

En la elaboración de este capítulo han participado:  
Natalia Barrientos, Raquel Vaquer-Sunyer, Guillem Xavier Pons Buades y José Ángel Martín.

# Evolución sedimentaria en playas

1. Evolución de la línea de costa
2. Superficie de playa
3. Anchura media de playa

Alrededor de un 10 % de la costa de las Islas Baleares (161 km) está formada por acumulaciones arenosas.<sup>1</sup> Estos arenales, juntamente con las dunas costeras, constituyen el principal elemento de protección de las costas bajas frente a los temporales y el ascenso del nivel del mar; a su vez, son sistemas complejos, dinámicos y sobre todo muy frágiles.

Además de su gran importancia en la protección del litoral, las playas suponen uno de los mayores atractivos turísticos de las Islas Baleares. Por tanto, un sistema playa-duna en desajuste o degradación podría inducir riesgo en los recursos turísticos y, en consecuencia, causar impactos socioeconómicos negativos.<sup>2,3</sup>

La dinámica de las playas del mar Balear está dominada principalmente por episodios de tormentas, y en menor grado por el oleaje y las corrientes costeras —debido a la ausencia de mareas.<sup>1,4-6</sup> En este contexto, otro elemento con un papel importante en la dinámica y la configuración de las playas es el control fisiográfico del relieve (lo encajadas y estrechas que son y el trazado de las bahías o calas que acogen a las playas) o la morfología y el volumen de sedimentos que se pueden acumular (espacio de acomodación).<sup>7</sup>

Otros factores —la mayoría de origen antropogénico—, pueden también contribuir al balance sedimentario de la playa, entre los que destacan: la modificación del litoral con infraestructuras (diques, puertos deportivos, etc.) que alteran la deriva litoral y las corrientes oceánicas de la zona; una inadecuada gestión en la retirada de restos vegetales (necromasa) de *Posidonia oceanica* acumulados en la orilla; una alta frecuentación; un aumento de lóbulos erosivos

(*blowout* en inglés) y cicatrices en los sistemas dunares; y una limpieza mecánica de playas (en verano y parte de otoño y primavera) sin criterios ambientales y acordes a la dinámica del sistema.<sup>8-11</sup>

Finalmente, cabe destacar la ineficiencia constatada de las regeneraciones de playas mediante bombas hidráulicas, ya que, además de ser muy costosas, producen daños ecológicos tanto en la zona de extracción como en la zona de descarga.<sup>12</sup> Para obtener un mayor beneficio ecológico y socioeconómico de los esfuerzos de gestión, estos deberían dirigirse a acciones más económicas y sostenibles que mantengan el buen estado de los sistemas playa a largo plazo. Un ejemplo de estas acciones podría ser la retirada paulatina de los obstáculos que faciliten los procesos erosivos en los paseos marítimos, para evitar así reinvertir en arreglar infraestructuras que probablemente vuelvan a ser afectadas por otros temporales.

En consecuencia, conocer la evolución histórica a largo plazo de las playas sirve para evaluar los cambios en la dinámica del litoral debidos a forzamientos naturales o inducidos por la actividad antrópica. Esta información puede servir a científicos y gestores como criterio para la gestión ante el deterioro por causas naturales y/o antrópicas de estos valiosos y frágiles ecosistemas.

## ¿QUÉ ES?

Las playas son sistemas sedimentarios (de materiales finos a cantos rodados) que incluyen tanto la playa emergida/seca (arenales y dunas costeras) como la sumergida. Estos sistemas son muy dinámicos, complejos y, ante todo, muy frágiles, por lo que idealmente son necesarios datos de monitoreo > 10 años para interpretar adecuadamente su evolución.

## METODOLOGÍA

Se incluye información de la evolución sedimentaria de playas extraída de diversos artículos científicos a largo (desde 1956) y a medio plazo (desde 2002). Se estudian playas de todas las Islas y se detallan las playas de Sa Ràpita-Es Trenc, S'Arenal, Cala Millor y Cala Deià. La evolución de la línea de costa se evalúa mediante el análisis de fotografías aéreas capturadas desde 1956. Entre los diferentes estudios se utilizan diversos parámetros estadísticos para obtener la tendencia evolutiva de la costa, donde cada uno condiciona la interpretación sedimentaria de las playas.

## RESULTADOS

La actividad antrópica, el oleaje, la geología y la ubicación geográfica son los factores que contribuyen en mayor medida a la evolución sedimentaria de las playas. En general, la construcción de instalaciones (puertos deportivos, aparcamientos, chiringuitos de playa) modifica las tendencias de la línea de costa, en ocasiones revirtiendo los patrones de sedimentación observados en el pasado.

A escala regional (2002-2012), Formentera es la isla que muestra una mayor inestabilidad en la línea de costa en más del 40 % de sus playas. Mallorca y Formentera muestran retroceso de la línea de costa (> - 0,5 m/año) en un 20 % de las playas, y Menorca e Ibiza en un 10 % de las playas.

En 52 playas de Menorca (1956-2015) se muestra una tendencia erosiva predominante, sobre todo en las playas urbanas y playas encajadas de Ponent y Migjorn, mientras que las playas vírgenes muestran un retroceso menor.

## ¿POR QUÉ?

Conocer la evolución histórica de las playas permite a investigadores y gestores elegir criterios de gestión ante su deterioro natural o antrópico.

## LOCALIZACIÓN



En Sa Ràpita (1956-2012), el puerto (noroeste de la playa) actúa como trampa sedimentaria con una tasa promedio de ganancia de + 0,37 m/año, mientras que el centro y la zona de Ses Covetes muestran una erosión promedio de - 0,17 m/año. Es Trenc retrocede de media - 5,7 m en los 59 años de monitoreo.

S'Arenal (1956-2008) muestra cambios derivados de la creación del puerto (norte de la playa) y de un evento de regeneración. Esto resulta en la acumulación > 1 m/año en el norte, Ses Fontanelles y Les Meravelles, y en erosión entre La Porciúncula y S'Arenal.

A finales de los años sesenta, Cala Millor (1956-2017) sufrió un evento de regeneración (con fines turísticos y de recreo) que aumentó su área hasta 1,5 veces (de 4,4 a 6,9 ha); desde entonces se muestra un retroceso que ha sido amplificado por el temporal Gloria en 2020.

Cala Deià muestra tendencias de retroceso en la línea de costa desde 1956, atribuidas a causas naturales.

