

# Ascenso del nivel del mar y cambios ambientales costeros durante el Holoceno Final. Islote Areoso, Ría de Arousa.

## *Sea level rise and coastal environmental changes during the Late Holocene. Areoso Island, Ría de Arousa.*

**Autor(es):** D. Cajade-Pascual<sup>1</sup>, M. Costa-Casais<sup>1</sup> y R. Blanco-Chao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Geografía e Historia. Dpto. de Geografía. Praza da Universidade s/n 15782 Santiago, A Coruña. [daniel.cajade.pascual@rai.usc.es/](mailto:daniel.cajade.pascual@rai.usc.es)  
[manuela.costa@usc.es](mailto:manuela.costa@usc.es) /[ramon.blanco@usc.es](mailto:ramon.blanco@usc.es)

**Resumen:** El islote Areoso, localizado en la Ría de Arousa (Galicia) alberga yacimientos arqueológicos y depósitos edafo-sedimentarios desde la zona intermareal hasta las dunas actuales. Entre 2015 y 2017 se obtuvieron muestras en la zona intermareal, en un sondeo bajo la playa actual y en una columna sedimentaria durante la excavación de un túmulo. Los análisis y dataciones han permitido identificar una secuencia evolutiva con tres etapas. La primera entre 4070-3865 cal. BP y 3407-3249 cal. BP, se caracteriza por el desarrollo de un sistema intermareal. La segunda comenzaría alrededor del 3610-3458 cal. BP y se corresponde con la formación de la playa-duna, identificada en los depósitos bajo la playa actual y en el túmulo. Sobre estos niveles, la fecha de 2277-2153 cal. BP indica la acumulación de facies eólicas, verificada por la identificación malacológica. Estas secuencias permiten definir la evolución morfosedimentaria y contribuyen a ajustar la curva de ascenso del nivel del mar para el NO Península Ibérica desde el Holoceno Medio. Los resultados concuerdan con otras investigaciones sobre el litoral gallego, siendo esta la primera secuencia completa en un ambiente no lagunar.

**Palabras clave:** *depósitos edafo-sedimentarios, nivel del mar, Holoceno, Islote Areoso, Ría de Arousa.*

**Abstract:** *The Areoso islet, located in the Ría de Arousa (Galicia), contains archaeological and edapho-sedimentary deposits from the intertidal zone to the recent dunes. Between 2015 and 2017, samples were taken in the intertidal zone, in a sounding under the actual beach and in a sedimentary column during the excavation of a tumulus. The C<sup>14</sup> analyzes and dates have allowed us to identify an evolutionary sequence with three stages. The first between 4070-3865 cal. BP is characterized by the development of an intertidal system. The second one would start around 3610-3458 cal. BP and corresponds to the formation of the beach-dune, identified in the deposits under the current beach and in the tumulus. On these levels, the date of 2277-2153 cal. BP indicates the accumulation of aeolian facies, verified by the malacological identification. These sequences allow us to define the morphosedimentary evolution and contribute to adjust the sea level rise curve for the NO of the Iberian Peninsula from the Middle Holocene. The results agree with other researchs on the Galician coast, this being the first complete sequence in a non-lagoon environment.*

**Key words:** *Edapho-sedimentary deposits, sea level, Holocene, Islet Areoso, Ría de Arousa.*

## INTRODUCCIÓN

El islote de Guidoiro Areoso se localiza en la parte central de la Ría de Arousa (NO Peninsular). Su formación y evolución permite identificar cambios en las condiciones ambientales y en el nivel del mar desde el Holoceno Medio. La desaceleración del aumento del nivel del mar en el Holoceno Medio significó una etapa de acumulación sedimentaria en el NO Peninsular. Este cambio en la configuración del litoral supuso una ampliación de barreras arenosas, formación de lagunas litorales y progradación de sistemas playa duna y prismas estuarinos (Alonso y Pagés, 2010). Los trabajos realizados en la costa del NO de la Península Ibérica apuntan a una fecha en torno a 4000-3500 años BP como el momento en el que el nivel del mar

