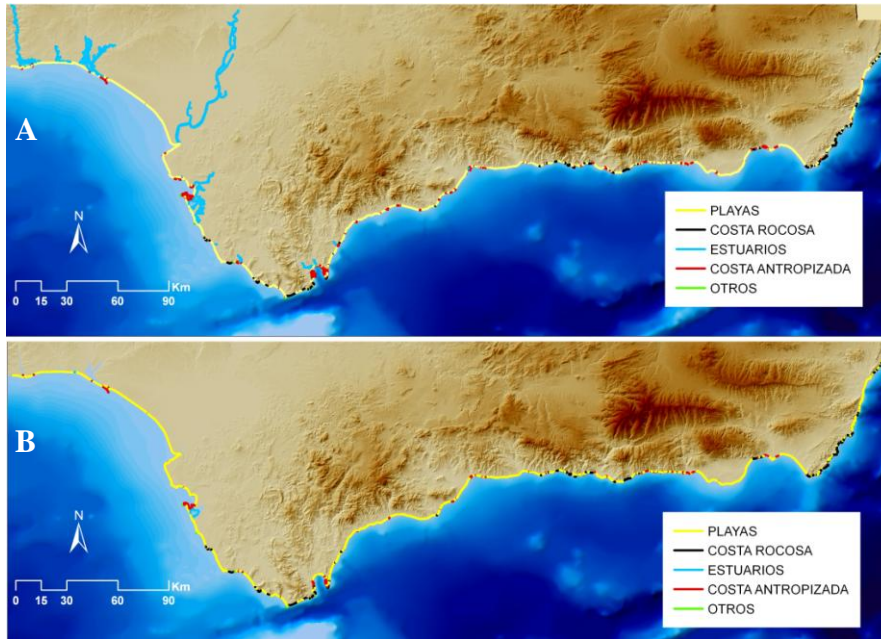


Figura 4. Caracterización de la línea de costa larga (A) y corta (B) en el nivel jerárquico 1.

4.2.1.1. Márgenes de estuarios y caños mareales

En el caso de los estuarios y caños mareales, (figura 5), éstos se encuentran presentes en 45 municipios de la región andaluza para la línea de costa larga, siendo los municipios de la fachada atlántica (muchos de ellos en el interior, como Sevilla) los que recogen los mayores porcentajes por la presencia de estuarios y marismas en esta costa mesomareal (figura 5A). Por el contrario,

de para la línea de costa corta la presencia de estuarios se vincula sólo a 25 municipios costeros, donde los mayores porcentajes se registran en esta ocasión para los municipios de San Fernando y Puerto Real (con un 42% y 38% respectivamente), siendo Cádiz y San Fernando (figura 5B) los municipios con mayor longitud de estuarios y caños de marismas en el frente costero, al ubicarse en el sector mas protegido de la Bahía de Cádiz.

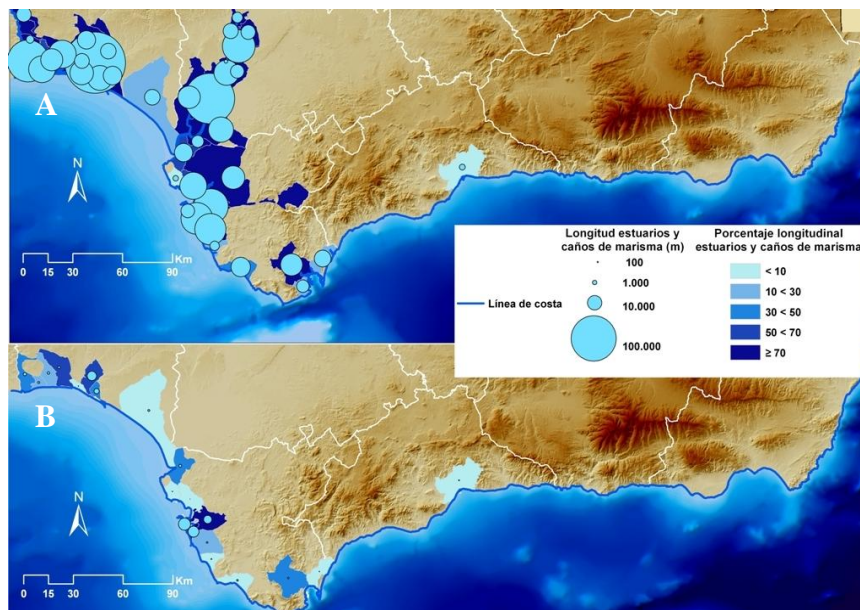


Figura 5. Caracterización de los estuarios para la línea de costa larga (A) y corta (B).

