



Cambios geomorfológicos y evolución de una barra de arena en la desembocadura del río Lea, Lekeitio-Mendexa (Bizkaia)

Geomorphological changes and evolution of a coastal sand bar in the Lea river mouth, Lekeitio - Mendexa (Bizcay province)

González-Amuchastegui, M.J.⁽¹⁾; Ibisate, A.⁽¹⁾; Rico, I.; Sánchez-Fernández, M.⁽²⁾; Sanjosé, J.J.⁽²⁾

(1) Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz.
mj.gonzaleza@ehu.eus

(2) Departamento de Expresión Gráfica. Grupo investigación NEXUS. Escuela Politécnica. Cáceres

Resumen

Se presenta el seguimiento anual de los cambios morfológicos de una barra de arena en la playa de Karraspio (Mendexa, Bizkaia) formada como consecuencia de la rotura del dique construido en el siglo XIX para proteger el puerto de Lekeitio de los continuos aportes sedimentarios transportados por el río Lea. El intenso oleaje y los temporales rompieron el malecón de Lazunarri, permitiendo al río retomar su antigua desembocadura. Mediante el empleo en 2011 de un láser escáner terrestre (TLS) se han analizado desde entonces los cambios morfológicos experimentados por la barra de arena durante los últimos años. El seguimiento se realizó durante cuatro campañas entre octubre de 2012 y octubre de 2014; durante la primavera y verano de 2015 los trabajos de restauración de este malecón implicaron el retorno a las condiciones previas a la rotura.

Palabras clave: dinámica litoral; barra de arena de playa; Lekeitio, malecón; río Lea.

Abstract

The monitoring of the morphological changes of a sand bar in the beach Karraspio (Lekeitio, Biscay) is presented. The annual coastal dynamics and the sand deposition were affected by several coastal storms given in 2011 that broke the Lazunarri dike in several parts. The dike were constructed in the 19th century to protect the sea port from the Lea River's sediment deposition and modified the estuary forcing the river to flow into the eastern side of the San Nicolás island. A Terrestrial Laser Scanner (TLS) was used to register the morphological response of a sand bar to the changes in the river mouth and coastal dynamics. The monitoring was conducted in four fieldwork campaigns in October 2012, June 2013, October 2013 and October 2014. The preliminary results showed the migration sand-bar axis to the east and the erosion of the area close to the dike.

Key words: coastal dynamics; beach sand bar; Lekeitio; dike; Lea River.



1. Introducción

El malecón de Lazunarri es un dique proyectado en 1735 y construido en el siglo XIX para proteger el acceso y la bocana del puerto de Lekeitio (Bizkaia) del aporte de sedimentos transportados por el río Lea en su desembocadura, evitando así su colmatación. Sin embargo, la intensa dinámica marina y la continua acción de los temporales han causado en numerosas ocasiones importantes desperfectos en el dique, agudizados durante un temporal de mar en 2011 que modificó drásticamente la desembocadura del río Lea. Todo ello ha alterado profundamente la dinámica litoral en esta zona costera con importantes consecuencias geomorfológicas y paisajísticas.

Las obras de restauración del malecón iniciadas en la primavera de 2015 y prolongadas

durante el verano han revertido la situación, de modo que el río Lea ha recuperado su dinámica anterior a la rotura de 2011.

2. Objetivos y metodología

La intensa dinámica litoral existente en la desembocadura del río Lea, agudizada por los numerosos temporales cantábricos, ha provocado la rotura del malecón en sucesivas ocasiones a lo largo de la historia. En la primera década del siglo XXI, el malecón presentaba distintos puntos de rotura que causaron una importante modificación en la desembocadura del río así como en la dinámica litoral; el río que de acuerdo a los objetivos perseguidos por la construcción del dique vertía sus aguas por la parte oriental de la isla de San Nicolás, pasó a hacerlo por la occidental una vez que el

