








Optimización de parámetros morfométricos para caracterizar las playas encajadas de la costa mediterránea peninsular

Optimisation of morphometric parameters for the characterisation of the Mediterranean peninsular embayed beaches.

Amanda Sancho-García^a, Gonzalo Simarro^b, Laura Lambarri^a, Lorena Expósito^a, Ana Carlota Rodríguez-Gómez^a, Jorge Guillén^b y Ruth Durán^b

^aInstituto de Medio Ambiente y Ciencia Marina, Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir (IMEDMAR-UCV); (, amanda.sancho@ucv.es, , lalamgo@mail.ucv.es, , loexlo@mail.ucv.es, , anacarlota.rodriguez@mail.ucv.es)

^bInstitut de Ciències del Mar (ICM-CSIC) (, simarro@icm.csic.es, , jorge@icm.csic.es, , rduran@icm.csic.es).

How to cite: Sancho-García, A.; Simarro, G.; Lambarri, L.; Expósito, L.; Rodríguez-Gómez, A.C.; Guillén, J. y Durán, R. 2024. Optimización de parámetros morfométricos para caracterizar las playas encajadas de la costa mediterránea peninsular. En el libro de actas: *XII Jornadas de Geomorfología Litoral*. Valencia, 25-27 de septiembre de 2024. <https://doi.org/10.4995/GEOLIT24.2024.18673>

Abstract

The study of the morphology of the embayed beaches is crucial to determine their morphodynamic characteristics and their evolution in the context of the climate change. The large number of embayed beaches on the Spanish Mediterranean coast requires a holistic approach. This work presents an analysis of the variability of morphometric parameters of 203 embayed beaches in Catalonia, Valencian Community and Murcia Region using Principal Component Analysis (PCA). The results show that the combination of the parameters S_l/R_0 , X_d/S_l , $\frac{a}{\sqrt{Ae}}$, a/S_l best captures the variability of the beaches studied. The first two modes of this combination of parameters explain 96.82% of the variability of the morphological characteristics of the beaches. This methodology allows a more robust classification of the embayed beaches in this area because it integrates a higher volume of information.

Keywords: embayed beaches, Mediterranean coast, morphological parameters, Principal Component Analysis (PCA).

Resumen

El estudio de la morfología de las playas encajadas es de vital importancia para determinar sus características morfodinámicas y su evolución frente a los potenciales efectos del cambio climático. El elevado número de playas encajadas existente en la costa mediterránea española requiere que se aborde su clasificación desde una perspectiva integral. En este estudio se presenta un análisis de la variabilidad de los parámetros morfométricos de 203 playas encajadas de Cataluña, Comunidad Valenciana y Región de Murcia mediante un Análisis de Componentes Principales. Los resultados muestran que la combinación de los parámetros S_l/R_0 , X_d/S_l , $\frac{a}{\sqrt{Ae}}$, a/S_l es la que mejor captura la variabilidad de las playas estudiadas. Trabajando con esta combinación de parámetros, los dos primeros modos permiten explicar el 96.82% de la variabilidad de las características morfológicas de las playas estudiadas. La metodología aplicada permite una clasificación más robusta de las playas encajadas respecto a los parámetros utilizados con anterioridad puesto que integra una mayor cantidad de información.

Palabras clave: playas encajadas, costa mediterránea, parámetros morfométricos, Análisis de Componentes Principales (ACP).