4.2.1.2. Costa antropizada e infraestructuras

La costa antropizada presenta también diferencias entre la línea larga y la línea corta tanto en términos absolutos como relativos. Como información complementaria de ésta, se ha utilizado el indicador de presencia de infraestructuras que, para el caso de la línea larga (figura 6A), presenta amplios valores, en términos absolutos, en los municipios donde se ubican las grandes infraestructuras portuarias e incluso para

los municipios del interior de la provincia de Sevilla, que se corresponden con la presencia de cauces modificados o antropizados de las marismas del Guadalquivir.

En el caso de la línea corta, por el contrario, destacan determinados municipios del litoral andaluz, especialmente algunos sectores del Mediterráneo, que poseen grandes niveles de antropización del frente costero (figura 6B) vinculados a puertos, espigones y paseos marítimos.

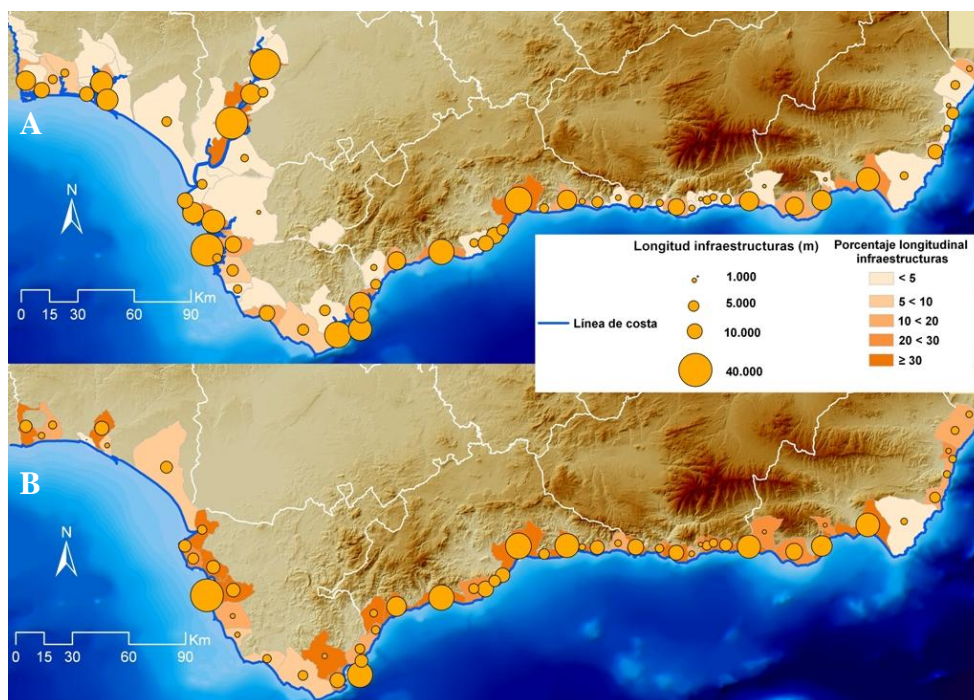


Figura 6. Caracterización de la costa antropizada. Presencia de infraestructuras (A.-Línea larga, B.- Línea corta)

4.2.1.3. Playas

En el caso de las playas, las diferencias entre ambas líneas sólo se hacen patentes en términos relativos ya que al estar las playas siempre ubicadas en la zona expuesta del frente costero presentan en ambas la misma longitud (figura 7A y 7B). Este indicador refleja que las playas están presentes casi en toda la costa andaluza, incluso en los sectores donde, por la proximidad de las sierras béticas, deberían ser más escasas. Esto es debido a la gran aportación sedimentaria de los cauces que avanan hacia el Mediterráneo por las características de sus cuencas (elevada pendiente media) y régimen hidrológico con eventos de precipitación torrencial que favorecen la movilización de sedimentos hacia la costa y la construcción de playas junto a planicies litorales. Sin embargo, al utilizar indicadores relativos (porcentajes), la utilización de una costa u otra

devuelve valores porcentuales muy diferentes para cada municipio.

