

¿Pueden los sedimentos influir en la productividad de los bancos marisqueros?

Natalia Bienzobas Montávez

Graduada en Ciencias del Mar y Máster en Oceanografía. Actualmente es investigadora predoctoral en el Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de Vigo. Su actividad está vinculada al grupo de investigación de Geología Marina y Ambiental del Departamento de Geociencias Marinas y Ordenación del Territorio.

José Guitián Bermejo

Investigador posdoctoral en el Centro de Investigación Marina, del grupo GEOMA de la Universidad de Vigo. Desarrolla su trabajo en sedimentología y paleoceanografía. Está implicado en el estudio del litoral y su adaptación al cambio climático desde una perspectiva de investigación e innovación responsable (RRI), colaborando estrechamente con los agentes del sector costero.

Ana M. Bernabeu Tello

Catedrática de Universidad y miembro del Centro de Investigación Marina de la Universidad de Vigo. Su labor investigadora se centra en la geología marina, la dinámica sedimentaria y la gestión integrada de la zona costera, liderando y participando en numerosos proyectos nacionales e internacionales. Es coordinadora del programa internacional de doctorado Ciencias, Tecnología y Gestión del Mar.

1. Introducción

En Galicia, el marisqueo a pie es una actividad de larga tradición e importancia económica en la que trabajan más de 3000 personas. Sin embargo, durante los últimos años se ha detectado una disminución progresiva de los individuos de especies objetivo de marisqueo, llegando a desaparecer algunas de ellas de forma puntual.

Existen numerosos trabajos que han estudiado el efecto de variables como la temperatura o la salinidad en la productividad de los bancos (e.x. Parada et al., 2008; Parada et al., 2012; Macho et al., 2016; Des et al., 2021). No obstante, se ha demostrado que este problema no tiene una única causa y son muchas las variables que pueden afectar a la viabilidad de un banco marisquero.

Teniendo en cuenta que las especies objetivo de marisqueo, como la almeja fina, almeja babosa, almeja japonesa o el berberecho viven enterradas en los primeros centímetros del sedimento, las características de este sustrato y su evolución en el tiempo influirán en la distribución espacial y desarrollo de estos organismos, tal y como ya señalan algunos autores (Cerdeira et al., 2024; Parada et al., 2024). Además, desde las propias cofradías se está alertando del progresivo “enfangamiento” de muchos bancos de la costa gallega.

En este contexto, desde 2021 se han llevado a cabo trabajos para comprender mejor los efectos a medio y largo plazo de la disponibilidad de sedimentos, el aumento del nivel del mar y el desarrollo humano, así como la aplicación de estrategias adecuadas en la región costera, garantizando la sostenibilidad y la productividad de los bancos intermareales.

2. Fuentes de sedimento, procesos de transporte y características clave

Las propiedades del sedimento marino (e.x., tamaño de grano, forma, mineralogía, composición) son un reflejo de las fuentes que aportan material al fondo del mar y de los procesos que lo distribuyen. Entre las fuentes de sedimento se pueden distinguir: i) terrígenas, son las que aportan sedimentos de origen terrestre; ii) biogénicas, relacionadas con la actividad biológica (e.x., restos de conchas); iii) antropogénicas, que aportan material derivado de la actividad humana (e.x., plásticos).

El transporte y distribución de estos materiales está determinado por diferentes forzamientos. El viento y las precipitaciones favorecen la erosión y el transporte de material terrígeno hacia los ríos y finalmente al mar. Durante este trayecto, los granos se erosionan, aumentando su redondez y disminuyendo su tamaño en función de la dureza del material y la distancia recorrida. Una vez en el mar, las corrientes marinas junto con el oleaje se encargan de su distribución. En el caso de los materiales biogénicos, las olas son las encargadas de transportar las conchas desde la zona más profunda hasta la zona intermareal, donde se encuentran trituradas y clasificadas por las corrientes.