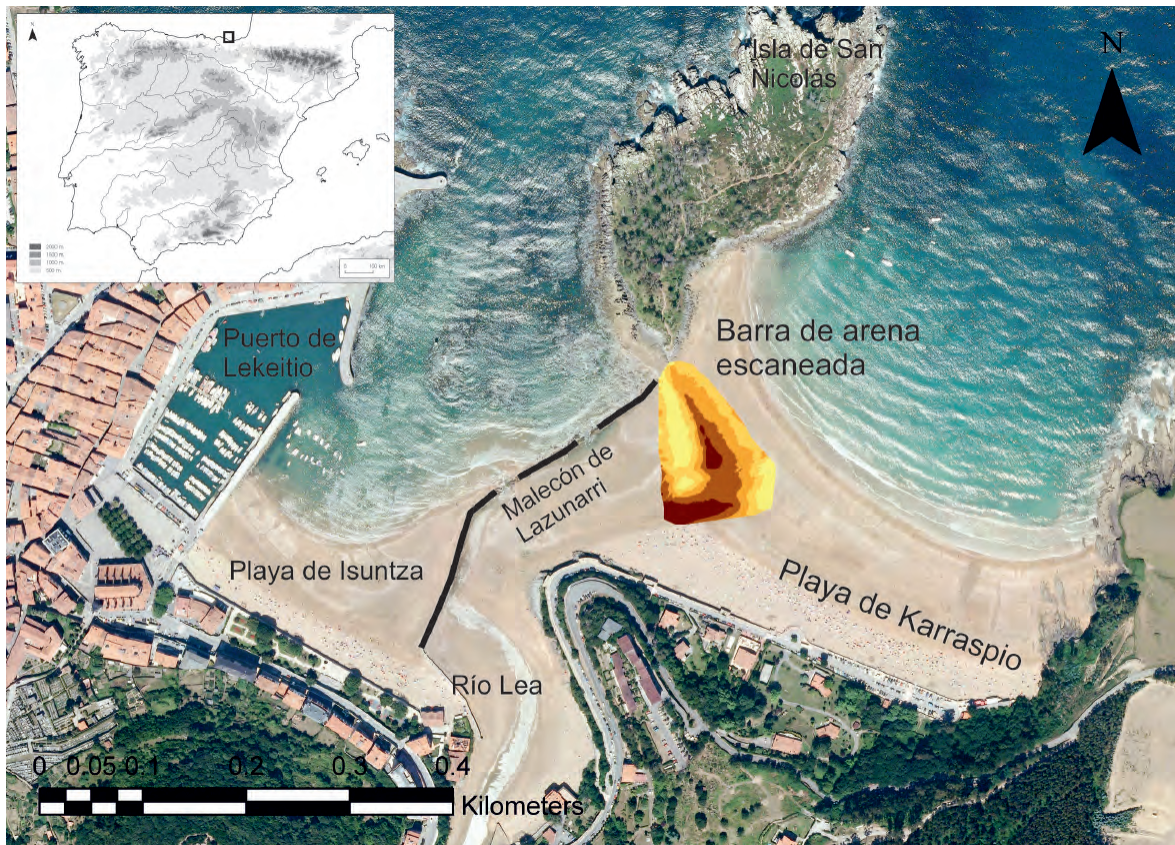


Fig. 1 Localización del área de estudio, la barra de arena y el malecón de Lazunarri.

Fig. 1. Location of study area, sand bar and broken dike Lazunarri.

dique perdió toda su funcionalidad. Ello implicó la génesis de una barra de arena que conectaba la isla con la playa de Karraspio (Mendexa) (Figura 1), provocando un importante cambio paisajístico apoyado en una morfología efímera y desaparecida una vez reconstruido el dique a finales del verano de 2015. Con el objetivo de analizar este proceso y cuantificar las variaciones morfológicas de la barra se procedió a realizar distintas mediciones cuyos principales resultados se exponen en este trabajo.

La metodología empleada se ha basado en el estudio de la evolución litoral a lo largo del presente siglo mediante el análisis comparativo de fotografías aéreas y de documentos históricos de esta zona. Para controlar la evolución y dinámica de la nueva barra de arena, se ha llevado a cabo la medición de los cambios en la altimetría de su superficie a partir de la toma de datos mediante láser escáner terrestre (TLS) en distintas fechas desde octubre de 2012 hasta octubre de 2014. Su uso en geomorfología litoral es relativamente reciente aunque está demostrando ser una técnica eficiente y rápida (Hoffmeister et al.,

2012). En la costa peninsular, esta técnica ha sido aplicada especialmente para el registro de retrocesos y desprendimientos de acantilados (Pérez et al., 2011; Sanjosé et al., 2013 y 2014). No existen trabajos previos en la costa vasca donde se hayan llevado a cabo mediciones de la evolución de la dinámica costera mediante esta técnica. Sin embargo, en los últimos años se están realizando estudios batimétricos de la costa por parte del instituto de investigación AZTI, diversos estudios relacionados con la evolución reciente del estuario del Oka (Monge-Ganuzas et al., 2013 y 2015) así como algún trabajo de valoración de información a partir del LiDAR y Cartas Náuticas (Iriarte et al., 2012).

Mediante el uso de la estación Topcon Imaging Station (TIS) se han realizado mediciones de las modificaciones temporales en la altimetría de la superficie de la barra, determinación de cambios en su posición y en su volumen. La TIS ha permitido realizar mediciones con rayos infrarrojos a una velocidad de 20 puntos/segundo hasta 120 m de distancia y 1 punto/segundo en distancias superiores.



Fig. 2. Laser scanner y vista al fondo del malecón y la barra de arena analizada.

Fig. 2. Laser scanner, the dike and the studied sand bar.

La barra de arena recientemente formada fue escaneada en octubre de 2012, junio de 2013, septiembre de 2013 y octubre de 2014, siempre desde la misma posición (Figura 2). En cada campaña se obtuvieron entre 2000 y 3000 puntos dependiendo de la humedad y reflectividad de la arena. Los datos obtenidos fueron procesados en un SIG: normalización de datos (distribución), análisis estructural e interpolación mediante *kriging* (semivariogramas *rational quadratic* y *spherical*). La desviación "*root-mean-square standardised*" fue entre 1 y 1,2 con una fiabilidad de datos del 98%. Los modelos ráster generados en cada medición fueron comparados consecutivamente para obtener mapas de los cambios altimétricos en superficie, así como la evolución de sus perfiles longitudinales y transversales, lo que permitió establecer pérdidas y ganancias en el balance sedimentario.