Este hecho es más evidente en aquellos municipios donde la presencia de marismas y estuarios hace aumentar significativamente la longitud de costa municipal de referencia para la construcción del indicador (Huelva o Ayamonte) o en aquellos donde se ubican las grandes infraestructuras portuarias (Málaga, Bahía de Algeciras).

4.2.1.4. Costa rocosa y acantilados

La situación anterior se registra también para la costa rocosa (figura 8), la cuál al mantener los mismos criterios de digitalización para ambas líneas, no registra diferencias en valores absolutos entre ellas. Sin embargo, se ha utilizado el indicador de presencia de acantilados

para reflejar la versatilidad del modelo. Los acantilados generalmente están asociados a costas rocosas sin embargo en algunos casos a ellos se asocian playas en su base. Esto hace que en la estructura jerárquica a nivel 1 prevalezcan las playas.

La tabla relacional "detalle_acantilado" del modelo de datos identifica los acantilados, independientemente de a qué otra morfología se asocien y al margen de la estructura jerárquica.

La figura 9 constituye un ejemplo de la importancia de la incorporación al modelo de datos de este conjunto de tablas al margen de la caracterización jerárquica y su interés para el

desarrollo de indicadores. Mientras los indicadores de costa rocosa caracterizan estrictamente a la costa rocosa sin presencia de playas, en el caso del indicador elaborado para los acantilados nos permite caracterizar la presencia de éstos en muchos sectores de la costa atlántica (Puerto de Santa María, Almonte, etc.) donde están asociados a formaciones detríticas que, generalmente, tienen asociados playas en su base. Igualmente aparecen muchos sectores de la costa mediterránea donde la presencia de desembocaduras de ramblas proporciona el aporte sedimentario para las playas que también se desarrollan en su base.

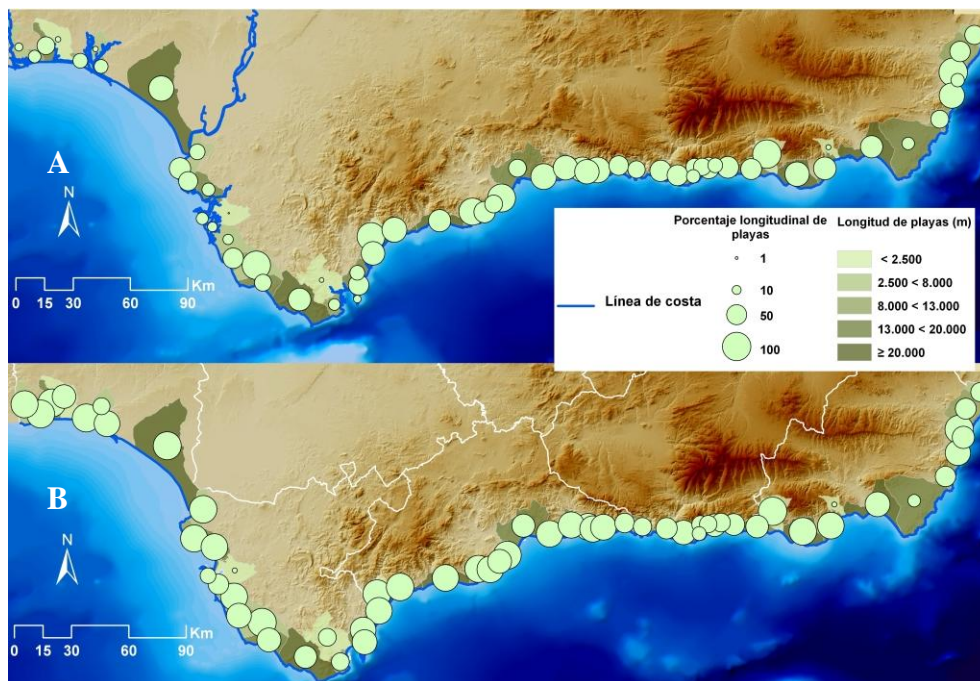


Figura 7. Caracterización de las playas para la línea de costa larga (A) y corta (B).