1. Introducción

Las playas encajadas se caracterizan por estar limitadas lateralmente por barreras físicas como cabos o promontorios, si bien también existen playas encajadas artificiales como respuesta a las obras de protección costera. Se ha sugerido la utilización de varios parámetros para la clasificación de las playas encajadas basados en diferentes criterios (Fellowes et al., 2019). Actualmente, no existe ningún estudio que haya abordado de manera integral la caracterización de las playas encajadas de carácter micromareal, y, en particular, del frente mediterráneo español, aunque son varios los trabajos que describen los parámetros morfométricos de playas encajadas en zonas específicas de la costa mediterránea española: Cataluña (Bowman et al., 2009), Comunidad Valenciana (Expósito, 2019), Región de Murcia (Lambarri et al., 2022) y Baleares (Gómez-Pujol et al., 2013). El objetivo del presente estudio es la determinación de la variabilidad de los parámetros morfométricos de las playas encajadas de Cataluña, Comunidad Valenciana y Región de Murcia mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) que permita determinar cuáles son los conjuntos de parámetros morfométricos que mejor las caracterizan y compararlos con los parámetros utilizados en trabajos previos.

2. Área de estudio

El área de estudio comprende las playas encajadas naturales y artificiales de la vertiente mediterránea peninsular desde Cataluña a la Región de Murcia caracterizada por su régimen micromareal (< 20 cm) (Fig. 1). El estudio abarca 1491 km de línea de costa (IGN, 2024) que incluye 972 playas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020) de las cuales en este trabajo se han estudiado un total de 203 playas encajadas (53 en Cataluña, 72 en la Comunidad Valenciana y 78 en la Región de Murcia). Estas playas encajadas son las más representativas de la zona de estudio (puntos amarillos de la Fig. 1).

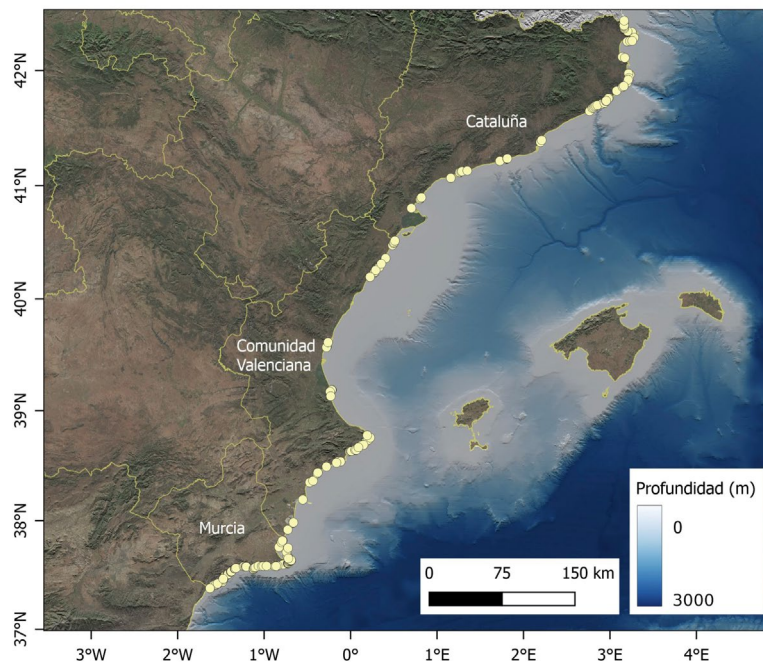


Fig 1. Zona de estudio. Los puntos amarillos indican la localización de las playas estudiadas. La topografía y ortofoto son del Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2024), la batimetría de EMODnet (2024) y la carta batimétrica de El mar Catalano-Balear (2005).

3. Metodología

Los parámetros morfométricos de las playas estudiadas se obtuvieron a partir de imágenes de satélite utilizando las imágenes y herramientas (medida, polígono y brújula) de Google Earth para Cataluña y Comunidad Valenciana

y el programa de ArcMap 10.4.1.Ink con las imágenes de fotografía aérea del World Imagery Metadata para la Región de Murcia, siguiendo en ambos casos la metodología establecida por Fellowes et al., (2019). El listado de playas se obtuvo del Llibre Verd (Instituto Cartogràfic i Geològic de Catalunya, 2010) para Cataluña, del Estudio de las Ecocartografía del Litoral para la Comunidad Valenciana (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2006) y de la Guía de playas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020) para la Región de Murcia.

