

## Análisis de temporales (1985-2016) y cambios de la línea de costa (1875-2016) en la playa de “El Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo” (Cantabria).

### *Analysis of storms (1985-2016) and coastline changes (1875-2016) in “El Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo” beach (Cantabria).*

J. J. de Sanjosé<sup>1</sup>, M. Gómez<sup>2</sup>, E. Serrano<sup>2</sup>, M. Sánchez<sup>1</sup>, G. Flor-Blanco<sup>3</sup> y P. M. Ferreira de Sousa Cruz<sup>4</sup>

1. Grupo de investigación NEXUS. Universidad de Extremadura. Escuela Politécnica. Avda. de la Universidad s/n. 10003 Cáceres. [jjblasco@unex.es](mailto:jjblasco@unex.es)

2. Grupo de investigación PANGEA. Universidad de Valladolid. Facultad de Filosofía y Letras. Avda. Prado de la Magdalena s/n. 47011 Valladolid.

3. Grupo de investigación GeoQUO. Departamento de Geología. Facultad de Geología. Universidad de Oviedo.

4. Instituto Dom Luiz. Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia. Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa. Portugal.

**Resumen:** La barra de arena de El Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo es el rompeolas “natural” de la Bahía de Santander. Para analizar la dinámica histórica de toda la playa se ha utilizado cartografía de los años 1875, 1908, 1920 y 1950 y vuelos fotogramétricos (no se dispone de datos de las cámaras) de los años 1985, 1988 y 2001. De cada cartografía y vuelo se han escaneado, y posteriormente digitalizado las curvas de nivel de 0 m y 5 m. Para continuar con el estudio dinámico de la playa, se han restituido las curvas de nivel de 0 m y 5 m, la cabeza y pie del talud arenoso, de los vuelos fotogramétricos de los años 2005, 2007, 2010 y 2014. En toda la playa, entre los años 1988-1993, se hicieron campañas topo-batimétricas, mediante la ejecución de perfiles. En la zona de Las Quebrantas, se ha seleccionado una zona donde se están haciendo dos mediciones anuales (2011-2016) con escáner láser terrestre (TLS).

Los retrocesos significativos de la línea de costa se producen con los temporales donde existe la coincidencia horaria de oleajes mayores a 5 metros, y coeficientes de pleamar superiores a 80. Así, desde 1875 hasta la actualidad, la playa de El Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo ha tenido un retroceso superior a los 450 m.

**Palabras clave:** Playa, evolución de la línea de costa, temporales, cartografía histórica, técnicas geomáticas.

**Abstract:** The sand bank El Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo is the 'natural' breakwater of the Bay of Santander. In order to analyze the historical dynamic of the whole beach, maps were used from the years 1875, 1908, 1920 and 1950, as well as photogrammetric flights (camera data are not available) from 1985, 1988 and 2001. The 0 m and 5 m contours from each map and flight were scanned and digitized. To continue the dynamic study of the beach, the 0 m and 5 m contours, the head and the foot of the sand slope were restituted from the photogrammetric flights of the years 2005, 2007, 2010 and 2014. Topo-bathymetric surveys were conducted by profiles throughout the beach between 1988 and 1993. In Las Quebrantas, an area was selected for which measurements by Terrestrial Laser Scanner (TLS) are available from 2011 to 2016.

The regression coastline occurs when storms coincide with tides of over 5 meters and high-tide coefficients greater than 80. From 1875 to the present time, the beach of El Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo has had a regression higher than 450 m.