El tamaño de grano destaca entre todas las características del sedimento por ser un indicador de las condiciones del medio, fácil de analizar y que puede proporcionar mucha

información. Por ejemplo, permite describir la energía de los procesos que afectan a los sedimentos, ya que cuanto mayor sea la corriente, mayor será el tamaño de grano que resista en el fondo. También puede sugerir qué tipo de organismos encontraremos en el sustrato, dado que el hábitat está muy relacionado con la distribución del tamaño de grano. Además, los minerales y los restos de organismos suelen estar clasificados por tamaños específicos (los restos de conchas suelen formar la fracción gruesa del sedimento, mientras que los minerales de arcilla se concentran en la fracción fina), ayudando a describir el origen del sedimento.

El tamaño de grano del sedimento en sistemas costeros puede variar por diferentes factores. La climatología altera los aportes de material continental, aumentando, por ejemplo, la concentración de sedimento fino en períodos de fuertes precipitaciones arrastrado por la escorrentía o erosionado del fondo de los canales por corrientes fluviales intensas. Los cambios en las corrientes y oleajes relacionados con modificaciones en la costa o, a medio-largo plazo, con el cambio climático alteran los patrones de dispersión y sedimentación de las partículas en los fondos. Finalmente, las construcciones antropogénicas pueden alterar el patrón de transporte y sedimentación, por lo que los sedimentos se erosionan o acumulan en zonas donde naturalmente no lo hacían (por ejemplo, tras la construcción de diques en zonas costeras).

3. Cómo estudiamos el tamaño de grano del sedimento

En general, el sedimento está compuesto por granos de diferentes tamaños, lo que denominamos clases (Figura 1). En el ámbito de la sedimentología, el estudio del tamaño de grano se ha basado en la escala de Wentworth (1922), que propone 4 grandes grupos: gravas (> 2000 μm), arenas (63-2000 μm), limos (4-63 μm) y arcillas (< 4 μm). Estos grupos corresponden con diferentes modos de transporte de los granos, por lo que esta clasificación es adecuada para el estudio de la dinámica del sedimento.

Para su estudio es necesario conocer la cantidad de cada una de estas clases dentro de la muestra, lo que se conoce como distribución granulométrica.

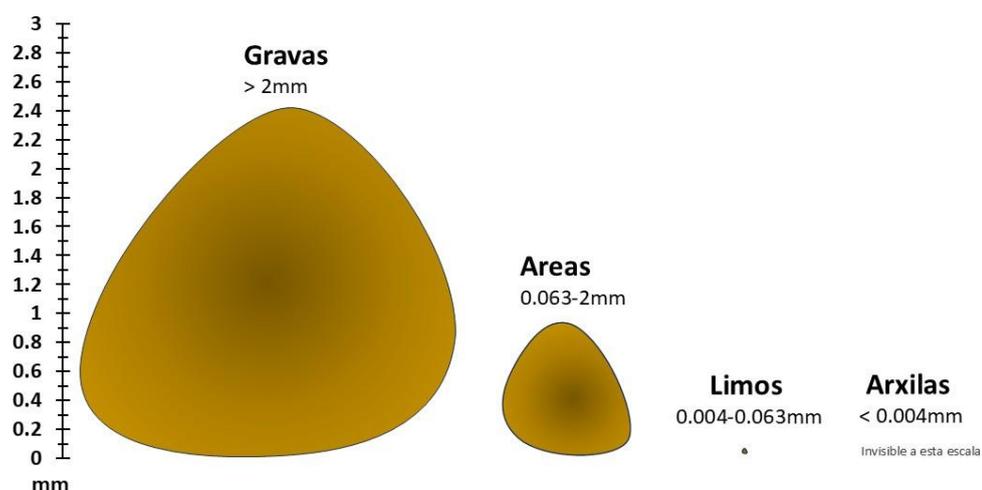


Figura 1. Comparativa visual de los cuatro grandes grupos de tamaño de grano propuestos por Wentworth, (1922).

Las metodologías establecidas para determinar la distribución granulométrica de una muestra son sencillas, de bajo coste y relativamente rápidas. Una de las más utilizadas es el tamizado de las muestras (en húmedo y/o en seco), que consiste en separar las principales fracciones utilizando mallas de diferente diámetro. De este modo conoceremos la cantidad (en peso) de cada una de las clases de tamaño en nuestra muestra. Esta técnica es ideal para sedimentos arenosos y se trata de la técnica principal utilizada en las cofradías.