se situó en la cota actual (Bao et al., 2007; Costas et al., 2009; González-Villanueva et al., 2015). La mayoría de estos estudios se han llevado a cabo en sedimentos de complejos lagunares, en los que la influencia de los factores locales introduce diferencias en la elevación relativa y edades de las formaciones sedimentarias (González-Villanueva et al., 2015). Existen evidencias de sedimentación costera temprana, desde aproximadamente 5.5 cal. kyr BP, correspondientes a niveles del mar relativos, más bajos que el actual, que evidencian fases iniciales de constitución de los sistemas costeros actuales como progradación de barreras dunares, formación de *lagoons* o dunas remontantes (Costas et al., 2009; Costa-Casais et al., 2012; Feal-Pérez et al., 2014; González-Villanueva et al., 2015).

En este trabajo, a partir de las secuencias edafo-sedimentarias analizadas en el islote Areoso, se pretende definir su evolución morfosedimentaria y contribuir al ajuste de la curva de ascenso del nivel del mar desde el Holoceno Medio para el NO Peninsular.

## ÁREA DE ESTUDIO

El Islote Guidoiro Areoso está localizado al oeste de la Illa de Arousa (Ría Arousa), en la costa atlántica de Galicia. Forma parte de un conjunto de islotes y bajos con una profundidad de unos 5 m, separados de la Illa de Arousa por una zona con profundidades entre 7 y 10 m. Al norte y al oeste la profundidad aumenta abruptamente hasta 20-30 m (Fig. 1).

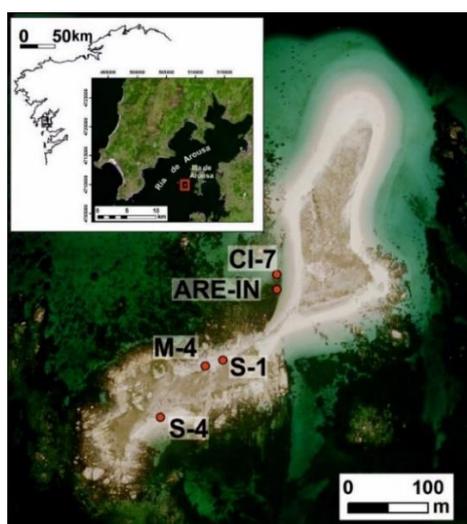


FIGURA 1. Localización del área de estudio y posición de los testigos analizados.

Está dividido en dos sectores, el septentrional que se corresponde con una flecha tipo *Comet tail spit*, y el meridional, un basamento granítico tapizado de sedimentos eólicos. Los procesos erosivos mantienen un escarpe erosivo de hasta 3 m de alto en el flanco occidental de las dunas, frente al que se emplaza la playa. Hay en el islote un rico patrimonio arqueológico, que en las últimas décadas ha sido afectado por la erosión. Debido a su situación en el interior de la ría, es un área de baja energía de oleaje. En aguas abiertas, el 70% se caracteriza por alturas significantes entre 1 y 2.5 m, y periodos entre 8 y 10 seg. La altura máxima en invierno y otoño puede ser de 11 m. El 88% es de componente O y NNO (datos punto SIMAR 1043070). El rango mareal medio en mareas vivas es de 3.45 m (Mareógrafo de Vilagarcía).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las cotas altitudinales respecto al nivel medio actual del mar (n.m.a.m.) de los depósitos analizados y las estructuras arqueológicas relacionadas, se han derivado mediante dos modelos digitales de elevaciones con resolución de 5 cm obtenido por fotogrametría aérea cercana, posicionamiento con DGPS y Estación Total. Se han tomado muestras en las

secuencias edafo-sedimentarias, aprovechando las intervenciones arqueológicas llevadas a cabo entre el 2015 y 2017 (Figs. 1, 2 y 3).

