

INTRODUCCIÓN

Las diatomeas son organismos eucariotas fotosintéticos responsables del 20% del total de la producción primaria en la Tierra [1]. En nuestras latitudes, estos organismos producen floraciones estacionales o "blooms" en áreas costeras. Tras estos fenómenos, existe una elevada sedimentación de estos organismos al lecho marino [2, 3], muchos de los cuales sobreviven en estados de latencia en ese entorno de oscuridad. En las últimas décadas, se ha visto que diferentes especies de diatomeas son capaces de producir en el desarrollo de estas floraciones, un tipo de moléculas bioactivas llamadas **aldehídos poliinsaturados (PUA)** [4]. El papel que estas sustancias juegan en el océano es todavía objeto de estudio, si bien, se les atribuyen importantes funciones ecológicas en los ecosistemas costeros [4, 5, 6]. En este trabajo hemos querido analizar cuál sería el **efecto de periodos prolongados de oscuridad en la producción de PUAs** de una especie de diatomea costera típica y productora de estas sustancias, en concreto, la especie *Cyclotella cryptica*.

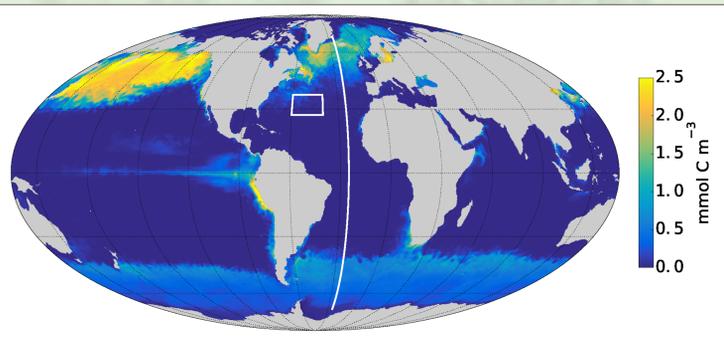


Figura 1: Mapa de distribución oceánica de diatomeas durante la primavera boreal, fuente: MIT Center for Global Change Science.

MATERIAL Y MÉTODOS

Condiciones de cultivo Control

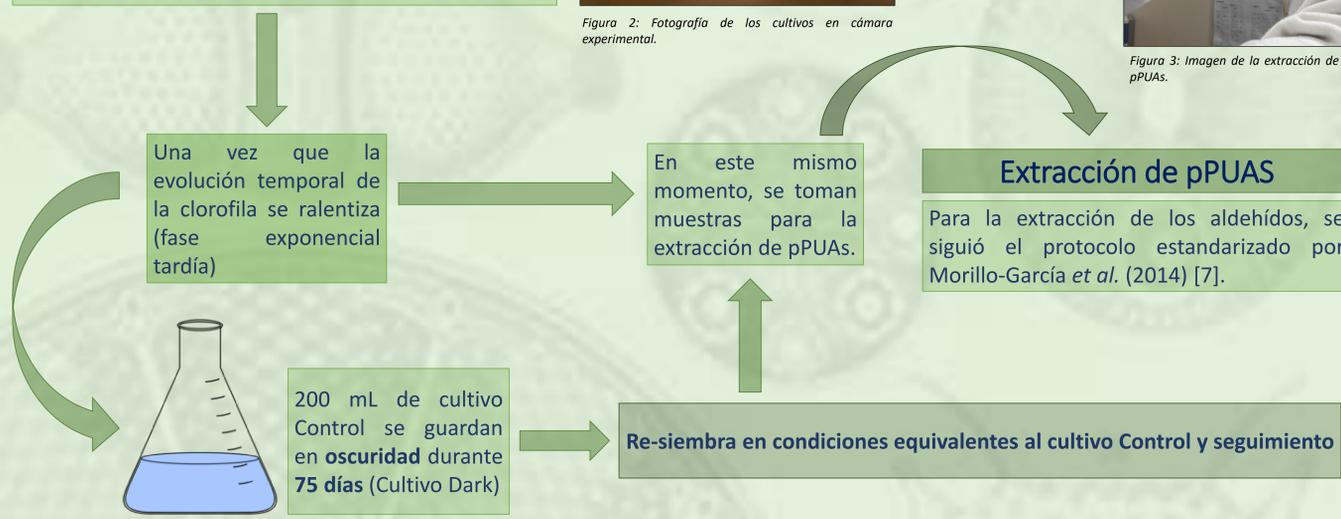
- Cultivo en cámara de ambiente controlado (20°C, 14-10 horas luz-oscuridad, 58 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, con aireación continua).
- Nutrientes añadidos: F/2 enriquecido + Si.
- Seguimiento diario del estado fisiológico de las células en PhytoPAM (fluorímetro de clorofila de excitación múltiple).