3. El malecón de Lazunari: modificaciones en la dinámica litoral

3.1. Historia del Malecón de Lazunari

Lekeitio es una villa de Bizkaia situada en la desembocadura del río Lea, en una ensenada protegida por la isla de San Nicolás o Garraitz. La relación con el mar fue desde siempre la razón de ser de Lekeitio que cuenta con un puerto construido en el siglo XV y posteriormente reformado con la construcción de nuevos muelles (Velilla Iriondo, 1993, 1996). Sin embargo, desde sus inicios sufrió numerosos problemas de colmatación debido a la continua llegada de arena aportada por el río Lea que en su desembocadura, con la apertura del valle en la playa de Isuntza, dibujaba un importante cambio de dirección y vertía sus aguas al Cantábrico por la parte izquierda de la isla de San Nicolás (Rivera Medina, 2008). De hecho, el puerto presentaba una escasa funcionalidad, siendo muchos los barcos que debían penetrar en la ría hasta el muelle de Isuntza e incluso fondeaban más al interior, junto a la rentería de Arropain, como los venaqueros que introducían mineral para las numerosas ferrerías situadas en las márgenes del Lea y volvían con hierro elaborado (Gara-

mendi, 2010). Para solucionar este problema se construyó en el siglo XIX el malecón Lazunari que sirvió de dique, desviando la desembocadura de la ría por la parte derecha de la isla, generando una infraestructura que pasaría a formar parte de la villa constituyendo un bien de indudable valor patrimonial.

Para conocer la historia del malecón hay que remontarse a la figura del preilustrado y tres veces alcalde de Lekeitio, Pedro Bernardo Villareal, que durante la primera mitad del siglo XVIII ya planteó la necesidad de construir un dique que desviase la desembocadura del río y evitase la acumulación de arena antes citada. Tras distintos intentos desarrollados durante los siglos XVIII y XIX impulsados por distintos personajes de la época y la implicación de las cofradías de mareantes que veían en la obra una oportunidad para la navegación y un incremento de los días de pesca, en 1856 José Javier de Uribarren, alcalde y benefactor de la villa, hizo entrega de la obra del nuevo muelle de Lazunari. Con ello quedaba modificada la desembocadura del río Lea, reducido el aporte de sedimentos a un puerto mucho más protegido y funcional, y se dio paso a importantes cambios morfológicos en las playas y a un nuevo paisaje (Garamendi, 2010) (Figura 3).

3.2. Evolución reciente del malecón de Lazunari

La intensa dinámica litoral a la que se ve sometido el malecón ha producido su rotura en numerosas ocasiones, roturas que a lo largo del tiempo han ido siendo restauradas, la última vez, antes de los cambios que aquí se analizan, en 2004. Sin embargo, en los últimos años han vuelto a producirse diversas brechas como consecuencia de las galernas y temporales, de manera que en los últimos cinco años, el malecón perdió su funcionalidad al recuperar el río su antigua desembocadura. En este sentido, es importante señalar que el malecón, que cuenta con una longitud aproximada de 500 m, presentaba en 2013 un total de 3 roturas importantes que afectaban a 11 m de la infraestructura, 16 puntos con roturas parciales y filtraciones que afectaban