**Key words:** Beach, evolution of the coastline, storms, historical cartography, geomatic techniques.

### MARCO GEOGRÁFICO Y OBJETIVOS

La zona de estudio (playa de El Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo) se localiza en la Bahía de Santander (Cantabria), dentro de un amplio complejo arenoso compuesto genéricamente por dos principales ámbitos morfosedimentarios: la barrera estuarina de El Puntal (~3 km de longitud), y la playa expuesta de Somo-Las Quebrantas-Loredo (~2 km de longitud). Todo ello, forma parte del cierre meridional de la Bahía de Santander y está encajado dentro del subsistema del estuario de la ría de Cubas (Cendrero et al., 1981). En conjunto, ambos morfosistemas conforman uno de los arenales más extensos del Cantábrico con un total de 1.047.190 m<sup>2</sup> (barra de El Puntal: 308.149 m<sup>2</sup> y complejo dunar de Somo-Las Quebrantas-Loredo: 739.041 m<sup>2</sup>) (Flor et al., 2011), constituyéndose hidrológicamente bajo el soporte suministrador del río Miera, a través de su desembocadura en la ría de Cubas, y de los vientos dominantes de componente NO

y SSO. Ambos sistemas, en disposición genérica O-E, son consecuencia de la divergencia que, por refracción en Las Quebrantas, sufre el oleaje dominante NO hacia la punta de la playa de El Puntal, denominada Punta Rabiosa, y hacia Loredo (Flor-Blanco et al., 2012).

La barra de arena de El Puntal es el rompeolas “natural” de la bahía de Santander, la cual junto con el resto de la playa (Somo-Las Quebrantas-Loredo) presenta una dinámica comprobada con documentación cartográfica histórica (1875-1950). Además de un estudio cartográfico, se han realizado restituciones fotogramétricas (2005-2014). También existen vuelos fotogramétricos sin los certificados de calibración de las cámaras, los cuales se han digitalizado (1985-2001). También se cuenta con datos topográficos (1988-1993) de toda la playa, y en la zona de Las Quebrantas se han realizado mediciones con escáner láser terrestre (2011-2016), con dos campañas por año.

El objetivo principal es el análisis de los temporales en combinación con el seguimiento geomático de la línea arenosa de esta barra. En el presente trabajo se analiza el retroceso de la barra de arena entre El Puntal y la playa de Loredo utilizando las tecnologías geomáticas y cartografía histórica, en combinación con el análisis de la influencia que los temporales han tenido sobre el mismo para el periodo 1985-2016.

## METODOLOGÍA

### Análisis de los temporales

Para este estudio se ha utilizado la información de la Agencia Estatal de Meteorología, donde se registran los datos diarios del oleaje en el faro de Cabo Mayor a las 9 y las 15 horas (recogida de información visual desde el año 1985). De ellos, se han tenido en cuenta los días con olas entre 5 y 6 metros (mar muy gruesa), y los días con olas superiores a 6 metros (mar arbolada), por ser éstas las alturas más significativas y representativas de los temporales y distinguiendo entre ellas el umbral de altura. Y en ambos casos en coincidencia con las mareas (pleamares) de coeficientes superiores a 80 y 100 (Tabla I).

Quinquenio	Oleaje de 5 m, hasta 6 m Coeficiente marea > 80	Oleaje > 6 m Coeficiente marea > 100
1985-1989	2 días ( 2 temporales)	0 días
1990-1994	2 días ( 2 temporales)	0 días
1995-1999	9 días ( 8 temporales)	3 días ( 2 temporales)
2000-2004	2 días ( 2 temporales)	2 días ( 2 temporales)
2005-2009	3 días ( 2 temporales)	3 días ( 2 temporales)
2010-2014	4 días ( 3 temporales)	6 días ( 3 temporales)
2015-2017	0 días	0 días

TABLA I. Número de días que coinciden en el tiempo (horario): Grandes olas y grandes coeficientes de mareas (pleamar).

Estos datos se han contrastado con los titulares en los periódicos. También se han comprobado las fechas obtenidas con los datos estadísticos de oleajes, determinados por el Instituto de Hidráulica Ambiental del Cantabria y con los datos de REDCOS (Red Costera de Oleajes de Puertos del Estado). La información está resumida en la tabla I, para periodos de 5 años, donde se indican el número de días y temporales (hay temporales de duración superior a un día). Se describen el número de días donde coinciden a la misma hora: los oleajes superiores a 5 metros y los coeficientes de marea superior a 80; y oleajes superiores a 6 metros y coeficientes superiores a 100.