Existen técnicas más sofisticadas, pero también más costosas, como los analizadores de partículas basados en difracción láser, que estiman el tamaño del sedimento en función del ángulo al que se refleja el láser sobre las partículas. Esta técnica se utiliza en sedimentos finos y cuando necesitamos una alta precisión en los resultados.

Para facilitar el tratamiento de los datos de distribución granulométrica, se emplean técnicas estadísticas que permiten obtener un valor de tamaño representativo de toda la muestra. Así podremos trabajar con diferentes parámetros, como, por ejemplo:

- **Tamaño medio:** es el tamaño de partícula medio de la muestra. Se utiliza para describir el tamaño de una muestra cuando su distribución granulométrica es normal.
- **Mediana o percentil 50 (D50):** tamaño por encima y por debajo del cual están el 50 % de las partículas de la muestra. Se utiliza cuando la distribución no es normal.
- **Moda de la distribución:** es el tamaño que tienen la mayoría de las partículas. En distribuciones normales, la moda, la mediana y la media coinciden.
- **Selección:** se refiere a la variabilidad del tamaño de partículas dentro de una muestra respecto al valor de la moda. Los sedimentos donde la mayoría de los granos tienen tamaño similar u homogéneo están bien seleccionados, mientras que los sedimentos con tamaños heterogéneos están mal seleccionados.

Existen herramientas disponibles para calcular estos valores a partir de la distribución de forma automatizada como el GRADISTAT (Blott & Pye, 2001).

Tabla 1. Porcentaje de partículas retenidas en tamices con diferentes aberturas de malla para dos muestras de sedimento. La abertura de malla está expresada en micras (μm) y en Phi (ϕ). M1 = Muestra 1 (Camaxe, febrero 2024), M2 = Muestra 2 (Lombos do Ulla, febrero 2024).

Abertura (μm)	Abertura (ϕ)	M1 (%)	M2 (%)
4000	-2	0	0
2000	-1	24.67	1.82
1000	0	18.79	10.30
500	1	17.16	44.94
250	2	17.75	11.12
125	3	15.47	21.49
63	4	3.75	2.41
<63	5	2.41	7.93

Los datos de tamaño pueden expresarse en milímetros o en escala Phi (ϕ). La escala Phi facilita la comparación y el análisis estadístico de las partículas sedimentarias. Fue propuesta por Krumbein en 1934 para transformar una escala de tamaño de grano exponencial (en mm) en una escala lineal más manejable. La escala Phi destaca mejor las diferencias en los sedimentos finos (arcillas, limos y arenas finas), que son más fáciles de analizar con una escala lineal. Las unidades Phi se calculan con la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño } \phi = -1 \times (\log_2 [\text{tamaño mm}])$$

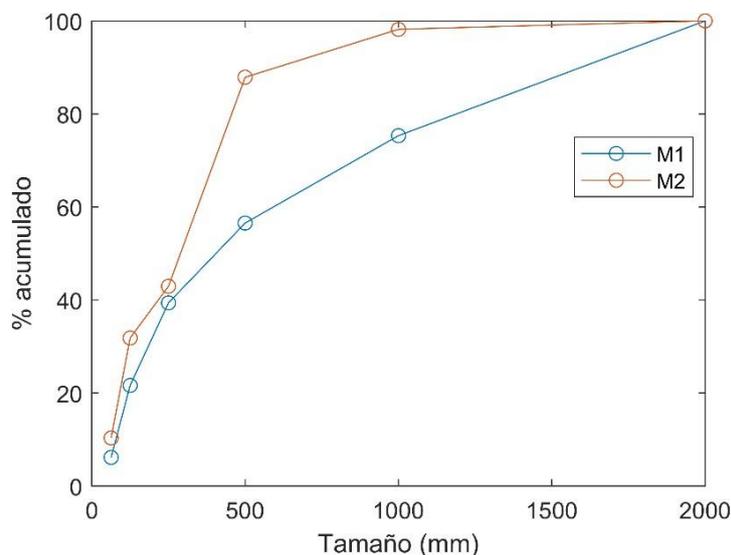


Figura 2. Distribución granulométrica (%) de las dos muestras de sedimento recogidas en la Tabla 1. La muestra 1 (M1, azul) fue recogida en Camaxe y la muestra M2 en Lombos do Ulla, ambas durante febrero de 2024.