Figura 2: Fotografía de los cultivos en cámara experimental.



Figura 3: Imagen de la extracción de pPUAs.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

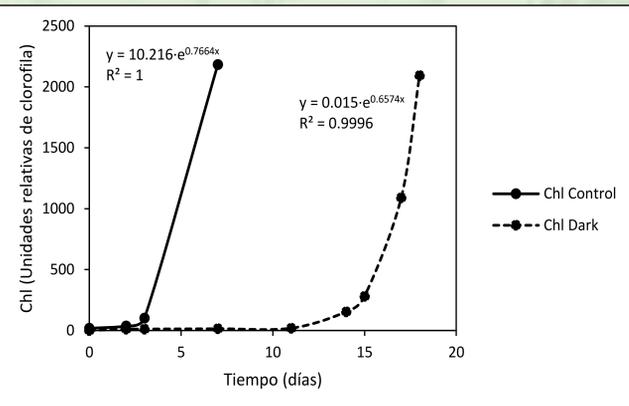


Figura 4: Evolución temporal de la concentración de clorofila a (Chl) en los cultivos de *Cyclotella cryptica* en las condiciones ensayadas.

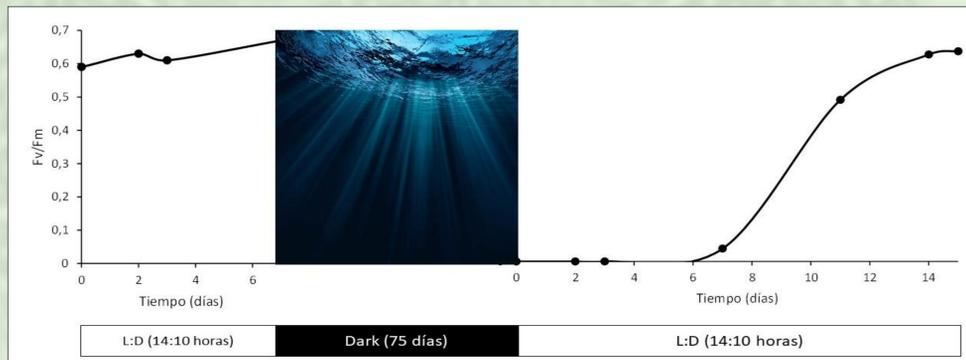


Figura 5: Evolución temporal del rendimiento cuántico (Fv/Fm) de las células durante todo el estudio. L:D (14:10 horas) hace referencia a las condiciones diarias de luz-oscuridad de la cámara de ambiente controlado en la que se encuentran los cultivos.

Cyclotella cryptica tras 75 días en oscuridad:

- Alcanza una concentración de clorofila similar a la del cultivo Control (Figura 4).
- Hay un periodo de latencia con una duración de, aproximadamente, 6 días y medio (Figura 5).
- El rendimiento cuántico (Fv/Fm) de las células tras la re-siembra alcanza un nivel similar al de las células del cultivo Control (Figura 5 y 6).
- Mantiene la capacidad de producir los mismos tipos de PUAs (Figura 7 y Tabla 1).
- La cantidad de aldehídos producidos es mayor en las algas que han estado sometidas a un periodo de oscuridad frente a las que no ha estado sometidas a este periodo (Figura 7 y Tabla 1).