Para cada playa se obtuvieron las siguientes medidas (Fig. 2): distancia entre promontorios (R_0), longitud de la playa (X_d), hendidura de la bahía (a), longitud total de línea de costa de la bahía (S_l), y área total de la bahía incluyendo el área de la playa (A_e). La combinación de estas medidas genera los parámetros morfométricos que se utilizan en el análisis.

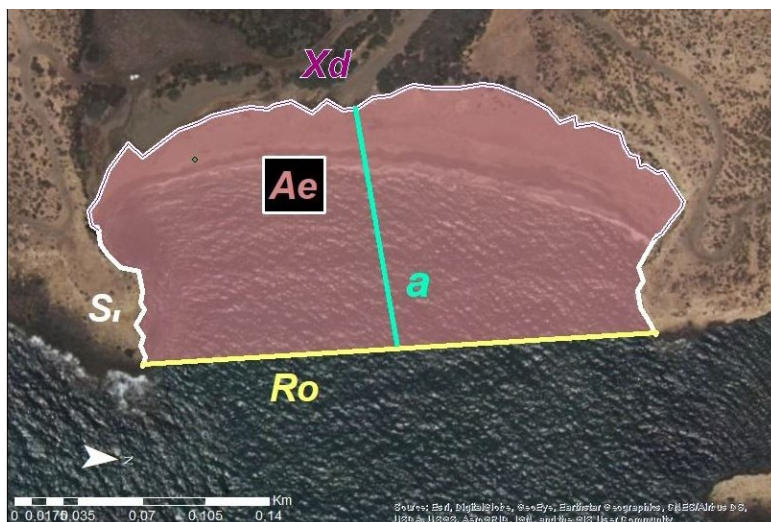


Fig 2. Parámetros morfométricos analizados.

Para aplicar el Análisis de Componentes Principales se aplicó previamente un análisis dimensional de forma que las cinco medidas dimensionales pueden reducirse a ciertos conjuntos de cuatro grupos adimensionales. Entre los posibles grupos adimensionales que pueden formarse y que se analizaron aparecen de forma natural: S_l/R_0 de Spagnolo et al. (2008), el índice de relleno sedimentario X_d/S_l de Bowman et al., (2009), el parámetro morfométrico $\gamma_e = a/\sqrt{A_e}$ de Fellowes et al., (2019) o el parámetro adimensional a/S_l . La combinación de estos cuatro parámetros permite: (1) caracterizar la interacción de los diferentes agentes que actúan mediante el parámetro S_l/R_0 permitiendo conocer la variabilidad espacial dentro de un tramo costero (a mayor variabilidad de este parámetro, más agentes actuando); (2) identificar las zonas con carencias sedimentarias mediante mediante X_d/S_l (si es menor a 0.5 sugiere un déficit sedimentario); (3) el grado de indentación mediante el parámetro $\frac{a}{\sqrt{A_e}}$ (a mayor valor de este parámetro, mayor grado de indentación/encajamiento).

4. Resultados y discusión

Del total de playas analizadas, 124 son playas naturales y 79 artificiales. De forma general, las playas encajadas artificiales presentan una mayor extensión tanto en longitud como en área.

Tabla 1. Valores promedio de los parámetros morfométricos de las playas encajadas

| Tipo de playa encajada | R_0 (m) | a (m) | X_d (m) | S_l (m) | $\sqrt{A_e}$ (m) |
|------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|------------------|
| Natural | 344.59 | 176.79 | 398.02 | 710.41 | 205.77 |
| Artificial | 435.35 | 234.63 | 580.46 | 923.64 | 299.42 |
| Todas | 379.91 | 199.30 | 469.02 | 793.80 | 242.22 |

Los resultados obtenidos del ACP para las diferentes combinaciones de cuatro parámetros morfométricos adimensionales se presentan en la tabla 2. La combinación formada por S_l/R_0 , Xd/S_l , $\frac{a}{\sqrt{Ae}}$ y a/S_l es la que mejor explica la variabilidad de las playas estudiadas. El primer modo (o componente) explica el 83.32% de la variabilidad, el segundo el 13.5%, el tercero 2.81% y el cuarto 0.38%. Así, entre el modo 1 y el modo 2 estos cuatro parámetros permiten explicar el 96.82% de la variabilidad de las características morfológicas de las playas estudiadas. Cabe señalar que el índice de la forma en planta (a/R_0) de Hsu et al., (1989) combinado con los otros tres índices no mejoraba (96.23%) los resultados obtenidos con la combinación anterior (Tabla 2).