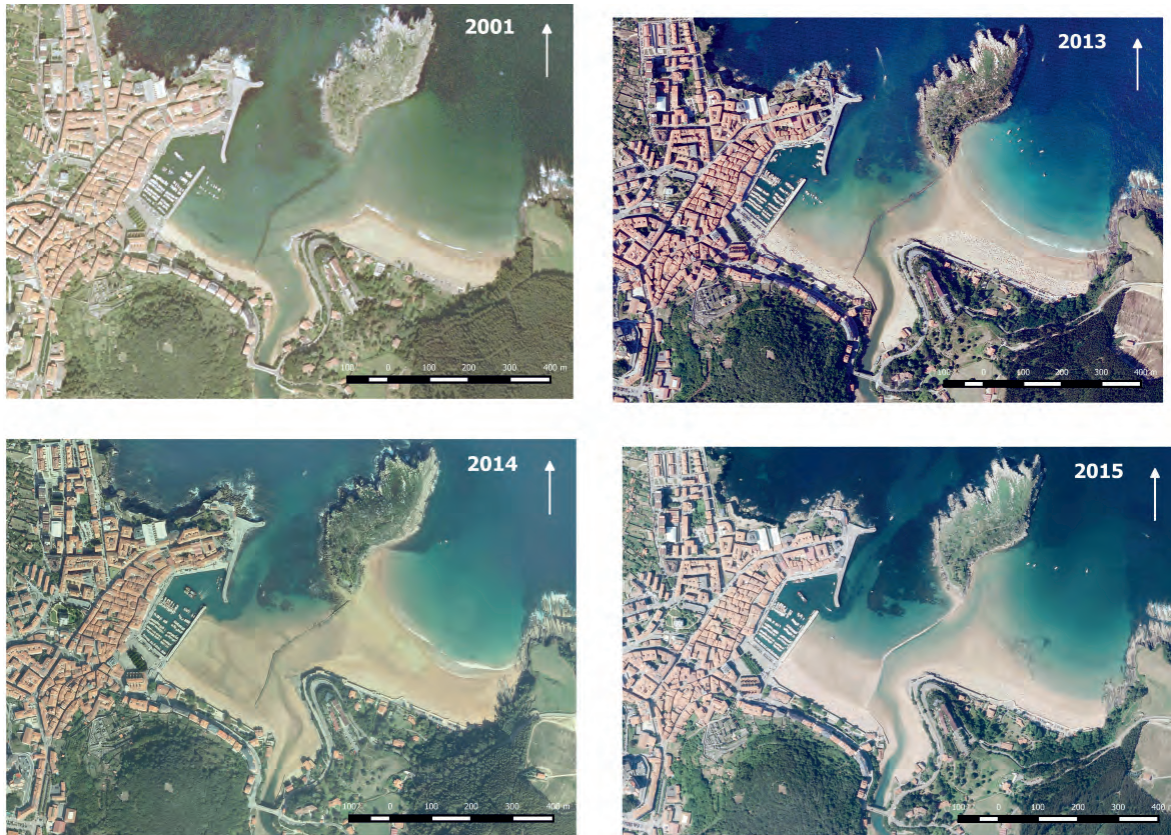


Fig. 3. Fotografías aéreas de la desembocadura del río Lea. Fte: GeoEuskadi.

Fig. 3. Aerial photographs of the Lea river's mouth. Source: GeoEuskadi.

al menos a 25 m (Gobierno Vasco, 2013). Hay que tener en cuenta que el malecón une a su compleja localización, una fragilidad intrínseca vinculada a la inexistencia de una restauración integral de calidad en los últimos tiempos, en los que tan sólo se habían realizado pequeñas intervenciones puntuales.

En los últimos años los temporales de oleaje se han sucedido con relativa frecuencia y con alturas de ola significativas de importante dimensión que han causado grandes desperfectos en la costa vasca (Tabla 1). Desde 2004, fecha de la última reparación del malecón, se han registrado 21 temporales de fuerte oleaje (www.euskalmet.eus). Es de destacar el año 2009 por registrar la altura de ola más alta, debido a la ciclogénesis explosiva Klaus, o los años 2013 y 2014 por la alta frecuencia de temporales y altura de las olas (Flor et al., 2015), y sobre todo el temporal del 1-2 de

febrero de 2014, una profunda borrasca denominada Natja, que causó importantísimos desperfectos en la costa cantábrica, entre los que cabe destacar la destrucción del paseo marítimo de la playa de Karraspio.

Las consecuencias de la rotura son de toda índole. Por ejemplo, geomorfológicas, con el cambio en la desembocadura de la ría y la génesis de la barra de arena aquí analizada, pero también de índole socioambiental y con importantes modificaciones paisajísticas así como en el balance erosivo-sedimentario con aporte de una importante carga arenosa al puerto de Lekeitio. Ello ha dificultado el acceso tanto de las embarcaciones de bajura a su base como de las merluceras, y ha implicado la necesidad de dragados anuales de hasta 5.000 m³ para salvaguardar la actividad pesquera y recreativa portuaria, así como la generación de importantes cambios paisajísticos.