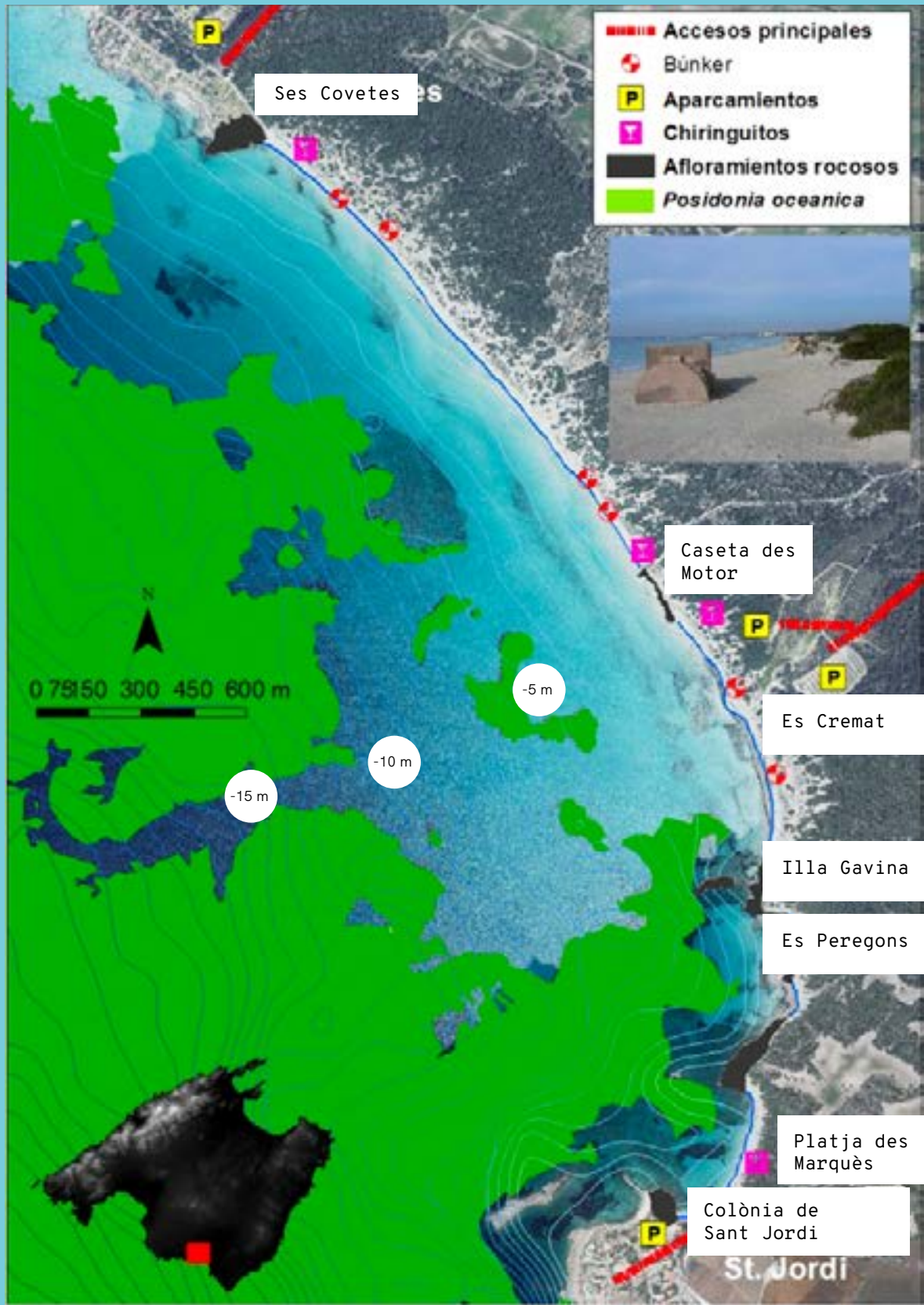


Imagen aérea de la playa de Es Trenc, de la que se realizan seguimientos de la evolución de la línea de costa. En círculos rojos se muestran los búnkeres, algunos de ellos más cerca de la línea de costa que en el momento de su construcción (a partir de 1939). FUENTE: Martín-Prieto *et al.*<sup>10</sup>

## METODOLOGÍA

Existen diferentes contribuciones científicas que versan sobre la evolución de la posición de la línea de costa en varias playas de las Islas Baleares, a largo (desde 1956) y a medio plazo (desde 2002). En detalle, se muestra la evolución de la línea de costa extraída de estudios de las siguientes zonas:

1. Playas de todas las Islas: 2002-2012<sup>1</sup>
2. S'Arenal, sur de Mallorca: 1956-2008<sup>13</sup>
3. Cala Millor, noreste de Mallorca: 1956-2017<sup>1, 2, 14-16</sup>
4. Cala Deià, noroeste de Mallorca: 1956-2015<sup>1, 17</sup>
5. Sa Ràpita-Es Trenc, sur de Mallorca: 1956-2015<sup>9, 10</sup>
6. 52 playas de Menorca: 1956-2015<sup>18, 19</sup>
7. 114 playas de Menorca: 2002-2012<sup>20</sup>

El cálculo de la variación de la línea de costa —el umbral entre el mar estabilizado y la tierra firme— de la superficie y la anchura media se realizan mediante el análisis comparativo de fotografías aéreas desde 1956. Las fotografías se escanean y georreferencian a partir de las ortofotografías de SITIBSA con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG). La evolución de la línea de costa se determina a partir de la herramienta Digital Shoreline Analysis System (DSAS V.4), del Servicio Geológico de los Estados Unidos.<sup>21</sup>

La tasa de cambio de la línea de costa se puede calcular mediante diversos métodos estadísticos:

- Regresión lineal (Linear Regression, LRR en sus siglas en inglés). Ajusta la serie temporal sobre la posición de la línea de costa en diferentes fechas del año y sobre distintos perfiles de la playa. La pendiente de la recta de regresión (expresada en metros/año) indica la tasa de cambio sin tener en cuenta distorsiones producidas por temporales fuertes o mareas inusuales.<sup>21</sup> Este método captura cambios en la línea de costa en periodos largos de tiempo y resulta fiable para predecir tendencias futuras.<sup>10</sup> Utilizado en los estudios de los puntos 1, 5 y 7.
- Movimiento neto de la costa (Net Shoreline Movement, NSM en sus siglas en inglés). Distancia entre la línea de costa más reciente y la antigua, o la más alejada de la costa y la más interna. Representa una distancia en metros y proporciona una idea del grado de dinamismo de la línea de costa. Por lo tanto, muestra la variabilidad existente a corto plazo/cambios cíclicos y no una tendencia de cambio.<sup>10</sup> Utilizado en los estudios de los puntos 5 y 6.
- Tasa de punto final (End Point Rate, EPR en sus siglas en inglés). Valor NSM dividido entre los años transcurridos. Proporciona una tasa de cambio (metros/año). Una desventaja de este método es que no utiliza todos los datos disponibles, únicamente dos fechas, por lo que pueden existir cambios no detectados en los resultados. Por tanto, conviene compararlos

con otros métodos como LRR.<sup>10</sup> Utilizado en el estudio del punto 5.

- Recta de regresión ponderada (Weighted Linear Regression, WLR en sus siglas en inglés). Distancia en metros/año trazando todas las posiciones de costa con respecto al tiempo, mostrando así una tendencia histórica. Método adecuado para destacar áreas con la mayor tasa de cambio y zonas más susceptibles a la erosión.<sup>10</sup> Utilizado en el estudio del punto 6.

## RESULTADOS

### 1. Playas de todas las Islas (2002-2012)<sup>1</sup>

Entre los años 2002-2012, el 79,7 % de las playas estudiadas de todas las Islas Baleares se mantienen estables, únicamente un 1,2 % experimentan retrocesos > 1,5 m/año, y un 3,8 % acumulaciones > 1,5 m/año (Figura 1). Por islas, en Mallorca, Menorca e Ibiza, un porcentaje  $\geq 70$  % de las playas son estables (variando  $\pm 0,5$  m/año), mientras que en Formentera es < 60 %. Por otro lado, Mallorca y Formentera muestran como mínimo un 20 % de las playas con patrones de erosión (> - 0,5 m/año), mientras que Menorca e Ibiza lo hacen en un 10 %. Exceptuando Formentera, que se encuentra a cobijo de Ibiza, las playas con una exposición a la componente norte y oeste resultan en un mayor número de arenales con tendencias erosivas, mientras que las exposiciones sur y este exhiben un mayor número de casos con una tendencia de acreción leve.

### 2. S'Arenal (1956-2008)<sup>13</sup>

En 1956, esta playa de 5 km de longitud no presentaba impactos antrópicos significativos, si bien su trazado muestra fragmentación asociada a la presencia de afloramientos de eolianitas (dunas fósiles) de edad cuaternaria.

A partir de la década de los setenta, se inician cambios antrópicos mediante la urbanización costera y la construcción de puertos deportivos. El cambio más importante se da en el sector norte de la playa mediante el avance de la línea de costa a cobijo de los puertos, que actúan atrapando sedimento que arrastra la deriva litoral.<sup>13</sup>

En 1986 se regeneró la playa con 470.000 m<sup>3</sup> de arena, lo que supuso un avance en planta de 125.000 m<sup>2</sup> entre 1985 y 1990, que también se muestra en un aumento de la superficie total y la anchura media (Figura 2).

El análisis histórico muestra que la línea de costa es igual o mayor a fechas anteriores a la regeneración, con una superficie de playa de  $\sim 230.000$  m<sup>2</sup> (23 ha), 1,8 veces mayor que la superficie de la playa previa a la regeneración. Asimismo, la anchura media de la playa pasa de 22,9 m a 45,9 m tras la regeneración.