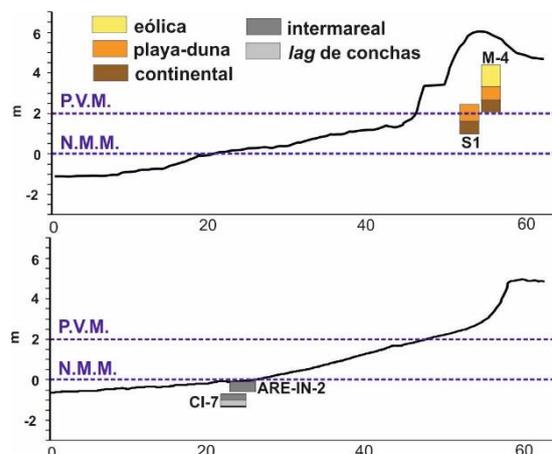


FIGURA 2. Localización de las secuencias analizadas y su posición en relación al nivel medio del mar. P.V.M. Pleamar Viva Media. N.M.M. Nivel Medio del Mar.

Durante el verano de 2015 se abrieron cuatro catas arqueológicas, dos en la playa del flanco oeste y dos en la del sureste. En dos de los sondeos se muestrearon dos columnas cada 5 cm (ARE-S1, ARE-S4), con potencias de 140 y 110 cm, respectivamente. En el 2016, se tomó un testigo con una sonda rusa (ARE-IN-2) en la zona intermareal del flanco oeste, con una potencia de 52 cm. Se dividió en secciones con espesores entre 2 y 4 cm. Durante la excavación del 2016-2017 se muestreó una columna en el entorno del túmulo M4 (M-4-III) con un total de 34 muestras, los niveles inferiores cada 5 y los superiores cada 10 o 15 cm, dependiendo de su homogeneidad. Se tomaron muestras en una posible cista (CI-7) en la zona intermareal, con una potencia de 65 cm. La granulometría se realizó con una columna de tamices entre 0,063 y 2 mm, excepto ARE-IN-2 que se analizó por láser, y se obtuvieron los parámetros estadísticos de media y selección.

Muestra	Codigo	2σ Cal BP	BC/AD
ARE-IN-2-2 (SM)	β460097	3475-3370	1525-1420
ARE-IN-2-22 (SM)	β460100	4070-3865	2120-1915
ARE-S1-20 (SM)	β449811	4825-4570	2875-2620
ARE-S1-25 (SM)	β449812	5840-5610	3890-3660
ARE-S4-15 (SM)	β499253	3212-3005	1263-1056
ARE-S4-22 (SM)	β499254	6398-6285	4449-4336
CI-7-6 (RV)	β499252	3407-3249	1458-1300
CI-7-13 (SM)	β487104	5917-5749	3968-3800
M4-III-a-23 (SM)	β487105	3610-3458	1661-1509
M4-III-b-8 (SM)	β487106	5892-5659	3943-3710
M4-III-a-11 (SM)	β487107	2277-2153	328-204

TABLA I. Dataciones radiocarbónicas. SM: sedimento orgánico, RV: restos vegetales. Base de datos usada para la calibración a 2 σ: INTCAL13 (Reimer et al., 2013)

Se determinó el contenido en materia orgánica, mediante el método de pérdida por combustión (*Lost on Ignition LOI*) y el contenido de C y N en un analizador LECO. En muestras molidas se determinó la composición elemental (elementos mayores y traza)

por fluorescencia de rayos X (XRF) y composición mineralógica por difracción de rayos X (XRD). Los resultados de campo y físico-químicos sirvieron de guía para seleccionar las muestras de sedimento, ricas en materia orgánica, y restos de plantas para ser datados por radiocarbono en Beta Analytics (Tabla I).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los depósitos edafo-sedimentarios identificados en Areoso, atendiendo a sus propiedades, ha ayudado a identificar facies similares de formación, que junto a su posición en relación al nivel medio actual del mar, ha permitido agrupar los niveles edafo-sedimentarios en cuatro ambientes de formación: intermareal, playa-duna, dunar y continental. En una misma secuencia pueden ser identificados varias de estas facies, que responden a ambientes de formación distintos, lo que demuestra el gran dinamismo morfosedimentario que ha experimentado Areoso desde 6398-6285 años BP, datación más antigua del nivel orgánico inferior de ARE-S4 (Fig.3).