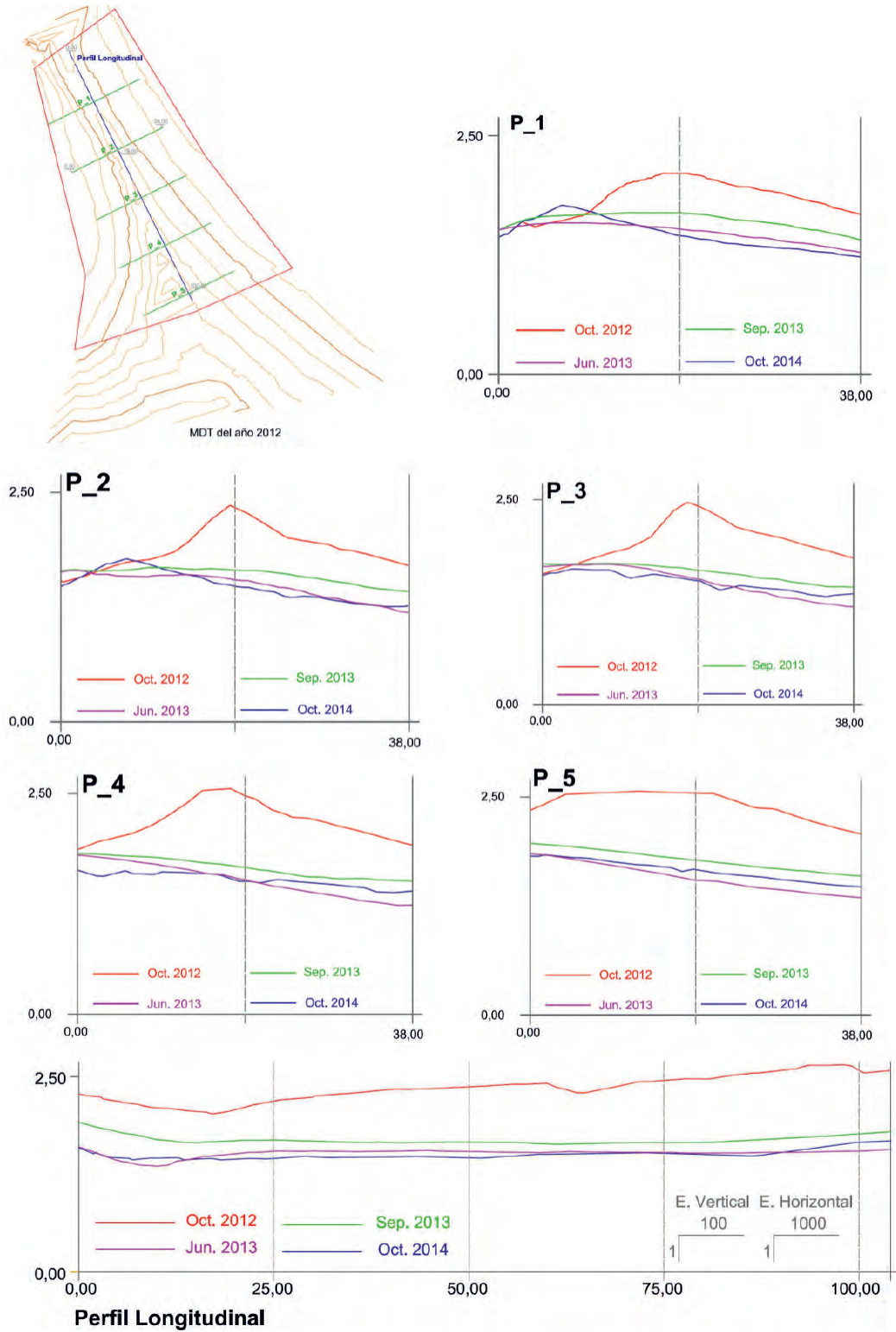


Fig. 4. MDT de la barra de arena generada en 2012 y sucesivos perfiles longitudinales y transversales.
 Fig. 4. DTM of the sand bar created in 2012 and consecutive longitudinal and transversal profiles.

Las consecuencias también han derivado en un conflicto en el ámbito de la gestión territorial ya que el proyecto de reconstrucción del malecón de Lazunari ha estado lleno de polémicas competenciales entre la Dirección de Puertos del Gobierno Vasco y la Demarcación de Costas, dependiente del Ministerio de Medio Ambiente. Finalmente, el proyecto de reconstrucción fue ejecutado en 2015 con un coste próximo al millón de euros. La reparación del dique convierte a la situación actual en una oportunidad única para el estudio de los procesos geomorfológicos en los que se combinan las dinámicas naturales y antrópicas así como para establecer una valoración de las consecuencias geomorfológicas, paisajísticas y socioeconómicas que la rotura del malecón pueden implicar para la villa de Le-

keitio, cuestiones que exceden los objetivos de este trabajo

4. Cambios geomorfológicos: Génesis, evolución y erosión de una barra de arena

De los distintos cambios geomorfológicos derivados de la rotura del malecón de Lazunari, destaca la génesis de la barra de arena formada entre la playa de Karraspio y la isla de San Nicolás, con unas dimensiones aproximadas de 180 m de largo y 120 m de ancho, ocupando una superficie de 1,4 ha en la zona intermareal, siendo más ancha en el extremo sur y estrechándose hacia la isla y un perfil transversal (Figuras 1 y 4).

Año	Fecha	Origen	Altura ola significativa	Observaciones (Lekeitio, Karraspio)
2014	1-2 febrero	Coincidencia de mareas muy vivas con el pico del oleaje	8,5 m	Importantes desperfectos
	6-7 enero	Olas enérgicas	10 m	Desperfectos en el puerto
	3-4 marzo	Mareas vivas sin coincidencia del pico oleaje	11 m	
	8-9 febrero	Coincidencia con mareas muertas	10 m	Sin desperfectos
2013	14-16 enero	Temporal de viento generando un fuerte oleaje de mar de viento	4 m	
	28 enero	Mar de fondo y mareas relativamente vivas	7,4 m	
	11-12 febrero	Fuerte viento	8 m	
	28 octubre	Temporal de viento que genera oleaje	7,75 m	
2012	18-19 abril	Fuerte oleaje por mar de fondo y mar de viento	6 m	
	23-25 abril	Vientos muy fuertes y oleaje Coincide la ola significativa con la pleamar	5-6 m	
2011	14-17 diciembre	Fuerte oleaje, mar de fondo	7 m	
2010	3-4 octubre	Fuerte vientos por bajas presiones	7 m	
	8-10 noviembre	Fuerte oleaje. Mar arbolada	9 m	Daños significativos
2009	23-24 enero	Ciclogénesis explosiva, Klaus, rachas de viento de 193 km/h en Matxitxako	13 m	
	5-9 noviembre	Temporal de viento y oleaje	7 m	
2008	4 marzo	Temporal de viento y oleaje	7 m	
	11 marzo	Fuertes vientos, coincidencia mayores olas con pleamar alta	8 m	Destrozos en infra-estructuras y embarcaciones
	23-26 noviembre	Temporal	5 m	
2007	7-8 marzo	Vientos muy fuertes altura de ola		
	19-22 marzo	Vientos fuertes	5 m	
2005	18-19 enero	Fuerte oleaje por fuertes vientos. Oleaje de mar de fondo unido a mar de viento	8-10 m	