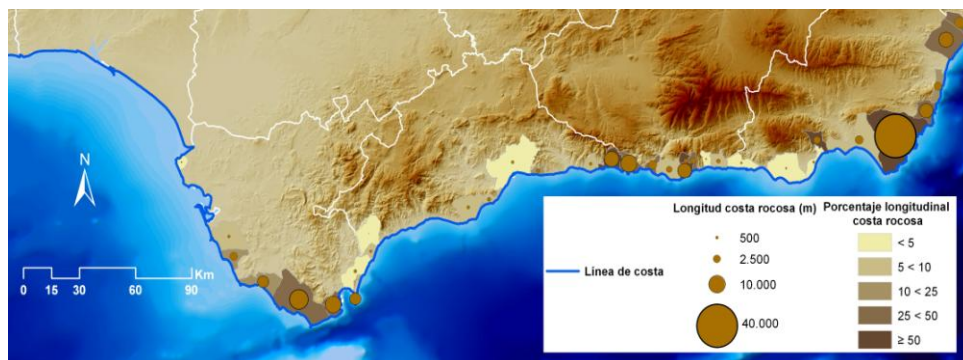


Figura 8. Caracterización de la costa rocosa para la línea de costa corta.

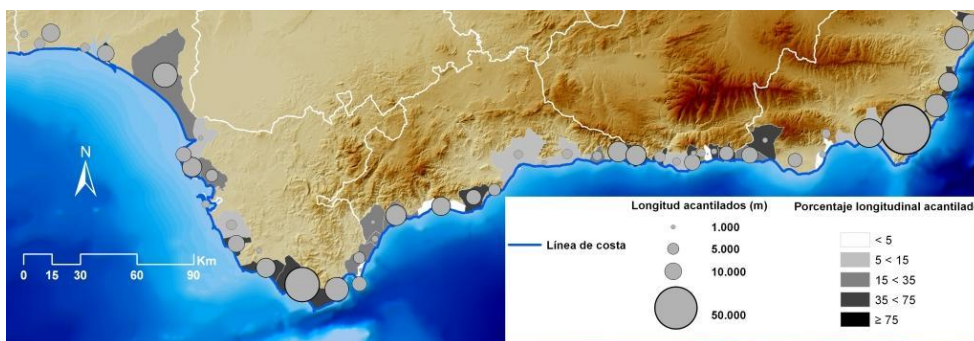


Figura 9. Caracterización de los acantilados.

4.2.2 Indicadores de estado medioambiental: porcentaje de playas con duna costera utilizable como reserva sedimentaria.

Como ejemplo de un indicador de estado medioambiental se presenta el “porcentaje de playas con duna costera (foredune) por término municipal”. La inclusión de una tabla relacionada con cada tramo de costa (detalle_duna) recoge la presencia o no de dunas costeras (foredune) conectadas con la playa alta, al margen de la clasificación tipológica jerárquica de la línea de costa, así como su magnitud. El proceso de fotointerpretación a escala de detalle (figura 10) permite incorporar esta variable a las líneas de costa (tanto larga como corta). A diferencia de otras bases de datos que incorporan la presencia de dunas como unidad geomorfológica (estén ocupadas o no por usos antrópicos), en nuestro caso solo se incorpora a la tabla correspondiente cuando realmente está disponible como reserva sedimentaria para garantizar el equilibrio dinámico de la playa. Su función, por ello, es crítica para que la playa pueda adaptar su perfil a las características hidrodinámicas de la ola

incidente y, ésta es la causa, por la que constituye una variable esencial para la elaboración de indicadores de estado medioambiental de las playas.



Figura 10. Fotointerpretación de la duna costera

La figura 11 muestra el indicador de longitud absoluta de dunas y refleja su representación a lo largo de casi todos los municipios de la costa andaluza. Sin embargo, el indicador porcentual de su presencia sobre la longitud de playas es revelador de la presión antrópica sobre las mismas.