- Erosión
- Acreción
- Estabilidad

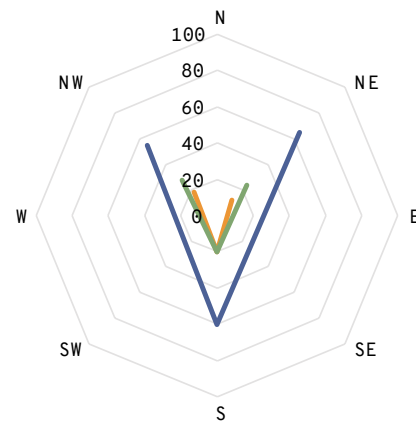
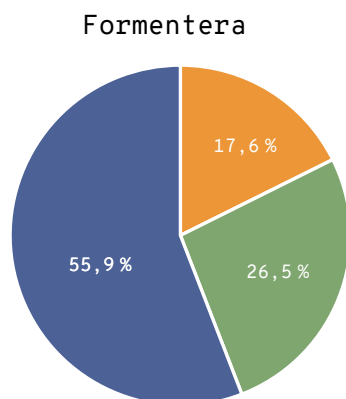
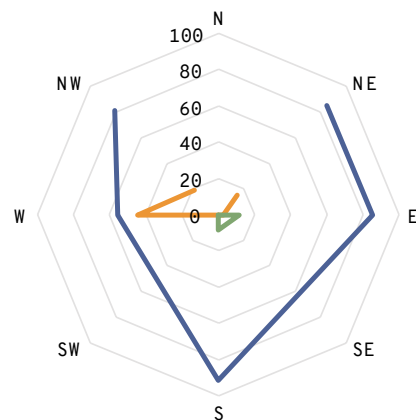
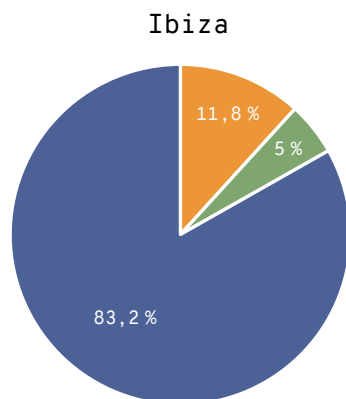
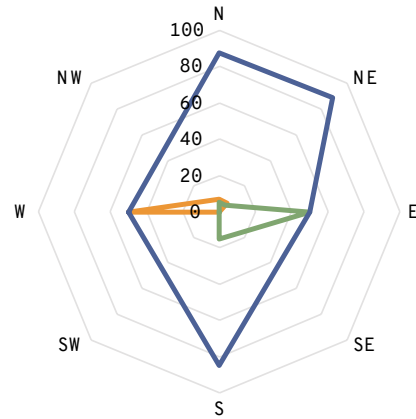
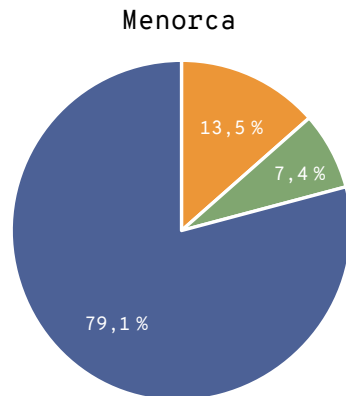
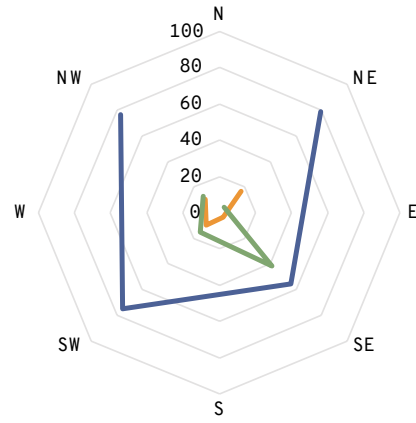
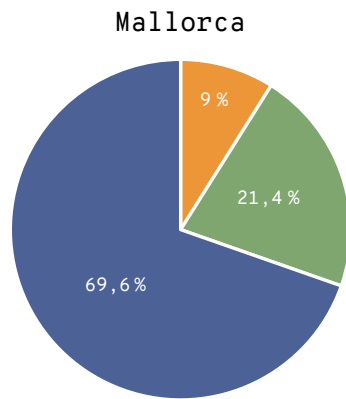


Figura 1. Evolución de la línea de costa en las playas de estudio de las Islas Baleares a medio plazo (2002-2012) y sus direcciones predominantes de erosión, acreción y estabilidad en porcentajes. FUENTE: Gómez-Pujol *et al.*<sup>1</sup>

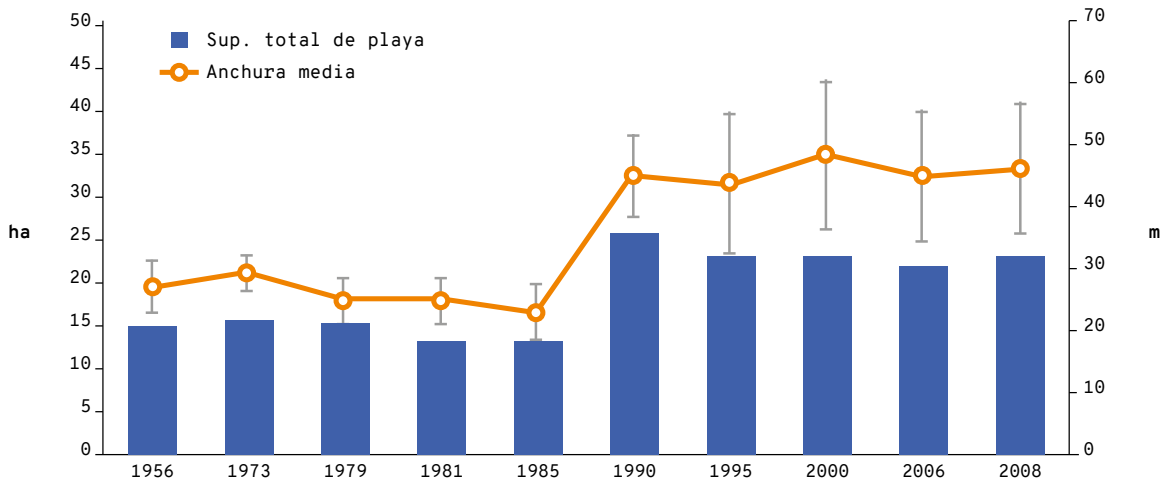


Figura 2. Evolución de la línea de costa de la playa de S'Arenal (1956-2008) mediante la superficie total de playa (barras azules) y la anchura media (línea naranja). FUENTE: Gómez-Pujol *et al.*<sup>13</sup>

Entre 1990-2008, la línea de costa de S'Arenal calculada a través de la tasa de regresión lineal muestra acumulación en el norte de la playa y en las zonas cobijadas por los puertos deportivos ( $> 1\text{ m/año}$ ), y avanza entre Ses Fontanelles y Les Meravelles. Por otro lado, la parte sur permanece estable o con acumulación  $< 1\text{ m/año}$  y retrocede entre La Porciúncula y S'Arenal hasta su posición previa a la regeneración.<sup>13</sup>

### 3. Cala Millor (1956-2017)<sup>1, 2, 14-16</sup>

En 1956, esta playa de 1,7 km de longitud no se encontraba modificada—incluía laguna y dunas en su parte sur—, resultando en 44.260 m<sup>2</sup> de superficie.<sup>2</sup> En 1968, su superficie se incrementó considerablemente a 69.828 m<sup>2</sup>, ya que durante el proceso de urbanización turística la arena de las dunas fue repartida en la playa (Figura 3). Desde entonces, la monitorización aérea de la playa muestra un retroceso asociado a una redistribución natural de arena para ajustar su equilibrio (Figura 4).<sup>1,2</sup>

Desde los años ochenta se han llevado a cabo diversos trabajos de regeneración de la playa, dirigidos exclusivamente al recreo y al turismo, ya que no había ningún problema de erosión o retroceso de la línea de costa.<sup>1</sup> En 2001, una tormenta de las más energéticas de los pasados cincuenta años removió una gran parte de sedimento,<sup>1</sup> por lo que en 2002 se realizó otro proceso de regeneración y hasta 2014 la playa ha permanecido estable.<sup>16</sup>

En escalas temporales cortas, entre 2010-2017, la evolución de la línea de costa—calculada mediante la tasa de regresión lineal— muestra una mayor variación con diecinueve eventos con una altura de ola de 2 m a 25 m.<sup>15</sup> Algunos de estos eventos son producidos por temporales locales (abril de 2013), aunque otros actúan en grupo. Se observa un claro cambio en la línea de costa desde abril de 2014, justo después de un grupo de tormentas. La anchura de la playa se recupera, pero se observa una recesión neta de la línea de costa. Los resultados muestran las escalas temporales de erosión y acreción de sistemas de baja energía. La erosión (migra-

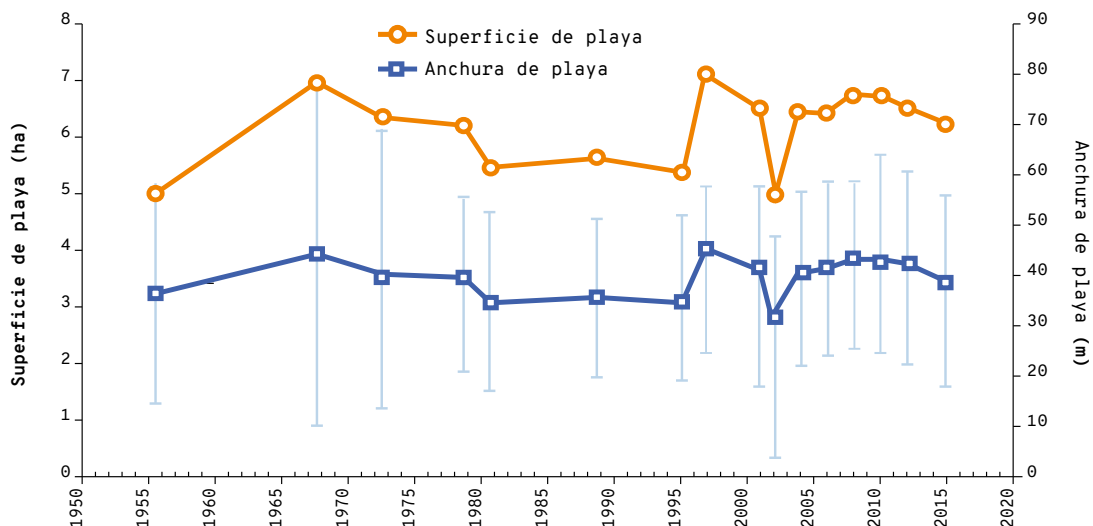


Figura 3. Evolución de la playa de Cala Millor a largo plazo (1956-2015) en su superficie (línea naranja de círculos) y anchura (línea azul de cuadrados). FUENTE: Gómez-Pujol *et al.*<sup>1</sup>