Tabla 1. Principales temporales que han afectado a la costa vasca desde 2005.

Table 1. Main sea storms affecting the Basque coast since 2005.

Las barras son acumulaciones de arena que en general presentan una forma de cresta, cúspide, *cuspite forelan*, con un surco asociado que se sitúa en la parte trasera que mira hacia tierra, mientras que en la cara que mira al mar presentan una suave pendiente. Se localizan muchas veces en la zona intermareal en las proximidades de la zona de agitación y vaivén (Flor, 2004). Los procesos que intervienen en la génesis y dinámica de las barras de arena son conocidos, todos ellos vinculados a la acción del oleaje, las mareas y las corrientes (Woodroffe, 2002; Greenwood, 2005; Bird, 2008).

La última rotura del malecón de Lazunarra en el año 2011 produjo una alteración en la dinámica erosivo sedimentaria del río Lea como respuesta a la modificación de su desembocadura, que hizo que su canal principal y sus principales aportes de arena se dirigieran, aprovechando la rotura crítica del malecón, hacia el puerto. Este proceso fue favorecido por la acción de un oleaje cuya dinámica se ve interferida por la presencia de un rompeolas y la isla. En la parte derecha de la isla de San Nicolás, donde se ha formado la barra aquí analizada, las mareas, las corrientes de deriva y el oleaje redistribuyen la arena generando el cordón sedimentario aquí analizado. Las mediciones mediante TLS realizadas en 2012, 2013 y 2014 han permitido caracterizar la dinámica de la barra de arena así como cuantificar los cambios en la altimetría de superficie y su balance erosivo-sedimentario.

La formación de la barra comenzó inmediatamente después de la última brecha abierta en el malecón en 2011, en una génesis rápida, de manera que en septiembre de 2012 ya se había generado una barra arenosa con un perfil longitudinal ascendente, aunque quebrado en varios segmentos desde las proximidades de la isla, zona que presenta una dinámica suave de canal coincidiendo con el sector de máxima energía durante la pleamar. La barra presenta en sus orígenes un perfil típicamente asimétrico, característico de estas formaciones, de marcada pendiente hacia el interior y más suave hacia el mar (Figura 4).

Se trata de una morfología altamente inestable y cambiante, caracterizada por la pérdida progresiva de volumen (Tabla 2) que entre octubre de 2012 y octubre de 2014 sufrió una pérdida neta de 2.836 m³ de arena. El cordón arenoso fue progresivamente erosionado debido a la acción del oleaje y los fuertes temporales registrados en 2013 y 2014 (Tabla 1). En este sentido hay que tener en cuenta el papel desarrollado por las barras de arena al actuar como obstáculo sumergido que filtra las olas más altas durante los temporales, lo que explicaría su progresiva erosión y pérdida volumétrica generalizada (2.869,1 m³) con perfiles longitudinales y transversales que van siendo progresivamente más planos, en un nivel que se mantiene semejante hasta octubre de 2014 (Figura 4). Parte del material erosionado alimenta la génesis de morfologías secundarias separadas por surcos. Morfológicamente, la barra evolucionó hacia una morfología de suaves perfiles tanto longitudinales como transversales, perdiendo su asimetría original. Sin embargo, es una morfología muy dinámica con fases de leve acreción (854 m³) tal y como puede verse en los resultados de la campaña de septiembre de 2013 respecto a la de junio de 2013 (Figura 4). Las dos últimas medidas (septiembre 2013-2014) muestran una cierta estabilización de la barra. Respecto a las pérdidas y ganancias sedimentarias, puede apreciarse cómo el sector interno es el que presenta una mayor acreción, siendo las zonas centrales las que presentan un balance más negativo (Figura 5).

MDE de referencia	MDE de Comparación	Balance Volumen m ³
Octubre 2012	Junio 2013	-2.869,10
Octubre 2012	Septiembre 2013	-2.011,51
Junio 2013	Septiembre 2013	845,50
Septiembre 2013	Octubre 2014	-834,36
Octubre 2012	Octubre 2014	-2.835,94

Tabla 2. Cambios volumétricos registrados en la barra (periodo 2012-2014).

Table 2. Volumetric changes recorded on the sand bar (interval 2012-2014).