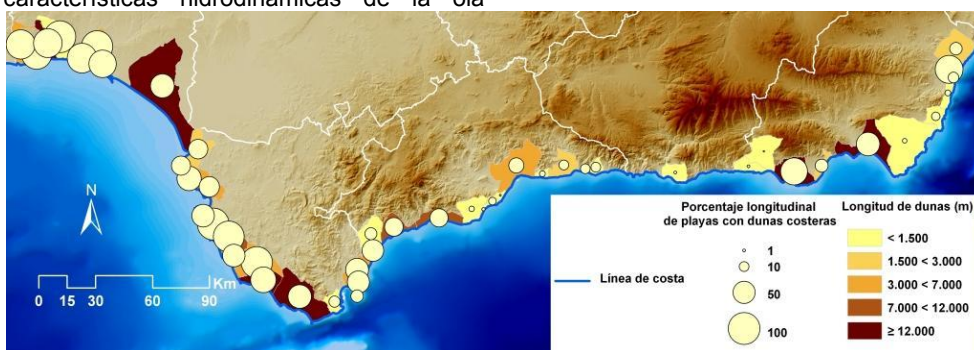


Figura 11. Porcentaje de playas sobre dunas y Longitud de dunas

5 DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del trabajo realizado se podrían concretar en: (i) la necesidad de contar con líneas de costa a escala de detalle que permitan la generación de indicadores a

varios niveles escalares, todos ellos consistentes al partir de una única base geométrica; (ii) la utilidad de incorporar al menos los dos conceptos utilizados en esta comunicación: una línea de costa detallada genérica (línea de costa larga) y una línea de costa con el mismo nivel de detalle pero exclusivamente asociada al frente costero

expuesto (línea de costa corta), para garantizar la comparación con indicadores procedentes de otras fuentes; (iii) la utilización de un adecuado modelo de datos que incorpore el conjunto de variables más frecuentemente utilizadas en la generación de indicadores, con una definición clara de los criterios seguidos para su digitalización y caracterización ambiental (el ejemplo de las dunas costeras); (iv) la necesidad de implementar este modelo de datos conceptual en un adecuado gestor de bases de datos espacial (Postgres/PostGis en nuestro caso) que garantice la consistencia topológica y la atomización de los datos finales, así como que facilite la producción de indicadores con sencillas sentencias espaciales SQL, simplificando procesos que exigirían operaciones de análisis espacial (overlay) si se hubiese trabajado con una estructura de datos basada en ficheros.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha desarrollado dentro del proyecto correspondiente al Plan Nacional (CSO2010-15807) y del proyecto de excelencia de la Junta de Andalucía (RNM-6207): "Espacialización y difusión web datos de urbanización y fitodiversidad para la evaluación de la vulnerabilidad ante los procesos de inundación asociados a la subida del nivel del mar en Andalucía"

BIBLIOGRAFÍA

- Boak, E.H. y Turner, I.L. 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review, *Journal of Coastal Research*, 21, 688-703
- European Commission 2004. *Coastal Erosion in Europe. Sediment and space for sustainability. Result from EUROSION Study*,

editado por P. Doody, M., Ferreira, S., Lombardo, et al, Netherlands.

Fletcher, C., Rooney, J., Barbee, M., Lim, S. y Richmond, B.M. 2003. Mapping shoreline change using digital orthophotogrammetry on Maui, Hawaii, *Journal of Coastal Research*, SI 38, 106-124.

Greenpeace 2010. *Destrucción a toda costa*, Informe Greenpeace sobre la situación del litoral español, Madrid, 168 pp.

Hughes, M.L., McDowell, P. y Marcus, W.A. 2006. Accuracy assessment of georectified aerial photographs: implications for measuring lateral channel movement in a GIS, *Geomorphology*, 74, 1-16.

Ministerio de Medioambiente 2007. *Estrategia de Sostenibilidad de la costa*, Madrid, 23 pp

Ojeda Zújar, J. 2000. Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuestas, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 30, 103-119

Ojeda, J., Borgniet, L., Pérez, A. y Loder, J. 2002. Monitoring morphological changes along the coast of Huelva (SW Spain using soft-copy photogrammetry and GIS), *Journal of Coastal Conservation*, 8.1: 69-76

Ojeda J., Fernández, M., Prieto, A., Pérez, J.P. y Vallejo, I. 2010. Levantamiento de líneas de costa a escalas de detalle para el litoral de Andalucía: criterios, modelo de datos y explotación, En *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*, editado por J. Ojeda, M.F. Pita e I. Vallejo, Sevilla, pp. 324-336.