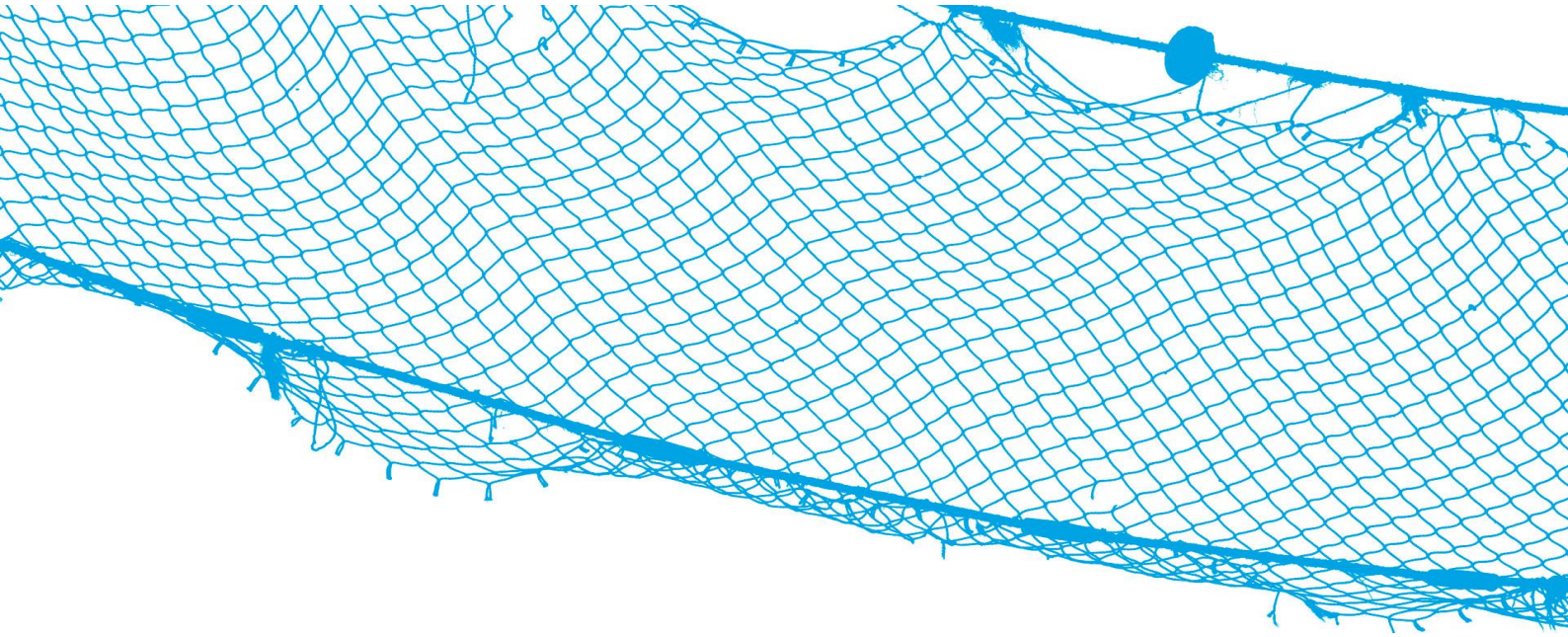

BIOTOX: Toxicidad asociada a eventos de proliferación masiva de *Alexandrium minutum* en las rías gallegas

Eva Teira*, Rocío Blanca-Sújar, Alexandra Díaz-Alonso, Sofía Barros & Emilio Fernández, Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo

Beatriz Reguera, Verónica Rey, Francisco Rodríguez, Pilar Riobó, Rosa Figueroa, Esther Velasco-Senovilla & Enrique Nogueira, Centro Oceanográfico de Vigo, Instituto Español de Oceanografía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

***Email: teira@uvigo.gal**

pescadeRías de onde se nan?

Xacobeo 2027

Cofinanciado pola Unión Europea

Fondos Europeos

El proyecto BIOTOX (2022-26) estudió los efectos de las interacciones biológicas en el desarrollo de microalgas tóxicas, en particular el dinoflagelado *Alexandrium minutum*, productor de toxinas paralizantes. Esta especie suele proliferar en espacios protegidos de la costa, frecuentemente durante períodos de estabilidad en primavera/verano.

Por ejemplo, el 25 de abril de 2023, esta especie formó una marea roja en la parte interior de la ría de Pontevedra, en Campelo (Figura 1), una importante zona de marisqueo. La superficie del mar teñida de marrón rojizo se observó en un área semiconfinada en la parte norte de la ría (entre la isla de Tambo y Campelo). Este caso fue de gran interés debido a que la estación de vigilancia de fitoplancton más cercana de la Xunta de Galicia se encuentra en un polígono de bateas de Combarro (al fondo de la imagen).