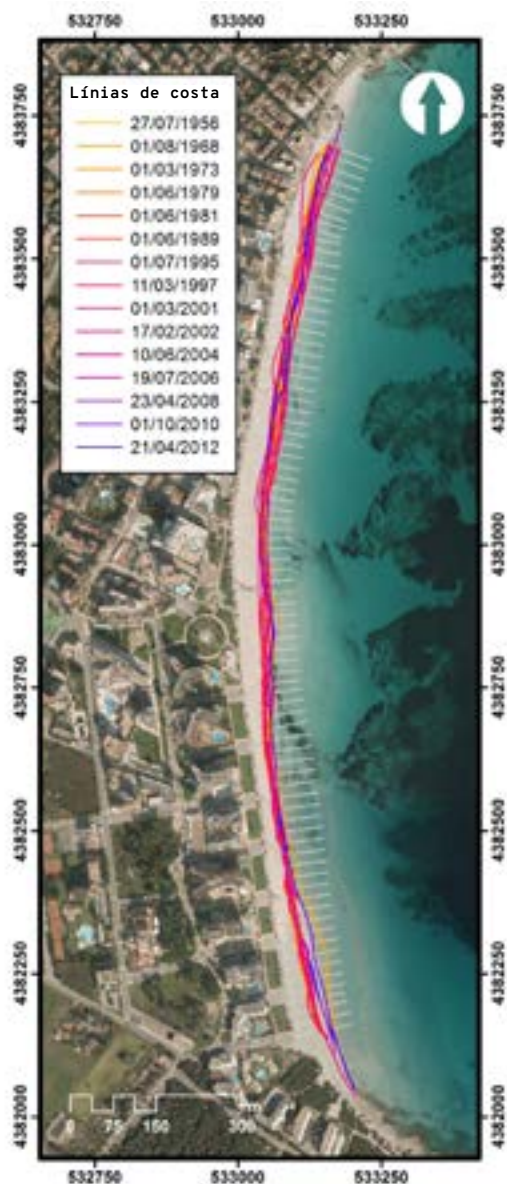


Figura 4. Evolución de la línea de costa de la playa de Cala Millor entre 1956-2012. FUENTE: Gómez-Pujol *et al.*<sup>1</sup>

ción de arena mar adentro) se produce durante la tormenta, mientras que el transporte de sedimentos del mar a la playa emergida tiene una escala temporal mucho más lenta. Entre 2015 y 2017, nuevos grupos de tormentas afectaron a la playa y, a pesar de algunos avances en la posición de la costa, la anchura no ha recuperado las condiciones anteriores. Finalmente, el paso del temporal Gloria en enero de 2020 ha afectado gravemente la línea de costa de las playas de la zona del Llevant de Mallorca desde entonces (Figura 5).<sup>22</sup> Próximas actualizaciones del INFORME MAR BALEAR incluirán datos más recientes de la evolución sedimentaria de esta playa elaborados por el Beach Monitoring Facility del SOCIB (en preparación).

#### 4. Cala Deià (1956-2015)<sup>1, 17</sup>

La parte norte de las Islas, donde se sitúa Cala Deià, está sujeta a un oleaje más intenso. Desde 1956 se observa un retroceso en su línea de costa asociado a causas naturales (Figura 6).<sup>1, 17</sup> Durante los años noventa, se rehabilitó la playa aportando sedimento,



Figura 5. Ejemplo erosivo de la playa de Cala Millor producido por la retirada de arena durante el temporal Gloria (2020), dejando a la vista el paleosuelo del Pleistoceno. La imagen muestra marcas de utilización de maquinaria pesada. FUENTE: Vicens *et al.*<sup>22</sup>

lo cual hizo que alcanzara su anchura máxima coincidiendo con un mar menos energético. Entre los principales episodios de erosión destacan las tormentas de diciembre de 1980 y noviembre de 2001.

#### 5. Sa Ràpita-Es Trenc (sur de Mallorca) (1956-2015)<sup>9, 10</sup>

La playa de Sa Ràpita registra un transporte de sedimento a lo largo de la misma en ambos sentidos debido a que está sujeta a un clima marítimo bimodal, con dirección procedente del S-SO y del E-SE. La playa se ha dividido en tres sectores debido a la presencia de dos promontorios rocosos: sector puerto (junto al puerto deportivo), sector central y sector Ses Covetes (el más cercano a esta localidad).

El resultado global para el periodo analizado entre los años 1956 y 2012 ha sido un avance de la línea de costa en el sector puerto de 20,77 m con un promedio de 0,37 m/año; un retroceso en el sector central de - 9,34 m con un promedio de - 0,17 m/año; y de - 9,35 m con valores medios de - 0,17 m/año en el sector Ses Covetes.

Entre 1956-1973, el sector central presentaba sedimentación con una tasa de 0,37 m/año, y Ses Covetes de 0,5 m/año. Por el contrario, la zona oeste —donde hoy se sitúa el puerto—, presentaba erosión con una tasa de - 0,31 m/año (Figura 7).

En 1977 se construyó el puerto deportivo en el extremo NO, que actuó desde entonces como trampa sedimentaria modificando los patrones naturales de erosión y acumulación de arena. Esto resulta en un

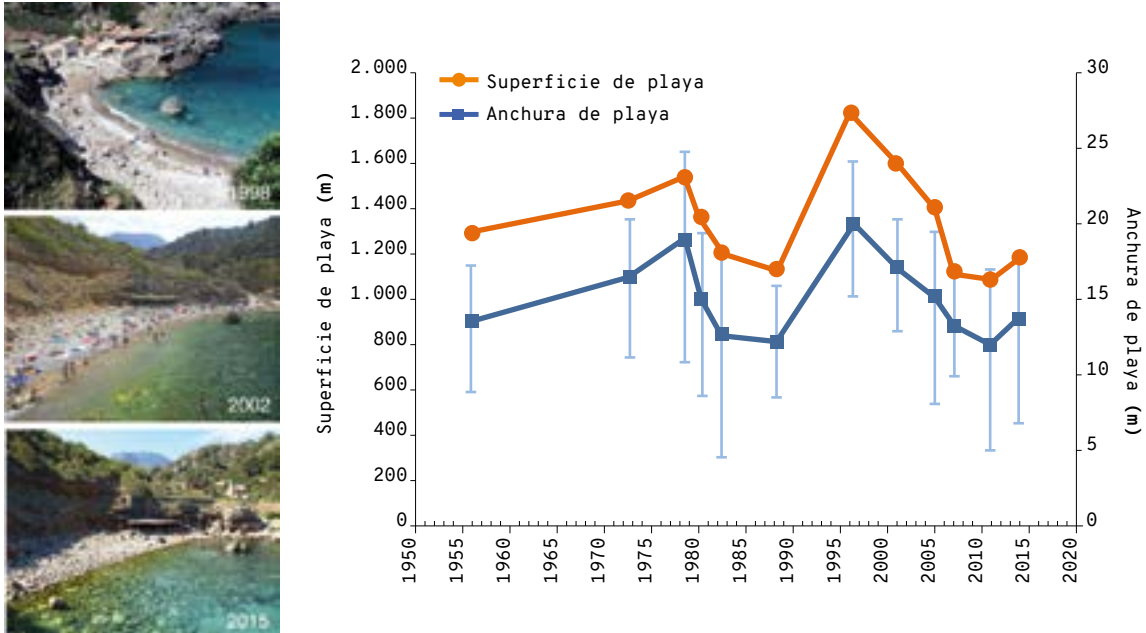


Figura 6. Imágenes y evolución de la playa de Cala Deià a largo plazo (1956-2015) en cuanto a superficie (línea de color naranja con círculos) y anchura (línea de color azul con cuadrados). FUENTE: Gómez-Pujol *et al.*<sup>1</sup>

aumento de superficie (+ 16,28 m) entre 1979-2012 con un promedio de 0,5 m/año en la zona cercana al puerto, y una erosión de - 0,19 a - 0,34 m/año en la parte central y Ses Covetes (*i. e.* un retroceso de la línea de costa de - 6,34 m y - 11,28 m, respectivamente). En consecuencia, después de la modificación de la playa por la construcción del puerto se revierten los patrones originales de erosión/acumulación (figuras 7 y 8).