Tabla 1: Concentración de aldehídos poliinsaturados particulados (pPUAs; nM) en las condiciones ensayadas, siendo HD: 2E,4E-Heptadienal; OD: 2E,4E/Z-Octadienal; DT: 2E,4Z,7Z-Decatrienal; DD: 2E,4E/Z-Decadienal.

Concentración (nM)	HD	OD	DT	DD
Control	4.39 ± 2.63	3.10 ± 0.70	1.05 ± 0.22	0.82 ± 0.22
Dark	14.46 ± 0.32	6.37 ± 1.92	1.01 ± 0.08	0.78 ± 0.09

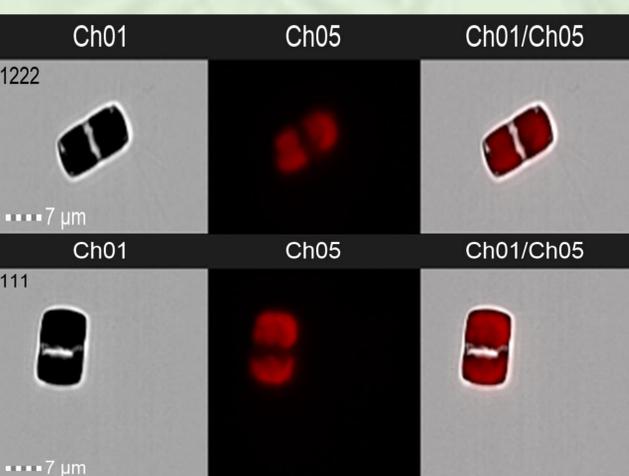


Figura 6: Microfotografías obtenidas mediante citometría/microscopía combinada (Image StreamX MKII) de *Cyclotella cryptica*. Ch01 muestra una célula a 60 x aumentos. Ch05 muestra la autofluorescencia de la Chl a. Ch1/Ch5 muestra la imagen combinada procesada con el Software INSPIRE (ISX).

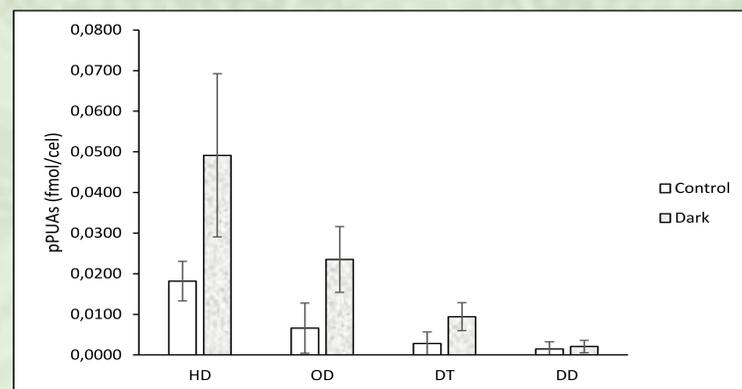


Figura 7: Concentración de aldehídos poliinsaturados particulados (pPUAs) producidos por unidad de célula en el cultivo Control y en el cultivo Dark, siendo HD: 2E,4E-Heptadienal; OD: 2E,4E/Z-Octadienal; DT: 2E,4Z,7Z-Decatrienal; DD: 2E,4E/Z-Decadienal.

Por consiguiente:

- El estrés fisiológico derivado de factores ambientales desencadena la producción de PUAs [8]. El periodo de oscuridad tiene un efecto sobre la producción de aldehídos, producen el mismo tipo, pero en mayor cantidad habiendo recuperado su actividad fotosintética.
- Una consecuencia ecológica del incremento de la producción de aldehídos tras el periodo de oscuridad, podría ser una mayor capacidad de desplazar organismos competidores debido al papel aleloquímico de estas sustancias [9].
- Los PUAs tienen efectos teratogénicos sobre las especies del zooplancton [4]. Al aumentar la producción de estos compuestos tras el periodo de oscuridad, el efecto sobre los depredadores podría ser mayor.
- Aumenta la cantidad de carbono orgánico disuelto en el medio al incorporarse una mayor cantidad de aldehídos tras el periodo de oscuridad, lo que supondría un mayor crecimiento de las bacterias heterótrofas que conviven con las células de *Cyclotella cryptica* [10].