**Facies de origen continental.** Se diferencian dos niveles: el inferior, con un espesor no superior a 35 cm y color amarillo-rojizo. Constituido por material grueso, gravas de cuarzo y feldespato angulosas, embutido en una matriz fina inorgánica y pobremente clasificado. Es un nivel de alteración de la roca, que no tiene que estar *in situ*. Sobre éste se desarrolla un paleosuelo, de color marrón negruzco, con espesor no superior a 40 cm, truncado en superficie. Está bien estructurado, dominan las arenas y está mejor clasificado que el que fosiliza. Es una formación coluvial, con características físico-químicas similares a otros paleosuelos de edad Holocena localizados en otros sectores de Galicia (Costa-Casais et al., 2012; Martínez-Cortizas et al., 2009). Estos suelos coluviales, muestran contenidos de C, N y LOI, superiores a los niveles que lo fosilizan. En general, las variaciones de las concentraciones de elementos químicos refuerzan la separación de los ciclos estratigráficos identificados en campo, lo que induce a pensar en diferencias en la composición mineralógica y grado de meteorización de los materiales que configuran cada nivel identificado. Destacar que por la configuración del islote, todo el material sedimentario es de procedencia local, no existiendo posibilidad de aportes del continente o de la cercana Isla de Arousa. Atendiendo a las dataciones de C<sup>14</sup> obtenidas para ARE-S1, ARE-S4 y la CI-7 la formación de este nivel se enmarcaría entre el 6400 y el 4800 cal. BP, coincidente con episodios semejantes registrados en el NO peninsular (Martínez-Cortizas et al., 2009). El paleosuelo, de origen coluvial identificado en ARE-S4-22, M4-III-b-8, ARE-S1-25 se ubica a una cota entre 1 y 2.5 m sobre el n.m.a.m., mientras CI-7-13 está a 1.5 m bajo el n.m.a.m. (Fig. 3). La parte superior de estos niveles, muestra rasgos de erosión, inducidos bien por procesos naturales continentales, por actividad antrópica patente en Areoso desde el Neolítico o debido a la transgresión marina Holocena.

## Facies de origen intermareal.

Las facies intermareales se han identificado en las columnas CI-7 y ARE-IN-2, situadas entre -1.2 y -0.2 m respecto al n.m.a.m. La edad más antigua de ARE-IN-2 sitúa el inicio de su formación hacia el 4070-3865 cal. BP, con una fecha a techo de 3475-3370 cal. BP (Fig. 3). Este nivel presenta colores negros grisáceos, con moteados rojizos de hierro. Está bien estructurado, con una matriz limosa rica en materia orgánica, aunque variable en función de los cambios texturales del sedimento, y con alto contenido en arena y grava. El techo de la sedimentación es claramente erosivo. El nivel inferior del testigo CI-7, situado sobre el paleosuelo CI-7-13 y entre -1.2 y -0.6 m respecto al n.m.a.m., está formado por arenas con abundantes restos de bivalvos propios de fondos arenosos. Sobre este nivel se sitúa un sedimento limo-arenoso con macro restos vegetales (no identificables), datado en su base a 3407-3249 cal. BP. Las características de ambos testigos indican el inicio de la sedimentación costera hace unos 4000 años cal. BP, en un sistema sedimentario intermareal, configurado con un nivel del mar aún más bajo que el actual. Existen evidencias de sedimentación litoral temprana desde aproximadamente 5.5 cal. kyr BP que muestran fases iniciales de constitución de los sistemas costeros actuales (Costas et al., 2009; Feal-Pérez et al., 2014; González-Villanueva et al., 2015), si bien el momento en el que el nivel del mar se situó en la cota actual apunta a una fecha en torno a 4000-3500 años BP (Bao et al., 2007; Costas et al., 2009; González-Villanueva et al., 2015).