4. Influencia del tamaño de grano en los individuos de especies objetivo de marisqueo

El tamaño de grano del sedimento determina características importantes del sustrato que influyen en el desarrollo de los bivalvos, como la compactación, la oxigenación y el contenido en materia orgánica o metales pesados.

En general, los sedimentos fangosos (compuestos por limos y arcillas) se caracterizan por ser compactos, poco oxigenados, con alto contenido en materia orgánica y mayor concentración de metales pesados. Esto puede atribuirse a que los sedimentos finos tienen baja porosidad, lo que facilita la retención de agua y dificulta su circulación, impidiendo así su oxigenación. Además, los granos finos tienen una gran superficie específica que favorece la adsorción de materia orgánica. La baja oxigenación ralentiza la descomposición de la materia orgánica, alterando el pH y el potencial redox en ambientes fangosos. Por el contrario, los sedimentos arenosos tienen baja compactación, alta oxigenación y bajo contenido en materia orgánica.

Así, tanto la velocidad de enterramiento de los bivalvos como la profundidad a la que se entierran estarán condicionadas por el tamaño de grano del sedimento (y su compactación y oxigenación) (Sassa et al., 2011). Estos dos parámetros (velocidad y profundidad) son

factores cruciales para la supervivencia y ecología de los bivalvos, ya que les permite escapar de depredadores, reduciendo el riesgo de ser capturados; favorece la resistencia al impacto de las olas y corrientes en ambientes intermareales, al evitar que sean arrastrados; y permite que se sitúen en el sustrato de forma que optimice su alimentación y la oxigenación de su medio.

Además, existen estudios que indican que la tasa de crecimiento de los bivalvos puede aumentar o disminuir en función del tipo de fondo, como, por ejemplo, el mayor crecimiento de *Donax trunculus* L. en arenas medias-gruesas (de la Huz et al., 2022).

De este modo, un enfangamiento de zonas de extracción marisquera podría generar cambios en el comportamiento de los bivalvos.

5. Qué estamos haciendo

Desde el año 2021, investigadores del Centro de Investigación Mariña (CIM) de la Universidad de Vigo, en colaboración con las cofradías de Carril, Illa de Arousa y Cambados, y en el marco del proyecto europeo TransformAr (*“Accelerating and upscaling transformational adaptation in Europe”*, <https://transformar.eu/>), están llevando a cabo un seguimiento en determinadas zonas con el objetivo de obtener información que indague en lo que los mariscadores están observando recientemente. ¿Se están enfangando los bancos de la Ría de Arousa? ¿Qué consecuencias podría tener este cambio?

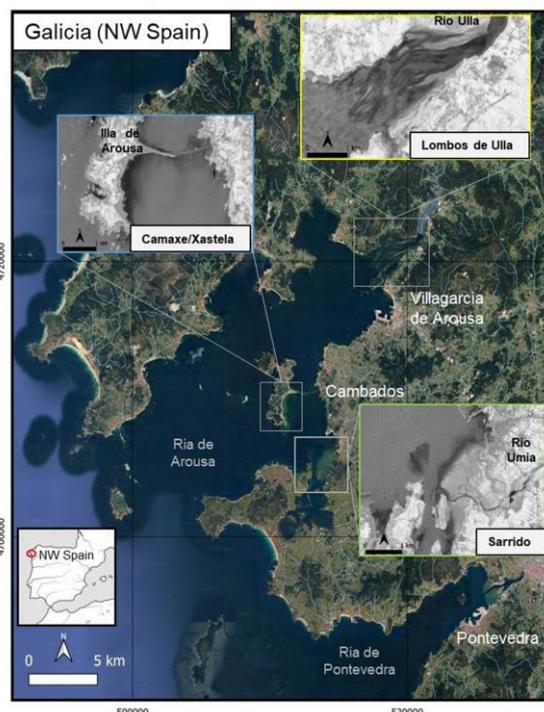


Figura 3. Localización de los bancos marisqueros de estudio en la Ría de Arousa.