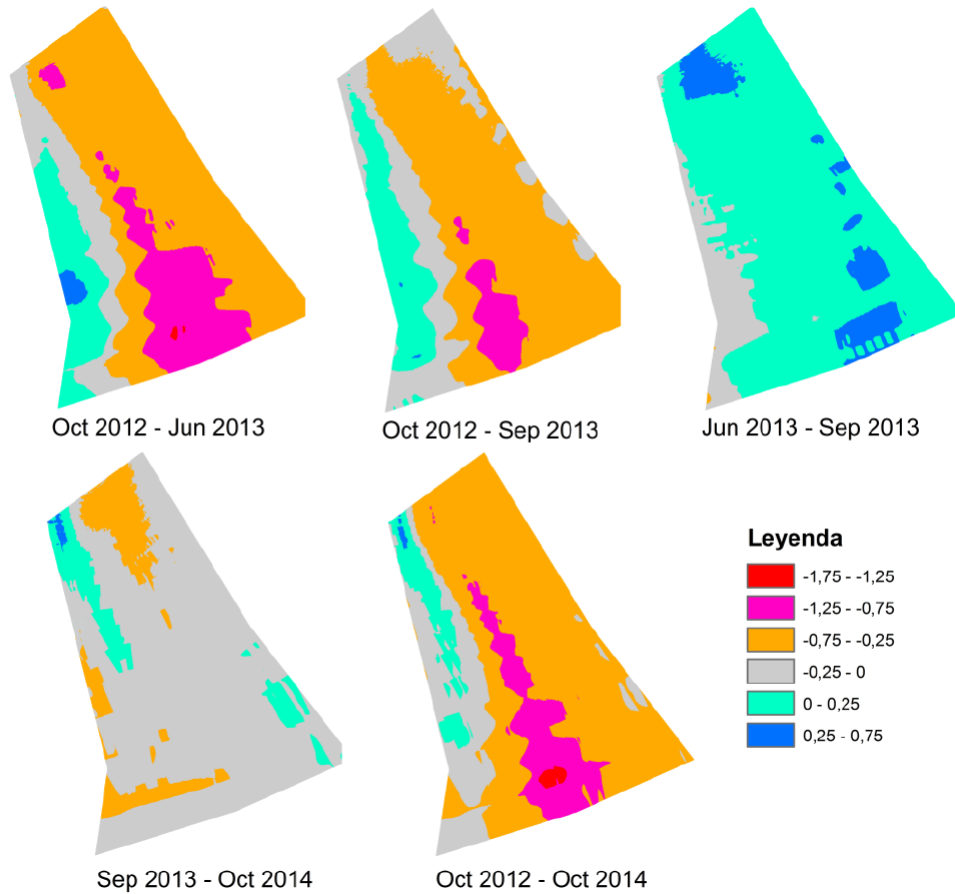


Fig. 5. Cambios en la altimetría de superficie de la barra de arena durante el periodo 2012 – 2014.

Fig. 5. Altimetry changes on the sand bar surface between 2012 and 2014.

Finalmente, la reparación del malecón en la primavera-verano de 2015 restituyó la desembocadura del río Lea por la margen derecha de la isla de San Nicolás, incidiendo la barra de arena recientemente formada y volviendo a la situación previa.

5. Consideraciones finales

La construcción en el siglo XIX del malecón de Lazunarri introdujo importantes modificaciones en la desembocadura del río Lea, evitando los aportes de arena a la bahía y playa de Isuntza y aportando grandes beneficios a la actividad del puerto de Lekeitio pero modificando a la vez la dinámica litoral y el paisaje costero. Sin embargo se trataba de una

infraestructura frágil sometida a la intensa actividad del oleaje y los temporales, de ahí que fueran frecuentes sus roturas.

La rotura del malecón en distintos puntos después de su última reparación en 2004, ha implicado la recuperación parcial de la dinámica natural de la desembocadura del río Lea, al penetrar en la bahía de Isuntza a través de una de las roturas y recuperar por tanto la antigua desembocadura por la margen izquierda de la isla de San Nicolás. Este cambio en la dinámica ha implicado importantes transformaciones erosivo-sedimentarias traducidas en intensas modificaciones morfológicas en los depósitos arenosos de la bahía y de las playas adyacentes. Se trata de una dinámica muy activa con génesis de barras bien

definidas que sufren migraciones en sus ejes, así como otras en estado embrionario que surgen como respuesta a nuevas roturas del malecón. Se trata de formas generadas en cortos espacios de tiempo, morfologías netas acordes con las tipologías establecidas, que sufren una evolución muy dinámica desde formas bien definidas con una cúspide marcada y perfil asimétrico a perfiles longitudinales y transversales muy planos debido a intensos procesos erosivos y pérdidas volumétricas generalizadas (2.869,1 m³).

Finalmente, la reparación del malecón en el verano de 2015, ha introducido nuevos cambios en la dinámica litoral y la recuperación de la antigua desembocadura del río Lea, lo que ha implicado la incisión de la barra principal aquí analizada. Esto ha supuesto la desaparición de una morfología efímera que permitió recrear temporalmente el antiguo paisaje de la zona, en una oportunidad única para el estudio de los procesos geomorfológicos en los que se combinan las dinámicas naturales y antrópicas así como una valoración de las consecuencias geomorfológicas, paisajísticas y socioeconómicas que la rotura del malecón puede implicar para la villa de Lekeitio.