Los quinquenios 1995-1999 y 2010-2014 han sido los más activos desde que se dispone de la serie de oleajes (información disponible del faro de Cabo Mayor -AEMET-). El año 1999, fue excepcional en la serie, ya que hubo 8 días con grandes temporales (Tabla I). Más recientemente en el año 2014, hubo 6 días de temporal durante el mes de febrero y primera semana de marzo, de los cuales 4 días tuvieron coeficientes de marea superior a 100. En este estudio de temporales, más del 80 % se producen en los meses

de invierno: enero, febrero, marzo y el restante 20% entre octubre, noviembre y diciembre. Fuera de estos meses, son excepcionales estos acontecimientos.

A continuación, se analizará la dinámica de la playa con el fin de comprobar si existe correspondencia entre los temporales y la dinámica de la playa. Es necesario señalar que hay factores exteriores que pueden afectar a la dinámica de esta playa; así por ejemplo, en la década de los 80 se hicieron grandes dragados en la bahía para que los barcos pudieran acceder al puerto industrial de Raos (inauguración en 1985) y al muelle del Ferry (inauguración en 1989) (Revertido y Ruiz, 2006).

### Estudio cartográfico (1875-1950)

En la cartografía de Santander y su entorno realizada por Isidro Próspero Verboom de 1726 (Servicio Geográfico del Ejército) se representa un bancal arenoso que emergía en las bajamares vivas, enfrente de Las Quebrantas. Esta zona coincide con la actual bocana de entrada a la bahía de Santander, con un calado en la actualidad de 16 m bajo el nivel medio del mar en Alicante.

Posteriormente, en la cartografía de 1860 realizada por Francisco de Coello (Instituto Geográfico Nacional), ya no aparece el bancal arenoso, pero se aprecia una barra de arena perpendicular a la zona de Las Quebrantas, donde se indica que había un calado de 1 a 3 metros, mientras que la zona circundante tenía calados de 3 a 8 metros. Hay estimaciones que señalan que hubo retrocesos de 210 m en la zona de Las Quebrantas, entre los años 1870 y 1926 (Badia, 2003).

En la cartografía de 1920, ya no existía la barra perpendicular a las Quebrantas. Posteriormente, batimetrías realizadas en el año 1988 señalaban que en esta zona los calados eran de 8 metros a una distancia de un kilómetro de la costa.

Sobre la base de las informaciones anteriores, para el análisis cartográfico de la evolución de la playa del Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo se ha utilizado la cartografía de los años 1875, 1908, 1920 y 1950 suministrada por la Autoridad Portuaria de Santander. Cabe destacar que se disponía de cartografía anterior al año 1875, pero fue imposible una georeferenciación fiable, por ello se desechó y se tomó como origen de este estudio el año 1875 (Fig. 1). Para trabajar en un mismo sistema de referencia (ETRS 89), se procedió con GNSS a dar coordenadas a 31 elementos actuales (casas, iglesias, esquinas de muros, cruces de caminos,...), distribuidos por la bahía de Santander, y que aparecían en los diversos mapas. Se han digitalizado las curvas de nivel de cota 0 m y 5 m, ya que estas dos curvas de nivel estaban representadas en todas las cartografías analizadas. La curva de nivel de 5 m, normalmente está situada en el talud erosivo de la cara expuesta de la anteduna.