CONCLUSIONES

- *Cyclotella cryptica* tiene la capacidad de sobrevivir durante prolongados periodos de oscuridad.
- *Cyclotella cryptica* es capaz de re-florar sin verse mermadas su capacidad fotosintética tras 75 días en oscuridad.
- La oscuridad tiene un efecto estimulador en la producción de PUAs en las células expuestas a estas condiciones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto "Ficoexplora" (Ref. RTI2018-101272-B-100: Proyectos I+D+i – Retos Investigación 2018).



REFERENCIAS

- [1] Falkowski, P. G., Barber, R. T., & Smetacek, V. (1998). Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production. *science*, 281(5374), 200–206. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.281.5374.200>
- [2] Bienfang, P. K., Harrison, P. J., & Quarmby, L. M. (1982). Sinking rate response to depletion of nitrate, phosphate and silicate in four marine diatoms. *Marine Biology*, 67(3), 295–302. <https://doi.org/10.1007/BF00397670>
- [3] Smetacek, V. S. (1985). Role of sinking in diatom life-history cycles: ecological, evolutionary and geological significance. *Marine Biology* 1985 84:3, 84(3), 239–251. <https://doi.org/10.1007/BF00392493>
- [4] Miralto, A., Barone, G., Romano, G., Poulet, S. A., Ianora, A., Russo, G. L., Buttino, I., Mazzarella, G., Laabir, M., Cabirini, M., & Giacobbe, M. G. (1999). The insidious effect of diatoms on copepod reproduction. *Nature*, 402(6758), 173–176. <https://doi.org/10.1038/46023>
- [5] Caldwell, G. S. (2009). The influence of bioactive oxylipins from marine diatoms on invertebrate reproduction and development. *Marine Drugs* 2009, Vol. 7, Pages 367–400, 7(3), 367–400. <https://doi.org/10.3390/MD7030367>
- [6] Vardi, A., Formiggini, F., Casotti, R., de Martino, A., Ribalet, F., Miralto, A., & Bowler, C. (2006). A stress surveillance system based on calcium and nitric oxide in marine diatoms. *PLOS Biology*, 4(3), e60. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PBIO.0040060>
- [7] Morillo-García, S., Valcafel-Pérez, N., Cózar, A., Ortega, M. J., Maciás, D., Ramírez-Romero, E., García, C. M., Echevarría, F., & Bartual, A. (2014). Potential polyunsaturated aldehydes in the strait of gibraltar under two tidal regimes. *Marine Drugs* 2014, Vol. 12, Pages 1438–1459, 12(3), 1438–1459. <https://doi.org/10.3390/MD12031438>
- [8] Ribalet, F., Wichard, T., Pohnert, G., Ianora, A., Miralto, A., & Casotti, R. (2007). Age and nutrient limitation enhance polyunsaturated aldehyde production in marine diatoms. *Phytochemistry*, 68(15), 2059–2067. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.05.012>
- [9] Vidoudez, C., & Pohnert, G. (2008). Growth phase-specific release of polyunsaturated aldehydes by the diatom *Skeletonema marinoi*. *Journal of Plankton Research*, 30(11), 1305–1313. <https://doi.org/10.1093/PLANKT/FBN085>
- [10] Balestra, C., Alonso-Sáez, L., Gasol, J. M., & Casotti, R. (2011). Group-specific effects on coastal bacterioplankton of polyunsaturated aldehydes produced by diatoms. *Aquatic Microbial Ecology*, 63(2), 123–131. <https://doi.org/10.3354/AME01486>
- Imágenes de fondo: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Haeckel_Diatomea_4.jpg / <https://www.robotitus.com/cosas-que-debes-saber-sobre-las-increibles-diatomeas>