La variación histórica de la línea de costa de Es Trenc (1956-2015) muestra un retroceso medio de - 5,72 m relacionado, entre otros factores, con la presión antrópica. Los sectores erosivos coinciden principalmente con zonas próximas a aparcamientos o chiringuitos, donde el tránsito de usuarios es más intenso: el aparcamiento de Es Cremat, con retroceso lineal máximo de - 18,9 m; el aparcamiento de Ses Covetes, de - 12,2 m; sa Caseta des Motor, de

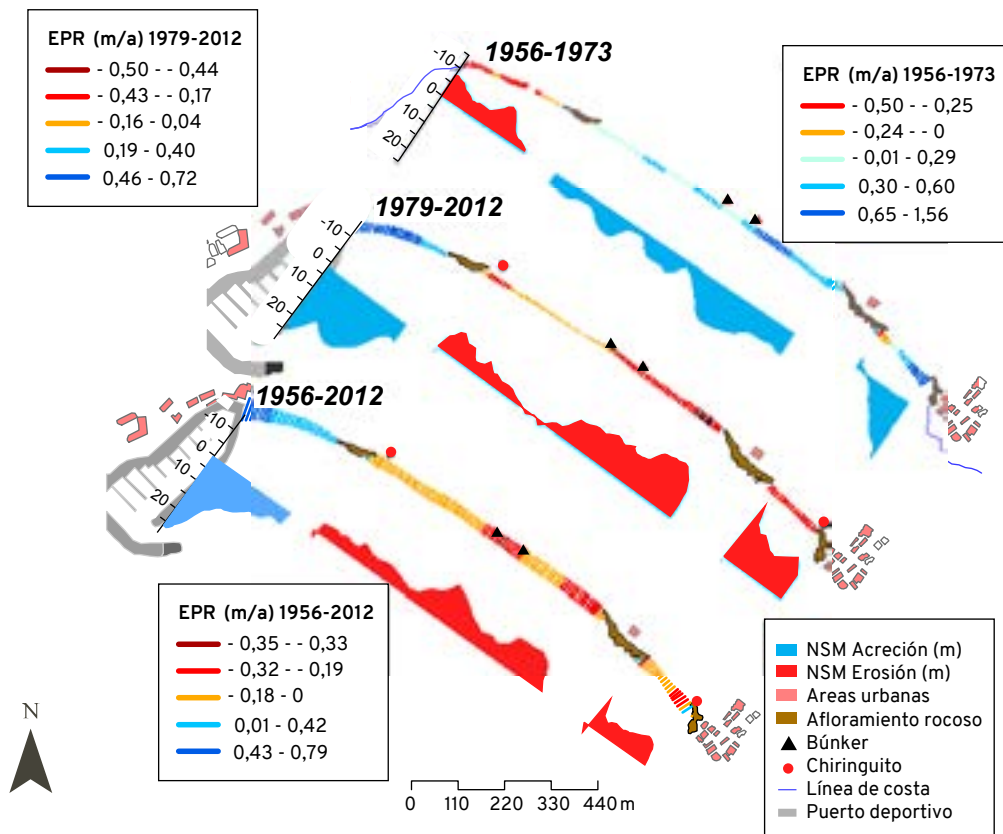


Figura 7. Imágenes del dinamismo de la línea de costa de la playa de Sa Ràpita calculados a partir de los análisis estadísticos EPR y NSM entre los años 1956-2012. La gráfica de 1956-1973 muestra los datos antes de la construcción del puerto deportivo. En el eje de los gráficos, valores positivos indican acreción. FUENTE: Martín-Prieto *et al.*<sup>9</sup>

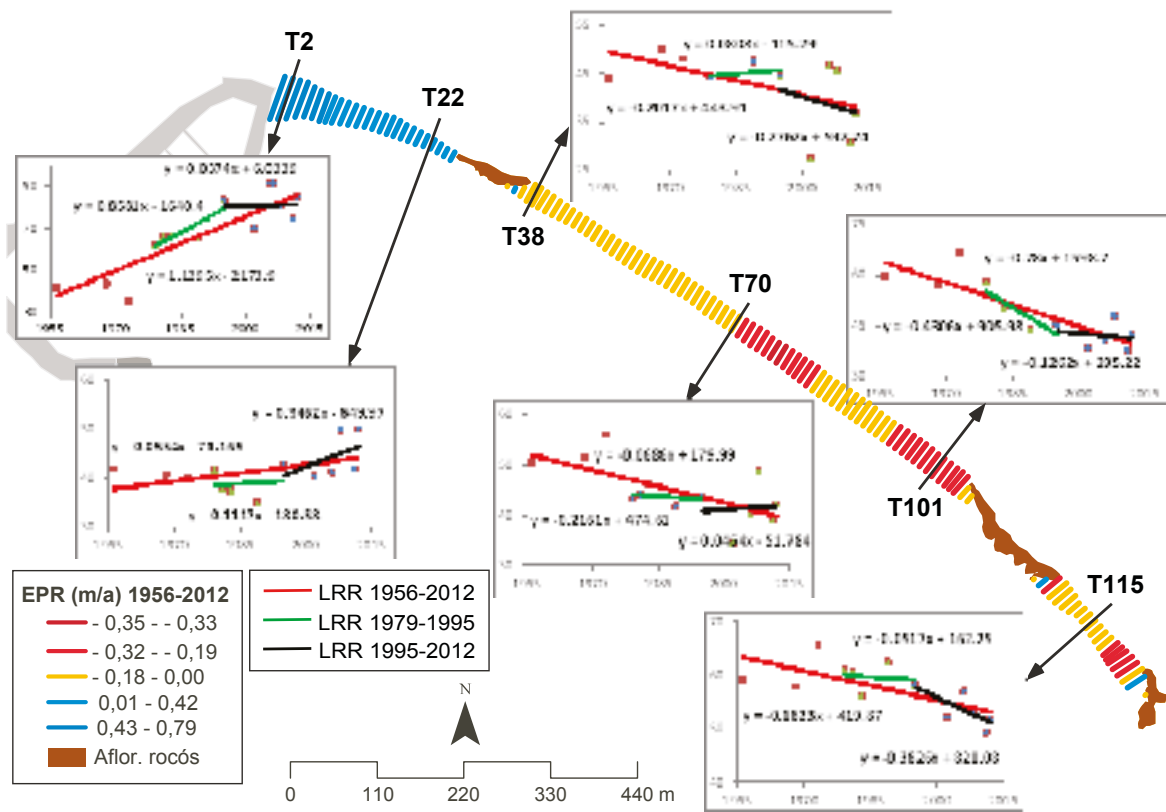


Figura 8. Imágenes de la evolución de la línea de costa de la playa de Sa Ràpita calculada a partir del análisis estadístico de EPR y LRR entre los años 1956-2012. La línea roja corresponde a los datos entre 1956-2012; la verde, entre 1979-1995; y la negra, entre 1995-2012. FUENTE: Martín-Prieto *et al.*<sup>9</sup>

- 14,8 m; y la Platja des Marqués, de - 9,7 m (Figura 9). Por último, un estudio de la IUCN concluye un retroceso medio de la línea de costa de Es Trenc de 13,5 m entre los años 1956-2021.<sup>23</sup>

## 6. 52 playas de Menorca (1956-2015)<sup>18, 19</sup>

La línea de costa se obtiene a partir del límite seco-húmedo. Esta línea marca el comienzo de la playa alta o playa seca. El análisis de su evolución se realiza en función de:

- La clasificación tipológica de la playa (según el tipo de gestión que se practica y su accesibilidad):<sup>24</sup>
  - Playas de tipo A: playas urbanas.
  - Playas de tipo B: playas situadas en ANEI con accesibilidad.
  - Playas de tipo C: playas situadas en ANEI y parque natural, solo con acceso a pie.
- La clasificación fisiográfica: cala, playa semi-expuesta, playa expuesta y playa protegida en bahías.
- La ubicación geográfica: Tramuntana, Migjorn, Ponent y Llevant.

Las 52 playas de Menorca muestran una media de retroceso en línea de costa de - 4,8 m a una velocidad de - 0,09 m/año (Tabla 1, Figura 10). Las líneas de costa que más han retrocedido se registran en las playas: Platja de Son Saura (- 22 m), en Tramuntana; Platja de Llevant de Son Saura (- 29,2 m) y Cala en

Porter (-28,4 m) en Migjorn; y Cala Blanca (- 52,7 m) y Sa Caleta (-27,42 m) en Ponent. En Llevant, las dos playas estudiadas no muestran erosión. Las que han acumulado más sedimentos son: en Tramuntana, Es Grau (12,9 m); en Migjorn, Es Canutells (16,6 m); y en Llevant, Punta Prima (13,4 m).

Un factor clave de la evolución de la costa se da en función de su situación geográfica, donde las playas de Ponent (oeste) presentan mayores procesos erosivos, seguidas de las playas de Migjorn (sur). En cambio, las de Tramuntana (norte) muestran unos patrones menos erosivos. Estos resultados también se muestran a corto plazo.<sup>20</sup>

Además, existe una relación entre la actividad antrópica y la erosión en playas: las playas urbanas (de tipo A) retroceden de media alrededor de 9,3 metros; las playas situadas en ANEI con accesibilidad (de tipo B), 2,6 m; y las playas situadas en ANEI y parque natural sin accesibilidad (de tipo C), 1,5 m (Figura 10).

## 7. 114 playas de Menorca (2002-2012)<sup>20</sup>

Durante estos años (2002-2012) no se realizaron proyectos de regeneración en Menorca y, por tanto, el comportamiento sedimentario se puede atribuir únicamente a la dinámica natural.

Las zonas con mayor erosión son playas de carácter encajado del sector de Ciutadella (Ponent) y el tramo Binigaus-Sant Tomàs (Migjorn).