Agradecimientos

Los autores quieren mostrar su agradecimiento al Grupo de Investigación Consolidado del Gobierno Vasco IT 622-13 y al GIR PANGEA (Dpto de Geografía UVA).

Bibliografía

- Bird, E. (2008). *Coastal Geomorphology: An Introduction* (2ª ed.). Wiley and Sons, Chichester, 436 pp.
- Euskalmet - Agencia Vasca de Meteorología (2015). *Informe meteorológico 2005-2014*. http://www.euskalmet.euskadi.eus/es/contenidos/información/cli_20-2015/es_cli.eus.html
- Flor, G. (2004). *Geología marina*. Universidad de Oviedo, 617 pp.
- Flor, G., Flor-Blanco, G., Flores-Soriano, C., Alcántara-Carrió, J. y Montoya-Mpontes, I. (2015). Efectos de los temporales de invierno de 2014 sobre la costa asturiana. VIII Jornadas de Geomorfología Litoral, *Geo-temas* 15, pp.: 17-20.
- Garamendi, M. (2010). Lazunarri, patrimonio cultural de la villa de Lekeitio. Informe técnico Ayuntamiento de Lekeitio.
- Gobierno Vasco - Eusko Jaurlaritz, (2013). Contrato de servicios del Proyecto de reparación del malecón de la playa de Isuntza a la isla de San Nicolás en Lekeitio. Viceconsejería de Transportes y Obras Públicas. Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos.
- Gobierno Vasco - Eusko Jaurlaritz, (2015). *Geo-Euskadi. Infraestructura de datos espaciales*.
- Greenwood, B. (2005) Bars. In: *Encyclopedia of Coastal Science* (Schwartz, M.L., ed.) Springer. Dordrecht, 120-129.
- Hoffmeister, D., Tilly, N., Curdt, C., Aasen, H., Ntageretzi, K., Hadler, H., Willershäuser, T., Vött, A., Bareth, G. (2012). Terrestrial laser scanning for coastal geomorphologic research in western Greece. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XXII ISPRS Congress, Melbourne. <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B5-511-2012>
- Iriarte, E., Arriolabengoa, M. del Val, M., Iridoi, P., López-Horgue, M., Aranburu, A. (2012). ¿Es útil la información geográfica pública (LiDAR y Cartas Náuticas) como instrumento de análisis geomorfológico? Ejemplos en valles fluviales y plataforma continental del margen cantábrico. XII Reunión Nacional de Geomorfología, Santander, 275-278.
- Monge-Ganuzas, M., Cearreta, A., Evans, C. (2013). Morphodynamic consequences of dredging and dumping activities along the lower Oka estuary (Urdaibai Biosphere Reserve, southeastern Bay of Biscay, Spain). *Ocean and Coastal Management* 77, pp.: 40-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.02.006>
- Monge-Ganuzas, M., Evans, C., Cearreta, A. (2015). Sand-spit accumulations at the mouths of the eastern Cantabrian estuaries: The example of the Oka estuary (Urdaibai Biosphere Reserve). *Quaternary International* 364, pp.: 206-216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.019>
- Pérez, A.M., Gracia, F.J., Vallejo, I., Barrera, J.A., Ojeda, J. (2011). Estudio morfométrico y volumétrico del retroceso de acantilados mediante escáner láser terrestre y modelado 3D. Aplicación al acantilado del Torre Bermeja (Cádiz). Actas de las VI Jornadas de Geomorfología Litoral, Tarragona. Faltan las páginas

- Rivera Medina, A.M. (2008). *Estudio histórico del puerto de Lekeitio*. Departamento de Transportes y Obras Públicas, Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza, 284 pp.
- Sanjosé, J.J., Serrano, E., Berenguer, F., González Trueba, J.J., Gómez Lende, M. y González García M. (2013) Desarrollo de las técnicas Geomáticas para el análisis del litoral. Aplicación en la costa de Cantabria (2009-2012). VII Jornadas de Geomorfología Litoral. *Geotemas* 14, 191.
- Sanjosé, J.J., Serrano, E., Berenguer, F., González Trueba, J.J., Gómez Lende, M., González García, M. y Guerrero Catro, M. (2014) Evolución histórica y actual de la línea de costa en las playas de Somo y Gerra (Cantabria) mediante fotogrametría aérea y escáner láser. XIII Reunión Nacional de Geomorfología, Cáceres 2014.
- Velilla Iriondo, J. 1993. Origen y evolución de la villa de Lekeitio. *Cuadernos de Sección Geografía e Historia. Eusko Ikaskuntza*, 115-134.
- Velilla Iriondo, J. 1996. *Arquitectura y urbanismo en Lekeitio, siglos XIV a XVIII*, Bilbao. Univ. País Vasco, 506 págs.
- Woodroffe, C. D. (2002). *Coasts: form, process and evolution*. Cambridge University Press.