Tabla 2. Variabilidad explicada, en porcentaje, para las diferentes combinaciones analizadas de parámetros morfométricos adimensionales para cada modo (o componentes).

| | Modo 1 | Modo 2 | Modo 3 | Modo 4 |
|-----------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| $\frac{S_l}{\sqrt{Ae}}, Xd/S_l, a/S_l, a/R_0$ | 87.2% | 7.11% | 4.95% | 0.74% |
| $S_l/R_0, Xd/S_l, \frac{a}{\sqrt{Ae}}, a/S_l$ | 83.32% | 13.5% | 2.81% | 0.38% |
| $S_l/R_0, Xd/S_l, \frac{a}{\sqrt{Ae}}, a/R_0$ | 79.18% | 17.05% | 3.49% | 0.28% |
| $S_l/R_0, \frac{Xd}{\sqrt{Ae}}, a/S_l, a/R_0$ | 48.58% | 35.19% | 14.55% | 1.68% |

Por tanto:

$$S_l/R_0, Xd/S_l, \frac{a}{\sqrt{Ae}}, a/S_l = \text{media} + c_1 \cdot \text{modo 1} + c_2 \cdot \text{modo 2} \quad (1)$$

De esta manera, a partir de los valores promedio, los valores de los modos 1 y 2 (tabla 3) y sus correspondientes coeficientes obtenidos para las diferentes playas estudiadas se pueden clasificar según los coeficientes c_1 y c_2 tal y como se observa en la Fig. 3.

Tabla 3. Parámetros adimensionales: valores promedio y primer y segundo modo.

| | S_l/R_0 | Xd/S_l | $\frac{a}{\sqrt{Ae}}$ | a/S_l |
|--------|-----------|----------|-----------------------|---------|
| Media | 1.405 | 2.133 | 0.876 | 0.586 |
| Modo 1 | -0.256 | 0.929 | 0.079 | 0.256 |
| Modo 2 | -0.953 | -0.223 | -0.187 | -0.085 |

En la Fig. 3 se presentan los coeficientes c_1 y c_2 para los cuatro parámetros adimensionales seleccionados, destacándose en amarillo las playas naturales. Como se puede observar en la figura, no existen grandes diferencias entre las playas encajadas artificiales y naturales. Además, la distribución de la mayoría de las playas respecto a los dos coeficientes presenta una cierta continuidad, salvo el caso de cuatro playas encajadas artificiales: la playa La Fragata (Sitges, Barcelona), la playa de las Fuentes (Alcalá de Xivert, Castellón) y la Playa de l'Estany de Cullera, playas con un grado de encajamiento muy elevado, y, en el otro extremo, la Cala de las Melvas (Cartagena, Murcia) (Fig. 3).