Debido a las características geomorfológicas de Menorca, se observa una mayor estabilidad en las

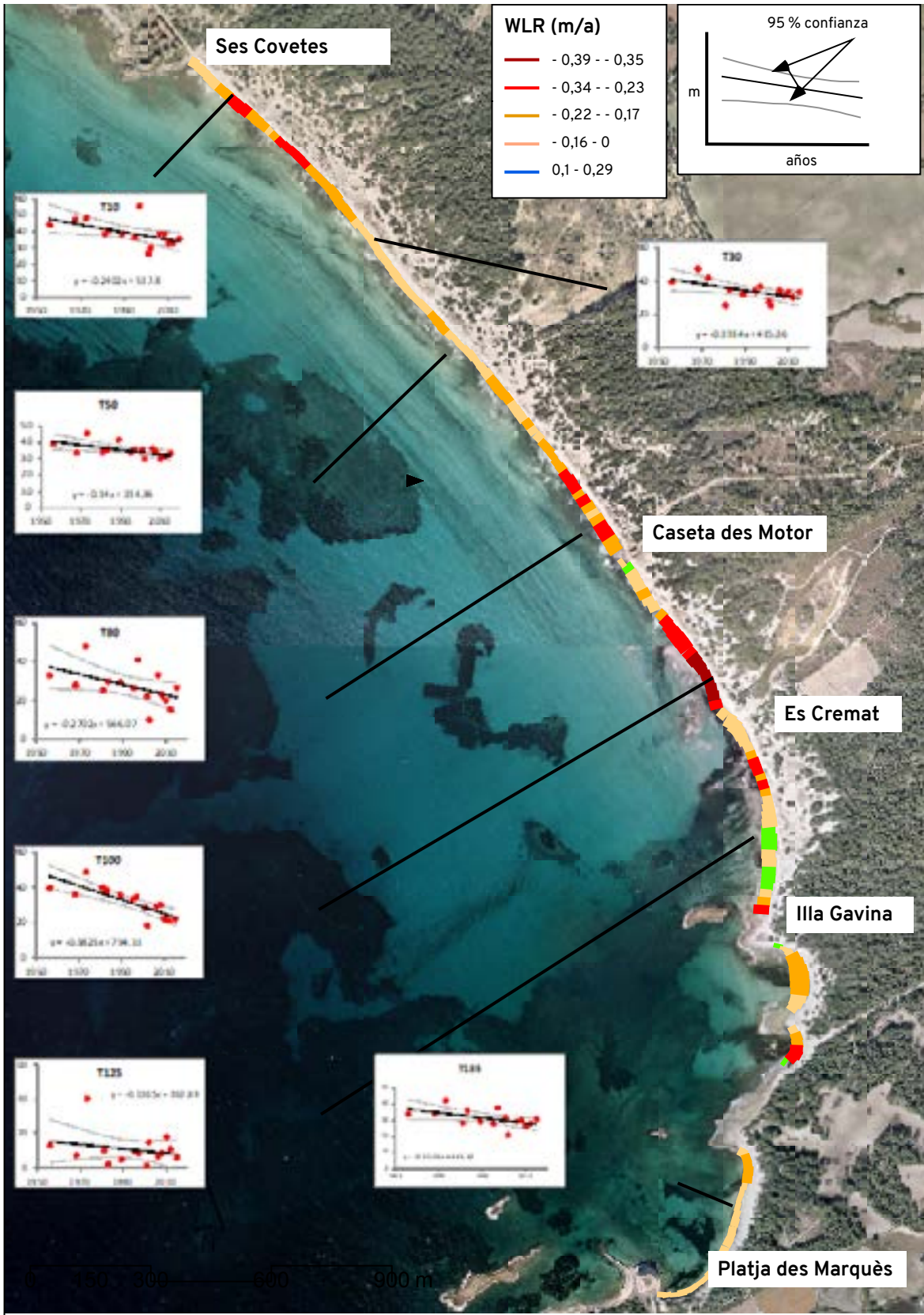


Figura 9. Imagen satelital de la playa de Es Trenc mostrando la evolución de la línea de costa (1956–2015) a través del método estadístico de recta de regresión (LRR) y recta de regresión ponderada (WLR). FUENTE: Martín-Prieto *et al.*<sup>10</sup>

**Tabla 1.** Lista de las 52 playas de Menorca estudiadas entre 1956–2015 y los metros de máximo retroceso (valores negativos) o avance (valores positivos) de la línea de costa durante el intervalo caracterizado. FUENTE: Martín *et al.*<sup>18</sup>

<b>PLAYAS DE TRAMUNTANA</b>		<b>m</b>		
Cala de Biniparratx	- 5,01		Platja de Binimel·là	- 1,6
Platja de Son Saura	- 22		Platja de Binicodrell	- 4,11
Cala de Binissafúller	2,43		Platja de Capifort	- 0,8
Arenal d'en Castell	- 7,1		Platja de Binigaus	- 1,29
Cala des Talaier	11,03		Platja de Cavalleria	3,3
Cala d'Algaiarens	2,7		Platja de Sant Tomàs	- 1,96
Cala en Bosc	- 13,33		Platja de Salairó	8,4
Cala de sa Torreta	12		Platja de So na Parets	0,55
Cala en Porter	- 28,39		Platja des Bot	- 0,5
Cala de s'Enclusa	- 0,7			
Cala en Turqueta	- 13,44		<b>PLAYAS DE PONENT</b>	<b>m</b>
Cala des Tamarells del nord	- 0,2		Platja des Grau	13
Cala Escorxada	- 8,93		Cala Blanca	- 52,74
Cala des Tamarells del sud	6,4		Platja des Sivinar	- 11
Cala Fustam	- 9,71		Cala de Santandria	- 7,08
Cala en Calderer	- 7,3			
Cala Galdana	- 9,07		<b>PLAYAS DE MIGJORN</b>	<b>m</b>
Sa Mesquida	- 2,9		Platja Gran	- 6,54
Macarella	- 9,67		Platja de Llevant de Son Saura	- 29
Cala Mica	0,9		Sa Caleta	- 27,42
Macarelleta	- 4,99		Platja de Ponent de Son Saura	- 8,1
Cala del Pilar	- 0,8		Caleta en Blanes	- 7,92
Cala Mitjana	- 10,3		Cala de Binibèquer	- 3,8
Cala Pregonda	2,8			
Cala Trebalúger	- 3,47		<b>PLAYAS DE LLEVANT</b>	<b>m</b>
Cala Presili	7,1		Es Canutells	17
Platja de Son Bou (no urb.)	- 2,97		Cala d'Alcafar	3,12
Cala Tirant	- 12		Cala de Binidalf	- 8,8
Platja de Son Bou (urb.)	- 7,32		Platja de Punta Prima	13,4

playas del norte de la isla, con un 87,6 % de estabilidad en Tramuntana y un mayor retroceso, del 51,2 %, en Migjorn (Figura 11).

El 78,1 % de las playas muestran estabilidad, donde la línea de costa varía entre - 0,5 y 0,5 m/año (figuras 11 y 12). El 14,4 % de las playas evidencian una erosión de leve a moderada (- 0,5 a - 1,5 m/año), con máximos de - 1,67 m/año. Únicamente el 7,5 % de las playas muestran un avance en su línea de costa.

## CONCLUSIONES

→ Al interpretar y comparar los resultados sedimentarios de las playas de las Baleares es importante tener en cuenta que existen estudios —tanto a largo como medio plazo— que utilizan diferentes análisis estadísticos y sistemas de referencia. Esta diversidad en la metodología produce diferencias sustanciales a la hora de interpretar las tendencias de acumulación o retroceso de las playas estudiadas. Por ejemplo, algunos estudios interpretan las tasas de evolución de la línea de costa de hasta - 0,5 m/año como estables, y de - 0,75 a - 1,5 m/año como erosión moderada; mientras que para otros estudios el umbral de erosión se encuentra a partir de - 0,25 m/año.

→ La evolución de la línea de costa a largo y medio plazo de las playas de las Islas Baleares muestra que la actividad antrópica, la geología, la ubicación geográfica y el oleaje asociado son factores claves de modificación sedimentaria.

→ A escala regional, la mayoría de las playas de las Islas (80 %) muestran estabilidad en la línea de costa a medio plazo (2002-2012). La isla con menor estabilidad es Formentera, con > 40 % de las playas inestables. Mallorca y Formentera muestran un 20 % de las playas con retroceso en la línea de costa (> - 0,5 m/año), mientras que Menorca e Ibiza lo hacen en un 10 %. A excepción de Formentera, las playas ubicadas en el norte y en el oeste resultan en mayor número de retrocesos, mientras que una orientación sur y este muestra más avances.