Desde el CIM se ha diseñado una estrategia de seguimiento que registra las características de los sedimentos de ciertos bancos de la ría con el objetivo de generar una base de datos a largo plazo que permita evaluar los procesos implicados en su variabilidad. Hasta la fecha, nuestro trabajo se ha centrado en evaluar estacionalmente la calidad de los sedimentos de cada banco a alta resolución espacial a través del análisis del tamaño del grano, contenido

en materia orgánica y concentración de metales pesados. En colaboración con las cofradías, se seleccionaron tres zonas de actividad marisquera (Figura 3) que difieren en los niveles de productividad y en su configuración geográfica:

- **Lombos do Ulla:** situado en la desembocadura del río Ulla, en los últimos años ha experimentado un progresivo descenso en su productividad.
- **Camaxe y Xastelas:** situados al este de la Illa de Arousa, con menor influencia fluvial y niveles de productividad intermedios.
- **O Sarrido:** situado en Cambados, en la desembocadura del río Umia, es uno de los bancos de mayor productividad y rentabilidad de la ría.

Los resultados preliminares de los análisis sugieren que la mayor parte de la variabilidad observada en la composición de los sedimentos de las muestras puede explicarse por la localización de los bancos en la ría. Así, los sedimentos más finos se encuentran en general en los bancos de O Sarrido y Lombos do Ulla, dada su proximidad a las desembocaduras de los ríos Umia y Ulla, respectivamente (Figura 4). También se observan diferencias en la variabilidad de la textura a lo largo de los bancos, siendo en Lombos el sustrato más homogéneo y en el banco de Camaxe el más heterogéneo.

Durante el período de estudio, se detectaron pequeños cambios en el contenido de limo de los diferentes bancos. La variabilidad de este parámetro es lenta y, como ya apuntamos, asociada a procesos a medio-largo plazo, como los cambios en las precipitaciones o en las condiciones de corrientes u oleaje. Por ello, será importante continuar con la estrategia de seguimiento más allá de la finalización del proyecto, generando series históricas que permitan detectar estos cambios.

Siguiendo las actuales políticas de acceso abierto en la Ciencia europea, todos los datos de tamaño de grano obtenidos están accesibles en la plataforma ZENODO para su consulta y se irán actualizando conforme se realicen nuevas campañas de muestreo (Bienzobas et al., 2024).