### Análisis fotogramétrico (1985-2014)

A partir de las fotografías aéreas de los años 1985, 1988, 2001, 2005, 2007, 2010 y 2014 se ha procedido a clasificar las fuentes de datos en (Fig. 1):

- Vuelos sin información (1985, 1988): No hay certificado de calibración de la cámara. Se ha rectificado la fotografía aérea con puntos a nivel del mar y posteriormente se ha digitalizado el escarpe erosivo de barlovento de la anteduna.
- Vuelo sin estereoscopia (ortofotografía de 2001): No hay par estereoscópico en la zona de la playa del Puntal-Somo, y por tanto se ha digitalizado al igual que los vuelos de 1985 y 1988. En la zona de Las Quebrantas-Loredo tiene recubrimiento estereoscópico y se ha restituído al igual que los vuelos 2005, 2007, 2010 y 2014.
- Vuelos fotogramétricos con información fiable (2005, 2007, 2010 y 2014): Tienen buena calidad fotogramétrica, con posibilidad de orientar los pares y generar estereoscopia, y disponibilidad de los certificados de calibración de las cámaras. Se ha realizado cartografía a escala 1/2500, con el restituidor "Digi 3D".

### Medición topográfica (1988-1993)

El seguimiento topográfico-batimétrico (1988-1993) de la playa del Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo, se realizó mediante la medición de 13 perfiles, con una periodicidad de medición mensual (Sanjosé, 1989; Losada et al., 1991). En todas las observaciones se buscaba el solape intermareal entre las mediciones batimétricas y las terrestres (playa) para comprobar los resultados de la toma de datos. Por ello, la observación de la batimetría se hacía en pleamar y la medición topográfica terrestre en bajamar.

### Escáner láser terrestre (2011-2016)

La técnica del Escáner Láser Terrestre (TLS) se ha empleado sobre 400 m del frente dunar, en la zona de Las Quebrantas. La cantidad de puntos medidos con TLS en cada campaña supera los 100 millones, con un error posicional de los puntos inferior a 2 cm. Se han realizado dos mediciones al año entre 2011 y 2016, de manera que con una campaña se estima la evolución invernal (octubre-marzo) y con la otra medición se calcula la dinámica estival (abril-septiembre).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La playa de El Puntal-Somo-Las Quebrantas-Loredo es muy activa, con cambios significativos a corto plazo. Para estudiar su evolución se ha empleado cartografía histórica, fotogrametría, topografía y TLS. Su comportamiento es diferente según las zonas:

- Punta Rabiosa: La trayectoria del extremo oeste de la playa en 1908, se dirigía hacia el NO y actualmente su dirección de desplazamiento es hacia el OSO (Fig. 1). Hay estudios que estiman que el desplazamiento desde 1926 hasta la actualidad ha sido de 425 metros hacia el oeste (Badia, 2003), mientras que otras investigaciones indican que desde 1956 hasta 2016, el desplazamiento hacia el oeste ha sido de 530 m (Flor y Flor-Blanco, 2014).
- Zona de El Puntal-Somo: Entre 1875 y 1985 el retroceso de la línea de costa ha sido hacia el sur, con un valor estimado de 350 m, incluso hay zonas con retroceso de 400 m. La diferencia entre la digitalización del vuelo fotogramétrico de 1985 y la restitución de 2005 indica un retroceso de la línea de costa de 25 m. Entre 2005 y 2016 el valor del retroceso ha sido de aproximadamente 10 m. Por tanto, entre 1875 y 2016, el retroceso máximo estimado ha sido de 435 metros (Fig. 1).
- Zona de Las Quebrantas-Loredo: Entre 1870 y 1926 hubo un retroceso de 210 m (Badia, 2003). Entre 1920 y 1985 el retroceso fue de aproximadamente 200 m, mientras que en el periodo 1985-2016 el retroceso ha sido de 75 m. Por tanto, el retroceso total entre 1870 y 2016 en la zona de Las Quebrantas ha sido de aproximadamente 485 m (Fig. 1).

En la zona de Las Quebrantas se ha realizado un perfil, donde existen datos de topografía, fotogrametría y TLS. Los resultados topográficos obtenidos para el perfil, en el periodo 1988-1993, muestran un retroceso inferior a 1 m. La evolución fotogramétrica (2001-2010) ha revelado un retroceso del frente de 2 m. Por tanto, en ambos periodos el comportamiento ha sido similar (Fig. 2).