## Facies de playa-duna.

Esta facies se ubica sobre la continental, con un contacto nítido, y en cotas entre 1.3 y 2.7 m sobre el n.m.a.m. La fecha más antigua sitúa el inicio de la sedimentación con fecha 3610-3458 cal. BP (M4-III-a-23). En S4, situada en el flanco oriental entre 1.3 y 1.9 m sobre el n.m.a.m. se obtuvo una fecha de 3212-3005 cal. BP. Los sedimentos de S4 y M4-III-a-23 son arenas, mayormente de cuarzo bien clasificadas, de color marrón grisáceo, con evidencias de haber experimentado procesos de edafización, aunque con bajo contenido en materia orgánica (3.9% LOI) y en carbonatos (1.6%). Las características texturales no permiten, por el momento, diferenciar si se trata de facies de playa o duna, pero revelan un cambio en el ambiente sedimentario, solapado temporalmente con las fases más recientes de las facies intermareales situadas a cotas más bajas.

## Facies eólica

La datación de 2277-2153 cal. BP (M4-III-a-11) indica la fecha mínima del comienzo de una sedimentación claramente eólica en el sector interno de Areoso. Se caracteriza por colores grisáceos con tonalidades amarillentas, constituidas mayoritariamente por arenas con contenido muy bajo en materia orgánica (0,5% LOI), con pequeños niveles de acumulación de materia orgánica, que denotan episodios de

estabilización dunar. Los porcentajes en carbonatos son altos (entre 12 y 27%), identificándose numerosos individuos de gasterópodos típicos de dunas (*Theba pisana*, *Cochlicella spp.*).

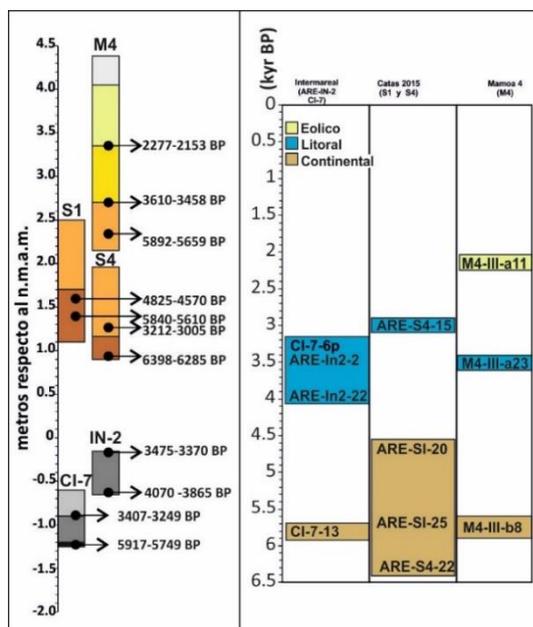


FIGURA 3. Facies de las secuencias edafo-sedimentarias, posición respecto al nivel medio del mar actual, y contexto cronológico.