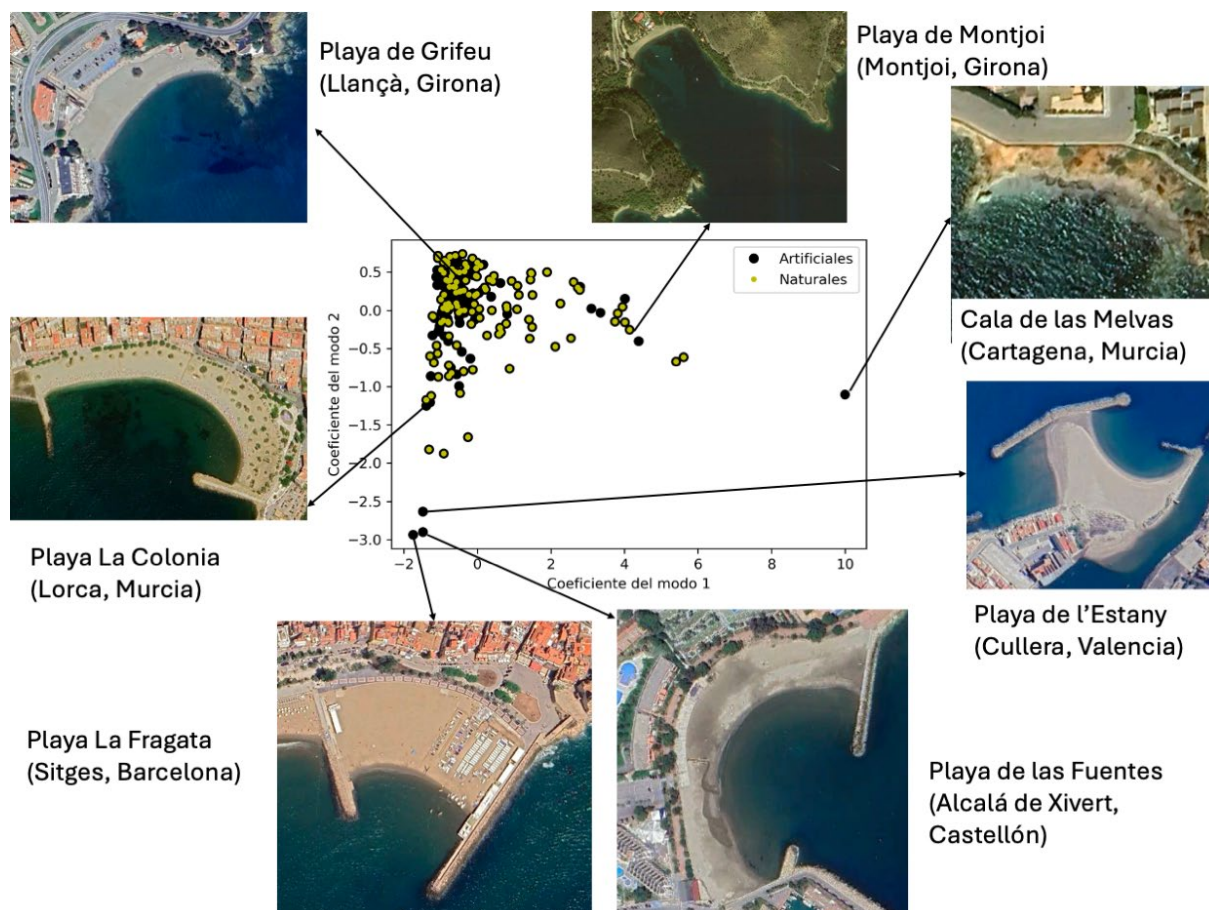


Fig 3. Representación de las playas encajadas respecto a los coeficientes del modo 1 y del modo 2.

5. Conclusiones

El Análisis en Componentes Principales permite clasificar las playas encajadas a partir de su aplicación a una combinación de cuatro parámetros morfométricos adimensionales. En el caso de las playas encajadas (artificiales y naturales) de la costa mediterránea peninsular (Cataluña, Comunidad Valenciana y Región de Murcia), la combinación S_l/R_0 , X_d/S_l , $\frac{a}{\sqrt{Ae}}$ y a/S_l es la que permite capturar de forma óptima la variabilidad existente. Los coeficientes de los modos 1 y 2 (variabilidad del 96,23%) obtenidos para cada una de las playas, muestran una distribución continua de las playas entre los dos coeficientes, no observándose diferencias notables entre las playas artificiales y naturales, a excepción de cuatro playas artificiales con un grado de encajamiento de valores extremos. La aplicación de esta metodología ha permitido determinar de forma eficiente cuales son los parámetros óptimos para la clasificación de las playas encajadas en la costa mediterránea peninsular.

6. Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de los proyectos “Resolviendo carencias de conocimiento críticas para mejorar las proyecciones morfodinámicas de costas bajas en el siglo XXI: observaciones (MOLLY-OBS)”. Agencia Estatal de Investigación, Proyectos I+D+i «Proyectos de Generación de Conocimiento» en el marco del Programa Estatal para Impulsar la Investigación Científico-Técnica y su Transferencia, del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023 (PID 2021-124272OB-C21) y del proyecto SOLDEMOR (TED2021-130321B-I00) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades - Agencia Estatal de Investigación y EU “NextGenerationEU/PRTR”.

7. Referencias

- Bowman, D., Guillén, J., & Pellegrino, V. (2009). Planview geometry and morphological characteristics of pocket beaches on the Catalan coast (Spain). *Geomorphology*, 108, 191-199. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.01.005>
- El mar Catalano-Balear. (2005). *Mapa batimétrico* http://gma.icm.csic.es/sites/default/files/geowebs/MCB/CBSbats_cat.htm
- European Marine Observation and Data Network, EMODnet. (2024). (s.f.). Recuperado el 23 de abril de 2024, <https://emodnet.ec.europa.eu/en>
- Expósito, L. (2019). Características morfológicas de las playas encajadas de la Comunidad Valencia. Trabajo Fin de Grado. Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.
- Fellowes, T., Vila-Concejo, A., y Gallop, S. L. (2019). Morphometric classification of swell-dominated embayed beaches. *Marine Geology*, 411, 78-87. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2019.02.004>
- Gómez-Pujol, L., Gelabert, B., Fornós J.J., Pardo-Pascual, J.E., Rosselló, V.M., Segura, F. S., & Onac, B.P. (2013). Structural control on the presence and character of calas: Observations from Balearic Islands limestone rock coast macroforms. *Geomorphology*, 194, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.03.012>
- Hsu J.R.C, Silvester, R. & Xia Y.M. (1989). Generalities on Static Equilibrium Bays. *Coastal Engineering*, 12, 353-369. [https://doi.org/10.1016/0378-3839\(89\)90012-4](https://doi.org/10.1016/0378-3839(89)90012-4)
- Instituto Cartogràfic i Geològic de Catalunya. (2010). *Llibre verd de l'Estat de la zona costanera a Catalunya* Recuperado de Libro verde del Estado de la zona costera de Catalunya, 2010. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (icgc.cat)
- Instituto Geográfico Nacional Datos Geográficos y Toponimia.(s.f.). Recuperado el 23 de abril de 2024, <https://www.ign.es/web/ign/portal/ane-datos-geograficos/-/datos-geograficos/datosGenerales?tipoBusqueda=longCosta>
- Instituto Geográfico Nacional (s.f.). *Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)*. Recuperado el 23 de abril de 2024, <https://pnoa.ign.es/web/portal/inicio>
- Lambarri, L., Sancho-García, A. & Guillén, J. (2022). Características morfológicas de las playas encajadas de la Región de Murcia. *XII Jornadas de Geomorfología Litoral*. Santiago de Compostela.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Ecocartografía del litoral de las provincias de Alicante, Valencia y Castellón*. Recuperado el 20 de noviembre de 2020. <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/ecocartografias/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Guía de playas*. Recuperado el 30 de noviembre de 2020. <https://www.idee.es/csw-codsi-idee/srv/spa/catalog.search#/search?resultType=details&sortBy=relevance&any=playas&from=1&to=20>
- Spagnolo, M., Arozarena, I., Pappalardo, M. & Roberto, P. (2008). A New Approach for the Study of the Coast Indentation Index. *Journal of Coastal Research*, 24(6), 1459–1468. <https://doi.org/10.2112/07-0880.1>