Figura 1. Marea roja de *Alexandrium minutum* en Campelo (25 abril 2023. Autor: F. Rodríguez).

El examen microscópico de una muestra en el puerto de Campelo mostró la proliferación de *A. minutum*, con abundancias de hasta 48-51 millones de células por litro. El dinoflagelado causante se identificó mediante microscopía y genética.

A comienzos de mayo, la marea roja redujo su extensión a la parte interior de la ensenada de Campelo. En aquel momento, la comunidad de fitoplancton contenía poblaciones mixtas con otros dinoflagelados (*Prorocentrum micans* y géneros como *Protoperidinium* y *Dinophysis*). A mediados de mayo, el color de la proliferación dejó de ser visible a simple vista.

Las explotaciones de moluscos infaunales de Campelo sufrieron cierres por biotoxinas paralizantes durante varias semanas. A lo largo de la marea roja recogimos muestras para estudiar los perfiles de toxinas en (i) el medio natural, (ii) cultivos de *A. minutum*

en el laboratorio y (iii) invertebrados de la zona, para conocer la acumulación de toxinas paralizantes.

Las toxinas encontradas en invertebrados marinos en Campelo (puerto y playa) entre el 26 de abril y el 26 de mayo mostraron una disminución en los niveles de toxicidad a lo largo de ese período, con máximos en mejillones de roca recogidos en el puerto de Campelo el 27 de abril. Todas las muestras de mejillón analizadas superaron los límites establecidos en la normativa de la UE (800 µg eq STX diHCl/kg). En el caso de las almejas obtenidas del intermareal (principalmente *Ruditapes philippinarum*), también se encontraron niveles elevados de toxinas el 10 de mayo, y moderados en otros organismos encontrados en el área, como bígaros (*Phorcus lineatus*) y lapas (*Patella vulgata*). En cuanto a los berberechos (*Cerastoderma edule*), solamente fue posible obtener una muestra el 26 de mayo (después de la marea roja) y, para entonces, los niveles de toxinas paralizantes ya no eran cuantificables mediante el método oficial de la UE.

Por tanto, los invertebrados estudiados durante el período de la marea roja acumularon toxinas de forma significativa (en varios casos por encima de los límites reglamentarios), detectándose toxicidad en invertebrados distintos de los moluscos bivalvos. Este resultado concuerda con otros estudios en las Rías Baixas (Ben-Gigirey et al. 2020, Rey et al. 2025) y muestra el interés de analizar la acumulación de toxinas en diferentes organismos durante los eventos tóxicos para evaluar su acumulación en el ecosistema, los riesgos potenciales y, en su caso, las medidas preventivas.

Factores biológicos de control de las proliferaciones de *A. minutum*. I: bacterias

La estabilidad ambiental que favorece a los dinoflagelados puede beneficiar el establecimiento y la persistencia de interacciones biológicas entre las microalgas y las bacterias, que pueden desempeñar un papel muy importante en el desarrollo de las proliferaciones tóxicas. Sin embargo, sabemos muy poco sobre el impacto de estos factores bióticos en las mareas rojas.

Para descubrir cómo actúan dichos factores, aislamos varias cepas de *A. minutum* y de bacterias asociadas en sus cultivos para realizar experimentos enfocados a explorar las interacciones entre ambos. Después, en experimentos con cultivos mixtos (dinoflagelados-bacterias), se comparó el crecimiento del cultivo del dinoflagelado por separado con su crecimiento en presencia de una de las bacterias obtenidas (género *Alteromonas*).

Los resultados mostraron que las bacterias del género *Alteromonas* favorecían el crecimiento de *A. minutum* (Figura 2). Otras cepas bacterianas aisladas durante BIOTOX serán evaluadas del mismo modo para identificar los efectos positivos o negativos que producen en *A. minutum* de la ría de Vigo y evaluar su potencial como controles biológicos.