## CONCLUSIONES

Las secuencias analizadas permiten elaborar una reconstrucción de la evolución Areoso en los últimos 6000 años. Las facies continentales evidencian niveles del mar bajos hasta el 4.5 kyr BP. En torno a 4.0 kyr BP se inicia una etapa de sedimentación litoral con la formación en el flanco occidental del islote de un complejo de tipo intermareal con abundante productividad biológica revelada por contenidos de materia orgánica y presencia de *lags* de conchas. Su taxonomía refleja la existencia de fondos arenosos próximos. En torno a 3.5 cal yr BP se verifica la formación de un sistema de playa-duna, conservada en posiciones más internas y a cotas más elevadas que las facies intermareales. Si bien se constata que estos niveles erosionan y se emplazan sobre los paleosuelos, no existen pruebas de que fosilicen los niveles intermareales. De ello, y del hecho de que las fechas  $C^{14}$  se solapan, pueden interpretarse como las primeras etapas de formación del sistema playa-duna, alimentado esencialmente por la erosión de los depósitos continentales más antiguos. La última etapa de sedimentación coincide con la formación dunar, que se inicia en torno a 2.2 kyr cal. BP. Por ahora, no se han obtenido más dataciones en los sedimentos eólicos, ya que el alto dinamismo y la presión antrópica en el islote en las últimas décadas dificulta la obtención de una secuencia continua. Los resultados obtenidos son coherentes con los existentes sobre el litoral gallego, realizados esencialmente en complejos lagunares. El hecho de que la secuencia obtenida en Areoso no

corresponda con un sistema cerrado la convierte en especialmente valiosa para mejorar la curva de ascenso del nivel del mar Holoceno en el NO peninsular.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos de investigación CSO2014-55816-P (MINECO) y R2014/001 (Xunta de Galicia).

## REFERENCIAS

- Alonso, A. y Pagés, JL (2010): Evolución del nivel del mar durante el Holoceno en el noroeste de la Península Ibérica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 23:157-167.
- Bao R., Alonso A., Delgado C. y Pagés, J.L. (2007): Identification of the main driving mechanisms in the evolution of a small coastal wetland (Traba, Galicia, NW Spain) since its origin 5700 cal. yr BP. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 247:296-312.
- Costa-Casais, M.; Martínez Cortizas, A.; Pontevedra-Pombal, X.; Berasategui Vinagre; Ferro-Vázquez, C. y Rodríguez-Racedo, J. (2012): Evolución holocena do sector costeiro de Punta dos Pericos (Ribeira, A Coruña). En: A Arte Rupestre no Norte do Barbanza (R. Fábregas Valcarce e C. Rodríguez Rellán (eds.) Andavira Editora, 71-91.
- Costa-Casais, M.; Martínez Cortizas, A.; J. Kaal; Caetano Alves, M.I. y Criado-Boado, F.: (2012): Reconstructing Holocene evolution in the archaeological site of Campo Lameiro (NW Spain): an interdisciplinary approach to geoarchaeology. En: Environmental changes and human. Interaction along the western Atlantic edge (A. Campar Almeida, A.M.S Bettencourt, D. Moura, S. Monteiro-Rodrigues, M.I. Caetano Alves). *APEQ*, 51-69.
- Costas, S., Sobrino, C. M., Alejo, I. y Pérez-Arlucea, M. (2009): Holocene evolution of a rock bounded barrier lagoon system, Cíes Islands, northwest Iberia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34:1575-1586.
- Feal-Pérez, A., Blanco-Chao, R., Ferro-Vázquez, C., Martínez-Cortizas, A. y Costa-Casais, M. (2014). Late-Holocene storm imprint in a coastal sedimentary sequence (Northwest Iberian coast). *The Holocene*, 24(4), 477-488.
- González-Villanueva, R., Pérez-Arlucea, M., Costas, S., Bao, R., Otero, X. L. y Goble, R. (2015): 8000 years of environmental evolution of barrier-lagoon systems emplaced in coastal embayments (NW Iberia). *The Holocene*, 25: 1786-1801.
- Martínez-Cortizas, A., Costa-Casais, M., y López-Sáez, J. A. (2009): Environmental change in NW Iberia between 7000 and 500cal BC. *Quaternary International*, 200: 77-89.
- Reimer PJ et al. (2013): IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4):1869-1887.