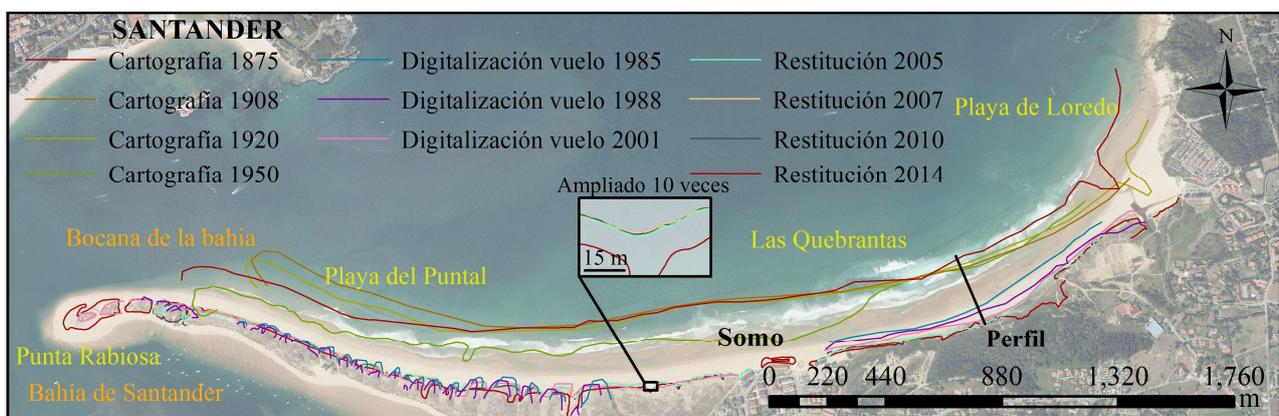


FIGURA 1. Representación curva de nivel de 5 metros: Cartografías: 1875, 1908, 1920, 1950; digitalización de los vuelos: 1985, 1988, ortofotografía de 2001; restituciones fotogramétricas: 2005, 2007, 2010, 2014. Imagen del Servicio de Cartografía de Cantabria (ortofotografía del año 2010).

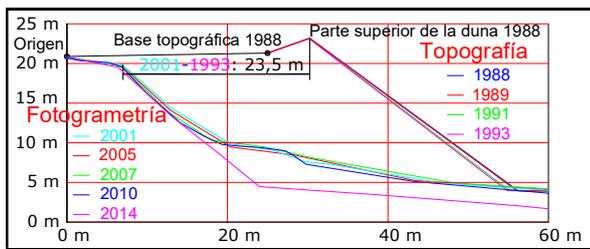


FIGURA 2. Perfil de la figura 1, con la dinámica fotogramétrica (2001-2014) respecto a las mediciones topográficas (1988-1993).

Sin embargo, lo que se constata entre 1993 y 2001, es un retroceso de la línea de costa de 23,5 m (Fig. 2). Por otra parte, las mediciones del mismo perfil realizadas con TLS en el periodo entre agosto de 2011 y noviembre de 2013, muestran estabilidad con ligeras variaciones en la zona intermareal. En la medición con TLS en abril de 2014 se constataron grandes cambios con respecto a las medidas de noviembre de 2013 (Fig. 3), y coincidente este retroceso con las mediciones fotogramétricas de 2014 (Fig. 2). El retroceso en el frente del talud arenoso del perfil fue de 8 m, y también fue significativo el descenso de la cota de toda la playa en más de 2 metros (Fig. 3).

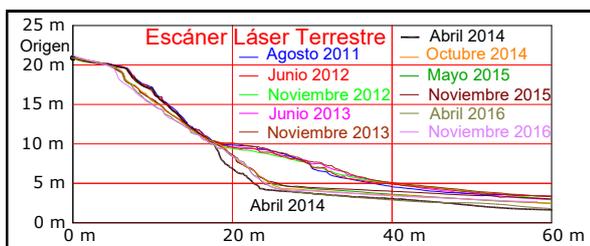


FIGURA 3. Perfil de la figura 1, medido con TLS: entre agosto de 2011 y noviembre de 2016. Significativo retroceso en abril de 2014.