→ La playa urbana de S'Arenal muestra a largo plazo (desde 1956) un avance en su parte norte como resultado de la creación de puertos que atrapan sedimento. La regeneración de S'Arenal en 1986 supuso un incremento de la superficie de 1,8 veces. Igualmente, la anchura media de la playa se duplica desde el evento de regeneración hasta 2008, pasando de 23 m a 46 m. En general, la playa muestra acumulación en el norte, Ses

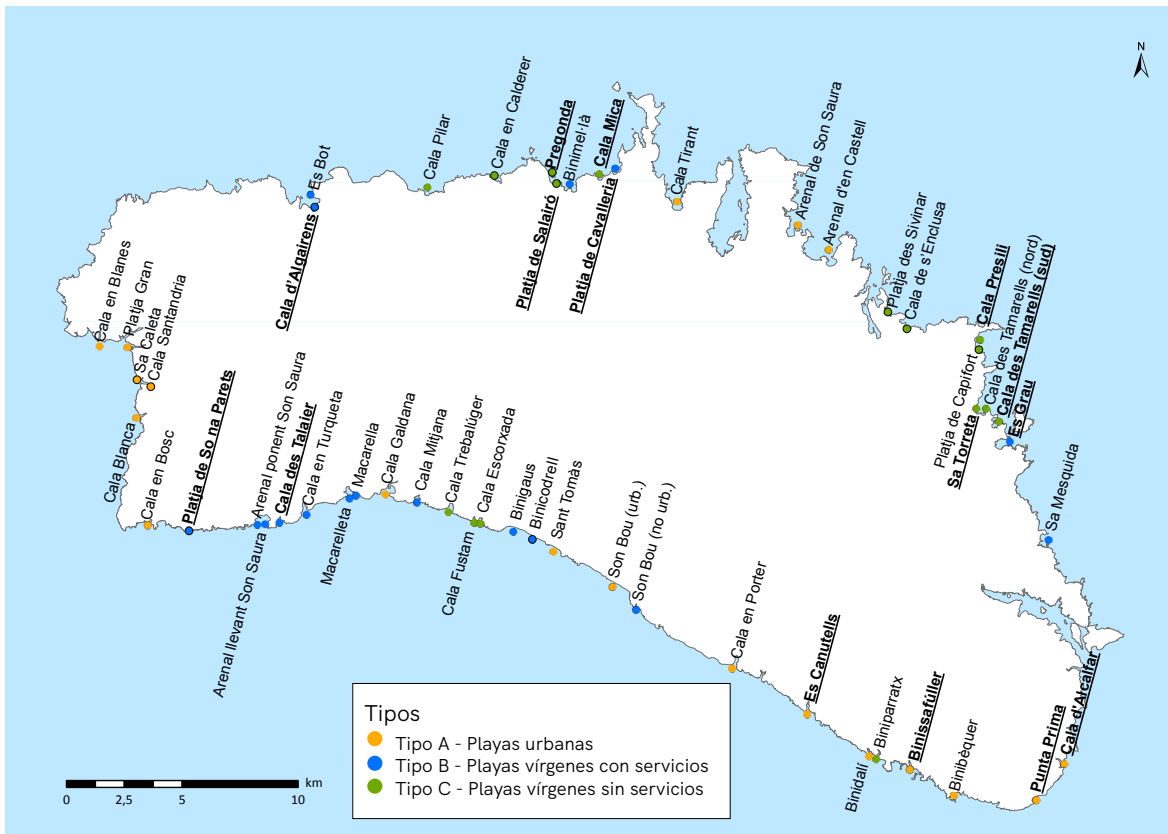


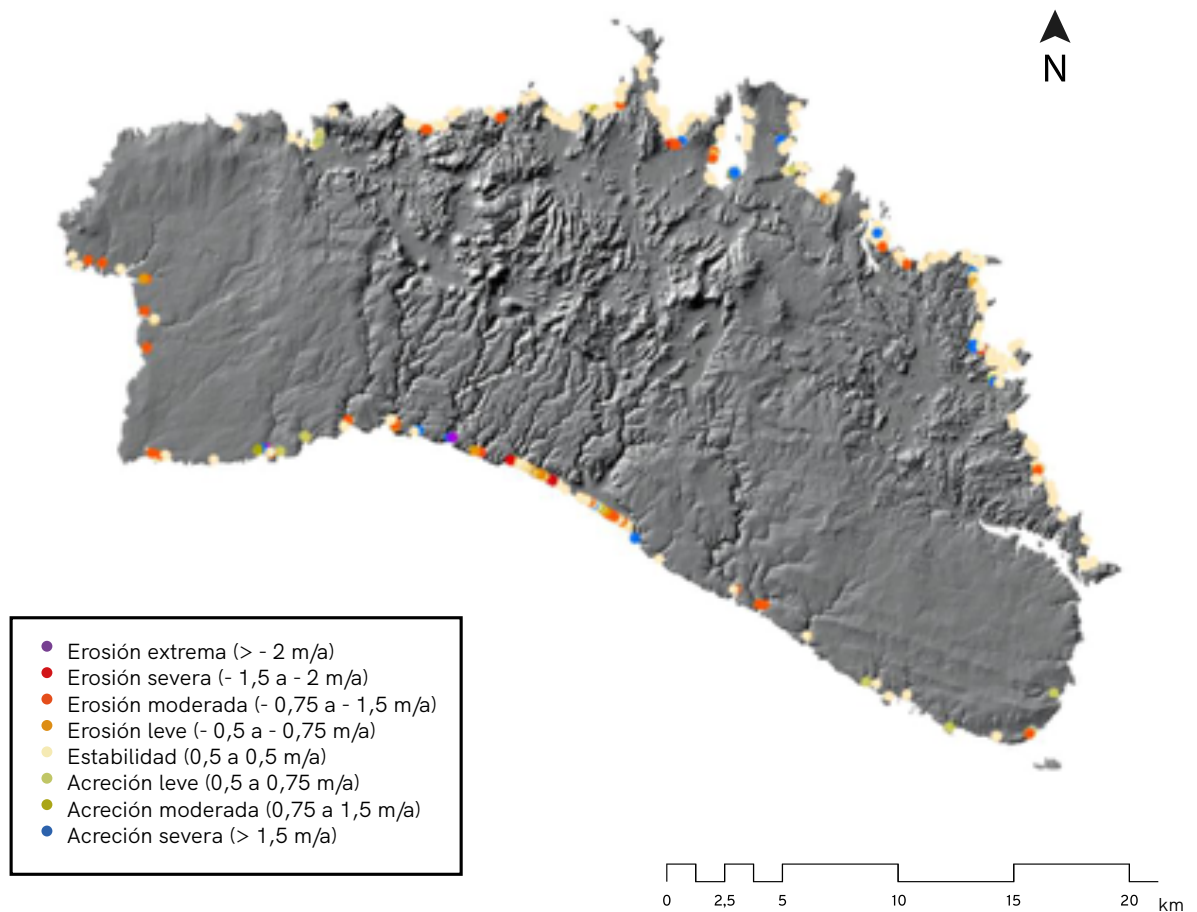
Figura 10. Mapa de Menorca mostrando las 52 playas de estudio entre 1956-2015. Las playas donde se registra un avance de línea de costa aparecen en negrita y subrayadas. FUENTE: Martín *et al.*<sup>18</sup>

Fontanelles y Les Meravelles; y erosión entre La Porciúncula y S'Arenal. Es necesaria información sedimentaria más actualizada de esta playa.

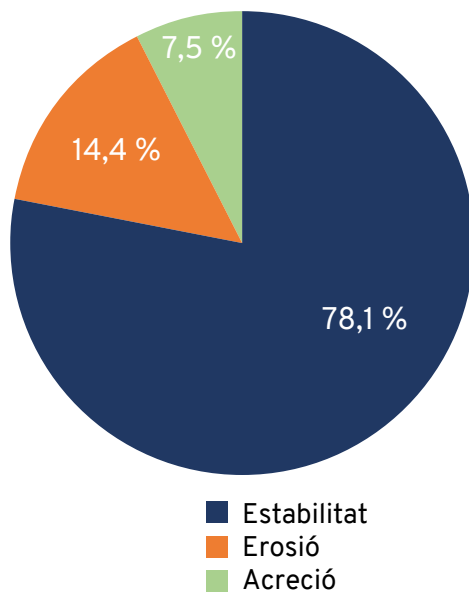
- La rehabilitación de la playa urbana de Cala Millor realizada a finales de los años sesenta, dirigida al recreo y al turismo, muestra un aumento del área de 1,5 veces, pasando de 4,4 ha a 6,9 ha. Desde entonces, la monitorización aérea captura un retroceso, ya que la playa intenta llegar al equilibrio sedimentario anterior a la regeneración. En próximas actualizaciones del INFORME MAR BALEAR se incorporarán nuevos datos del seguimiento sedimentario de esta playa que incluirán los efectos erosivos originados por el temporal Gloria en 2020.
- Cala Deià muestra un retroceso en la línea de costa desde 1956, posiblemente debido a causas naturales producto de su exposición a un oleaje más intenso. Durante los años noventa, se aportó sedimento de forma artificial y a través del torrente, resultando en una anchura máxima que ha ido disminuyendo con el paso de los años.
- La playa de Sa Ràpita revierte su tendencia sedimentaria de los años 1956-1973 a partir de 1977, con la construcción del puerto deportivo en el noroeste de la playa. Entre 1979-2012, el puerto actúa como trampa sedimentaria, produciendo acreción de 0,5 m/año en la zona adyacente, lo que implica una ganancia de 16,3 m; el resto de la playa se erosiona con tasas de - 0,19 m/año en el sector central a - 0,34 m/año en Ses Covetes (sureste de la playa), lo que

implica un retroceso de la línea de costa de - 6,34 m y - 11,28 m, respectivamente. Teniendo en cuenta todos los años de estudio (1956-2012), Sa Ràpita muestra un avance de la línea de costa en el sector puerto (de 20,77 m con un promedio de 0,37 m/año) y un retroceso en el sector central y en la zona de Ses Covetes (de - 9,3 m con un promedio de - 0,17 m/año).