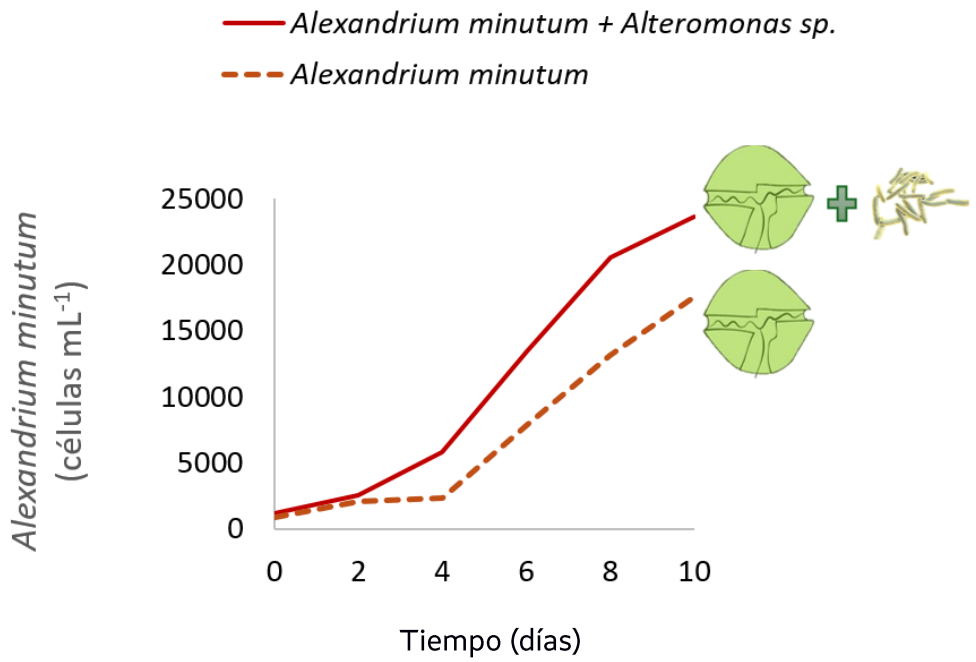

Figura 2. Crecimiento de *Alexandrium minutum* con o sin bacterias del género *Alteromonas*.

Factores biológicos de control de las proliferaciones de *A. minutum*. II: interacciones alelopáticas entre *Zostera marina* y *Alexandrium minutum*

Es bien conocido el papel relevante de las praderas de plantas acuáticas, del género *Zostera* (*Z. marina* y *Z. noltii*) y de la especie *Cymodocea nodosa*, en el buen estado de los ecosistemas costeros y, por tanto, en la sostenibilidad de los recursos marinos. Estudios previos demuestran también su potencial para controlar el crecimiento de microalgas, en particular dinoflagelados productores de toxinas. En BIOTOX se comprobaron las consecuencias de la exposición a extractos de hojas de *Z. marina* sobre cultivos de *A. minutum*. Nuestros resultados confirmaron el impacto negativo de *Z. marina*, llegando incluso a causar la inhibición completa del crecimiento del dinoflagelado a concentraciones elevadas de los extractos (realistas en el medio natural) (Díaz-Alonso et al., 2024).

Más allá de este primer experimento, se estudiaron las posibles diferencias entre exudados obtenidos a lo largo de distintas épocas del año y zonas del intermareal.

Para ello, se realizaron numerosos bioensayos combinando ambos factores, estimando la abundancia de *A. minutum* a lo largo de 10 días. En este caso, el efecto inhibitorio de *Z. marina* se observó en un 96 % de los experimentos. Los extractos de las hojas recogidas en la zona superior del intermareal fueron más perjudiciales para el dinoflagelado, al igual que aquellos obtenidos durante el otoño. Estos resultados se interpretaron en función del estrés ambiental al que están expuestas las plantas,

asociado con la emersión y los cambios ligados a su crecimiento estacional (Díaz-Alonso et al. 2026).

Varias cuestiones quedan abiertas. En primer lugar, confirmar si los resultados de laboratorio pueden reproducirse en muestras naturales de la propia ría de Vigo. Sobre esto existen evidencias prometedoras en estudios realizados en otras regiones del mundo.

Otros aspectos que deben estudiarse son conocer si las bacterias asociadas a *Z. marina* desempeñan algún papel en el efecto negativo de los extractos de las hojas e identificar cuáles son las sustancias químicas responsables (producidas por *Z. marina* o por dichas bacterias).

Referencias

Ben-Gigirey, B., Rossignoli, A. E., Riobó, P., & Rodríguez Hernández, F. J. 2020. First report of paralytic shellfish toxins in marine invertebrates and fish in Spain. Toxins, 12:723.

Díaz-Alonso, A., Rodríguez, F., Riobó, P., Álvarez-Salgado, X., Teira, E., Fernández, E. 2024. Response of the toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum* to exudates of the eelgrass *Zostera marina*. Harmful Algae, 133: 102605.

Díaz-Alonso, A., Rodríguez, F., Pastoriza, J., Bhickta, C., Schwab, Y., Zubía, E., Álvarez-Salgado, X.A., Teira, E., Fernández, E. 2026. Seasonal and spatial variability of the deleterious Effect of *Zostera marina* exudates on the toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum*. Marine Ecology Progress Series, 791:meps15188.

Rey V., Rossignoli A.E., Rodríguez F., Blanco J., Garrido S., Ben-Gigirey B. 2025. Evaluation of the prevalence of Paralytic Shellfish Toxins in non-traditional vectors and potential health risks associated to their consumption. Food Control, 176:111351.

Agradecimientos

A todos los participantes del proyecto BIOTOX por la recogida de muestras y el trabajo analítico. A la tripulación de los buques R/V Mytilus y R/V Kraken por su asistencia en el trabajo en el mar. El proyecto fue financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (PID2021-125643OB-C21 y PID2021-125643OB-C22).