## CONCLUSIONES

Con los valores de temporales obtenidos (Tabla I), puede afirmarse que hay una estrecha relación entre el retroceso de la línea de costa y los temporales extremos:

- Entre 1995-1999 hubo una cantidad extraordinaria de fuertes temporales, lo que provocó el retroceso de la línea de costa de 23,5 m (Fig. 2).
- En los meses de febrero y marzo de 2014 hubo temporales, donde coincidieron un coeficiente de marea superior a 100 y un oleaje superior a 6 m, provocando un retroceso medio en la línea de costa de 8 m (Fig. 3).

Las playas de El Puntal a Loredo y su campo de dunas han sufrido un constante retroceso desde finales del s. XIX. Las mediciones muestran un retroceso medio de  $3,1 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$  en la zona de El Puntal-Somo y de  $3,6 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$  en la zona de Las Quebrantas-Loredo, si bien no ha sido homogéneo. En ambas zonas hasta 1985 retrocedían un valor máximo de  $3,7 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$ , y a partir de 1985 los ritmos de retroceso son de  $1,1 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$  en El Puntal y de  $2,4 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$  en Las Quebrantas. Datos que señalan periodos de equilibrio y breves fases con elevados ritmos de erosión (coincidentes con los

grandes temporales), en los que la cara expuesta de la anteduna pierde sedimentos y retrocede más rápidamente.

## AGRADECIMIENTOS

La presentación de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación concedida por la Junta de Extremadura y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional - FEDER -, a través de la ayuda de referencia GR15069 para el grupo de investigación NEXUS, al cual pertenecen algunos investigadores de este artículo.

## REFERENCIAS

- Badia, E. (2003): *Long-term morphodynamic modelling of tidal basins with rivers*. Tesina. Universidad Politécnica de Cataluña. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/3406>.
- Cendrero, A.; Díaz de Terán, J.R. y Salinas, J.M. (1981): Environmental economic evaluation of the filling and reclamation process in the Bay of Santander, Spain. *Environmental Geology* 3, 325-336.
- Flor, G.; Martínez Cedrún, P. y Flor Blanco, G. (2011): Campos dunares de Asturias, Cantabria y País Vasco. En E. Sanjaume y F.J. Gracia (eds.) *Las dunas en España*. Sociedad Española de Geomorfología, 127-159.
- Flor-Blanco, G.; Flor, G., Martínez-Cedrún, P. y Bruschi, V. (2012): La costa occidental de Cantabria (Santander-estuario de Tina Menor). En A. González-Díez, G. Flor Blanco y J.R. Díaz de Terán (eds.). *Guía de excursiones de campo. XII Reunión Nacional de Geomorfología*, Santander 2010-2012, Santander, 25-44.
- Flor, G. y Flor-Blanco, G. (2014): Subsistemas estuarinos de la bahía de Santander (Cantabria, Norte de España). En S. Schnabel y A. Gómez (eds.) *XIII Reunión Nacional de Geomorfología*, SEG-Universidad de Extremadura, Cáceres, 568-571.
- Losada, M.A.; Medina, R.; Vidal, C. y Roldán, A. (1991): Historical Evolution and Morphological Analysis of "El Puntal" Spit, Santander (Spain). *Journal of Coastal Research*, 7 (3), 711-722.
- Revertido, M.; Ruiz, J. R. (2006): *Ayer, hoy y mañana, la modernización del puerto de Santander, 1985-2005*. Editorial del Puerto de Santander, 307 p.
- Sanjosé, J.J. (1989): *Perfiles dinámicos de la bahía de Santander*. Proyecto Final de Carrera, Universidad de Extremadura, 400 p.