- La línea de costa de Es Trenc muestra un retroceso medio de - 5,7 m en los 59 años de estudio. Este retroceso es más acusado en zonas con mayor actividad antrópica (aparcamientos, tránsito de usuarios), alcanzando hasta - 18,9 m en la zona cercana al aparcamiento de Es Cremat (centro-sur de la playa).
- Estudios de las playas de Menorca, tanto a largo como a medio plazo, muestran que tanto el tipo de playa (urbana o virgen) como la ubicación geográfica controlan la evolución de la línea de costa. Los estudios de las playas de Menorca se han realizado siguiendo diferentes metodologías, sistemas de referencias y periodos temporales.
- Por un lado, en Martín *et al.*<sup>18, 19</sup> se describe una tendencia erosiva predominante para las 52 playas de estudio de Menorca durante el período 1956-2015. Las playas urbanas muestran una mayor erosión en su línea de costa con el paso de los años, y suelen recuperarse peor que las naturales frente a temporales. Les siguen las playas vírgenes con servicios, finalmente, las vírgenes con acceso a pie, que son las que menos retroceden. Las líneas de costa que más han retrocedido son: Cala



**Figura 11.** Evolución de la línea de costa mediante las tasas de erosión y acreción estudiadas durante 2000-2012. FUENTE: Gómez-Pujol *et al.*<sup>20</sup>



**Figura 12.** Porcentajes de evolución de la línea de costa en 114 playas de Menorca entre 2000-2012. Estabilidad: entre - 0,5-0,5 m; acreción: > 0,5 m; y erosión < - 0,5 m. FUENTE: Gómez-Pujol *et al.*<sup>20</sup>

Blanca (- 52,7 m), Platja de Llevant de Son Saura (- 29,2 m), Cala en Porter (- 28,4 m), Sa Caleta (- 27,42 m) y Platja de Son Saura (- 22 m). Las que más han avanzado son Es Canutells (16,6 m), Punta Prima (13,4 m) y Es Grau (12,9 m).

→ Por otro lado, en Gómez-Pujol *et al.*<sup>20</sup> se estudian las playas de Menorca entre los años 2002-2012, y en general describen estabilidad en la línea de costa del 78,1 % de playas, regresión en un 14,4 % (especialmente en las playas encajadas de Ponent y Migjorn), y avance en un 7,5 %.

→ Para establecer los mecanismos adecuados de gestión de playas es necesario conocer el seguimiento morfológico de cada una de ellas. Idealmente, el mejor indicador de estado de las playas vendría dado por el balance sedimentario —tanto de la playa emergida como de la sumergida—, incluyendo múltiples herramientas como los cambios históricos derivados de fotografías aéreas, el videomonitoring, campañas de campo y modelos predictivos.<sup>15</sup>

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup> GÓMEZ-PUJOL, L. *et al.* (2018). «Beach Systems of Balearic Islands: Nature, Distribution and Processes». En: *The Spanish Coastal Systems: Dynamic Processes, Sediments and Management* (2019). Morales J. A., Editor. Springer. 269-87.
- <sup>2</sup> TINTORÉ, J. *et al.* (2009). «Integrated and interdisciplinary scientific approach to coastal management». *Ocean and Coastal Management*, 52(10), 493-505.
- <sup>3</sup> RIERA, A. *et al.* (2007). «El valor d'ús recreatiu de la badia de Santa Ponça». *Cojuntura*, 20, 66-72.
- <sup>4</sup> CAÑELLAS, B. (2010). «Extreme Wave Height Events in the Balearic Sea: Characterization, Variability and Prediction». Palma: Universitat de les Illes Balears.
- <sup>5</sup> GÓMEZ-PUJOL, L. *et al.* (2011). «Controls on sediment dynamics and medium-term morphological change in a barred microtidal beach (Cala Millor, Mallorca, Western Mediterranean)». *Geomorphology*, 132(3), 87-98. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.04.026>.
- <sup>6</sup> ESTRANY, J.; GARCÍA, C. (2005). «Monitoring suspended sediment fluxes in the Na Borges basin, Mallorca, Spain». *IAHS-AISH Publications*, 299, 117-23.
- <sup>7</sup> NORDSTROM, K. F. (2000). «Beaches and dunes of developed coasts». Vol. 26, *Earth Surface Processes and Landforms*. Cambridge: Cambridge University Press.
- <sup>8</sup> ROIG I MUNAR, F. X.; MARTÍN-PRieto, J. Á. (2005). «Efectos de la retirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre playas de las Islas Baleares: Consecuencias de la presión turística». *Investigaciones Geográficas*, 57, 40-52.
- <sup>9</sup> MARTÍN-PRieto, J. Á. *et al.* (2016). «La erosión histórica de la playa de Sa Ràpita (S. Mallorca)». *Investigaciones Geográficas*, 66, 135-54.
- <sup>10</sup> MARTÍN-PRieto, J. Á. *et al.* (2018). «Análisis de la evolución histórica de la línea de costa de la playa de Es Trenc (S. de Mallorca): causas y consecuencias». *GeoFocus, Revista Internacional de la Ciencia y la Tecnología de la Información Geográfica*, 21, 187-214.
- <sup>11</sup> ROIG-MUNAR, F. X. *et al.* (2019). «Cuantificación de la pérdida de sedimento por la retirada mecánica de bermas (banquettes) de *Posidonia oceanica* en las playas de las Islas Baleares: consecuencias geomorfológicas». *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 32(2), 73-86.
- <sup>12</sup> RODRÍGUEZ-PEREA, A.; NICOLAU, S. (2000). «Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial continuada: informe Metadona». Palma: Universitat de les Illes Balears.
- <sup>13</sup> GÓMEZ-PUJOL, L. *et al.* (2011). «Evolución de la línea de costa en una playa urbana (S'Arenal de Mallorca): intervención antrópica y dinámica natural». En: *Avances recientes en geomorfología litoral: actas de las VI Jornadas de Geomorfología Litoral*, 71-74. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos.
- <sup>14</sup> TINTORÉ, J. *et al.* (2013). «SOCIB: The Balearic Islands Coastal Ocean Observing and Forecasting System Responding to Science, Technology and Society Needs». *Marine Technology Society*, 47, 101-17.
- <sup>15</sup> MORALES-MÁRQUEZ, V. *et al.* (2018). «Numerical and remote techniques for operational beach management under storm group forcing». *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(12), 3211-23.
- <sup>16</sup> PILARES, A. *et al.* (2015). «Cambios en la línea de costa de una playa urbana mediterránea a largo plazo: Cala Millor (Mallorca), 1956-2012». *Geotemas*, 15, 217-220.
- <sup>17</sup> GÓMEZ-PUJOL, L. *et al.* (2017). «Evolución y dinámica de una playa encajada de bloques y gravas en la costa NW de Mallorca (Cala Deià, Mallorca)». *Geotemas*, 17, 111-4.
- <sup>18</sup> MARTÍN, J. Á. *et al.* (2020). «Shoreline Historical Evolution (1956-2015) of Beaches of Menorca (Balearic Islands)». *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), 563-7.
- <sup>19</sup> MARTÍN, J. Á. *et al.* (2018). «Evolución histórica de la línea de costa de playas de Menorca (Illes Balears): 1956-2015». En: Pons, G. X. *et al.* (Eds.). *Llibre de ponències i resums de les VII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*. Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB); Universitat de les Illes Balears.

<sup>20</sup> GÓMEZ-PUJOL, L. *et al.* (2017). «Las playas de Menorca: naturaleza y distribución». *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 25, 67-85.

<sup>21</sup> THIELER, E. R. *et al.* (2009). «The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change» [en línia]. Open-File Report. DOI: 10.3133/ofr20081278.

<sup>22</sup> VICENS, D. *et al.* (2021). «Valoració de l'estat de jaciments quaternaris litorals rere el pas de la borrasca Glòria al llevant de Mallorca (Illes Balears)». *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 33.

<sup>23</sup> POSBEMED2 Interreg Mediterranean (2022).  
<<https://posbemed2.interreg-med.eu/mt/special-pages/es-trenc-salobrar-de-campos-maritime-terrestrial-natural-park/>>.

<sup>24</sup> ROIG, F. X. (2003). «Identificación de variables útiles para la clasificación y gestión de playas y calas. El caso de la isla de Menorca (I. Baleares)». *Boletín AGE*, 35.

---

#### AGRADECIMIENTOS

Lluís Gómez-Pujol (UIB), Àngels Fernández-Mora (SOCIB), y el Servei de Protecció d'Espècies (Conselleria de Medi Ambient i Territori).

---

#### CITAR COMO

BARRIENTOS, N.; VAQUER-SUNYER, R.; PONS BUADES, G.X.; MARTÍN, J.Á. (2022). «Evolución sedimentaria en playas». En: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2022*.

<[https://www.informemarbaleaer.org/es/playas/imb-playas-esp\\_2022.pdf](https://www.informemarbaleaer.org/es/playas/imb-playas-esp_2022.pdf)>. <https://doi.org/10.62135/YAPY8412>.