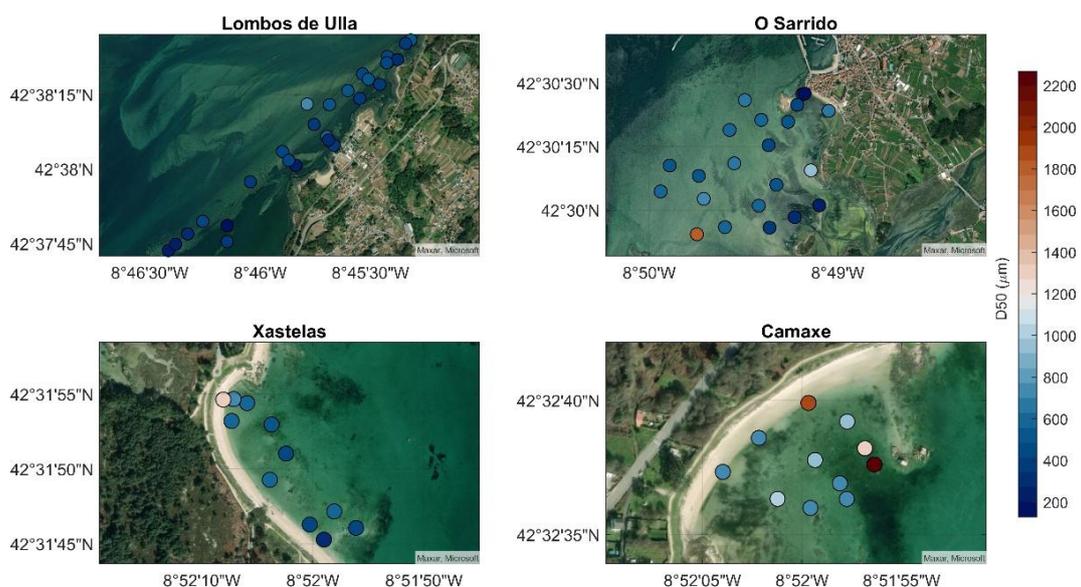


Figura 4. Tamaño de grano (mediana) de los sedimentos recogidos en los bancos de Lombos do Ulla, Camaxe, Xastelas y O Sarrido durante la campaña realizada en febrero de 2024.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las Cofradías de Carril, Illa de Arousa y Cambados y a sus auxiliares técnicos su apoyo durante el desarrollo de este estudio, tanto por su asesoramiento en la selección de las áreas de trabajo como por la puesta a disposición de datos e información. También agradecen a Julio Fernandes de Oliveira su apoyo en las campañas de campo y la elaboración de algunas de las figuras que ilustran este texto.

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Dirección Xeral de Desenvolvemento Pesqueiro, REDEMAR, de la Xunta de Galicia (PR004A 2022/006). Asimismo, ha sido financiado por el programa Horizonte de la Unión Europea (H2020_101036683) y por el Ministerio de Ciencia e Innovación en la convocatoria de transición ecológica y digital (TED2021-129524B-I00).

Referencias

- ✚ Bienzobas, N., Fernandes de Oliveira, J., Guitián, J., Fontan Bouzas, A., & Bernabeu, A.M. (2024). Sediment grain size dataset of intertidal shellfish sandbanks within Ría de Arousa, Spain [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13133902>
- ✚ Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth surface processes and Landforms*, 26(11), 1237-1248.
- ✚ Cerdeira-Arias, J. D., Otero, J., Barceló, E., Del Río, G., Freire, A., García, M., ... & Álvarez-Salgado, X. A. (2024). Environmental effects on abundance and size of harvested bivalve populations in intertidal shellfish grounds. *Marine Environmental Research*, 202, 106808.
- ✚ De la Huz, R., Lastra, M., & López, J. (2002). The influence of sediment grain size on burrowing, growth and metabolism of *Donax trunculus* L.(Bivalvia: Donacidae). *Journal of Sea Research*, 47(2), 85-95.
- ✚ Des, M., Fernández-Nóvoa, D., de Castro, M., Gómez-Gesteira, J.L., Sousa, M.C., Gómez-Gesteira, M., (2021). Modeling salinity drop in estuarine areas under extreme precipitation events within a context of climate change: Effect on bivalve mortality in Galician Rías Baixas. *Science of Total Environment*, 790, 148147.
- ✚ Macho, G., Woodin, S.A., Wethey, D. S., & Vázquez, E. (2016). Impacts of sublethal and lethal high temperatures on clams exploited in European fisheries. *Journal of Shellfish Research*, 35(2), 405-419.
- ✚ Parada, J.M. 2024. Scientific-technical basis for shellfish ground conservation and restoration activities using an ecosystem-based approach. *Os recursos mariños de Galicia. Serie técnica. 10.* Xunta de Galicia.
- ✚ Consellería do Mar. Santiago de Compostela. 133 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11076613>
- ✚ Parada, J. M., & Valverde, X. M. (2008). Natural mortality of the cockle *Cerastoderma edule* (L.) from the Ria of Arousa (NW Spain) intertidal zone. *Revista de biología marina y oceanografía*, 43(3), 501-511.
- ✚ Parada, J.M., Molares, J., Otero, X. (2012). Multispecies Mortality Patterns of Commercial Bivalves in Relation to Estuarine Salinity Fluctuation. *Estuaries and Coasts*, vol 35, 132- 142.
- ✚ Parada, J.M. 2024. Scientific-technical basis for shellfish ground conservation and restoration activities using an ecosystem-based approach. *Os recursos mariños de Galicia. Serie técnica. 10.* Xunta de Galicia. Consellería do Mar. Santiago de Compostela.133 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11076613>
- ✚ Sassa, S., Watabe, Y., Yang, S., & Kuwae, T. (2011). Burrowing criteria and burrowing mode adjustment in bivalves to varying geoenvironmental conditions in intertidal flats and beaches. *PLoS one*, 6(9), e25041.
- ✚ Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, 30(5), 377-392.