

¿FOTOSÍNTESIS EN ANIMALES?

M. en C. Ignacio Martínez y Dra. Marta Elena Castro Manreza

1 Departamento de inmunología, Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM.

2 Laboratorio de Inmunología y Células Troncales, Unidad Multidisciplinaria de Investigación Experimental Zaragoza, FES-Zaragoza, UNAM.

*Correo de autor de correspondencia: imm@iibiomedicas.unam.mx

<https://doi.org/10.32399/CIBIOS-BU AP.fcb.2954-5218.2025.4.11.14>

En términos extremadamente generales los seres vivos pueden organizarse en dos grandes grupos: los autótrofos (aquellos que producen su propio alimento), cuyos representantes más conocidos son las plantas; y los heterótrofos (aquellos que no producen su propio alimento y deben consumir a otros organismos). Sin embargo, existe un tercer grupo, menos numeroso, pero extraordinariamente interesante, que puede alimentarse de otros organismos, por lo que se comporta como heterótrofo, pero que, bajo ciertas circunstancias, puede volverse autótrofo y producir su propio alimento mediante el fenómeno de cleptoplastia.

La cleptoplastia es un evento natural por el cual algunas especies animales (heterótrofos) roban los cloroplastos de las plantas de las que se alimentan y los incorporan a las células de su intestino (Havurinne *et al.*, 2020). Los cloroplastos robados (llamados cleptoplastos) mantienen su capacidad fotosintética durante semanas o meses, lo cual permite que sus animales portadores puedan producir su propio alimento.

Se sabe que algunas especies de platelmintos marinos (*Baicallellia solaris* y *Pogaina paranygulus*) y babosas marinas del género *Elysia* (*E. chlorotica*, *E. timida*, *E. crispata* y *E. viridis*) tienen la habilidad de robar los cloroplastos de los organismos vegetales que consumen y usarlos en el proceso de fotosíntesis (Cartaxana *et al.*, 2019; Cartaxana *et al.*, 2017; Eastman *et al.*, 2023; Van Steenkiste *et al.*, 2019).

La mayor parte del conocimiento que se tiene hasta el momento proviene de las investigaciones realizadas en este último grupo de especies. Se sabe que, cuando estos animales se alimentan de macroalgas verdes, los cloroplastos se transportan a través del sistema digestivo, pero no se digieren como el resto del citosol, sino que las células epiteliales de las glándulas digestivas los fagocitan (se los tragan enteros) y son distribuidos al sistema digestivo y al resto del organismo. La presencia de estos organelos permite que las babosas marinas adquieran un color verde de diferentes tonalidades, de acuerdo al alimento que ingieren (Figura 1).

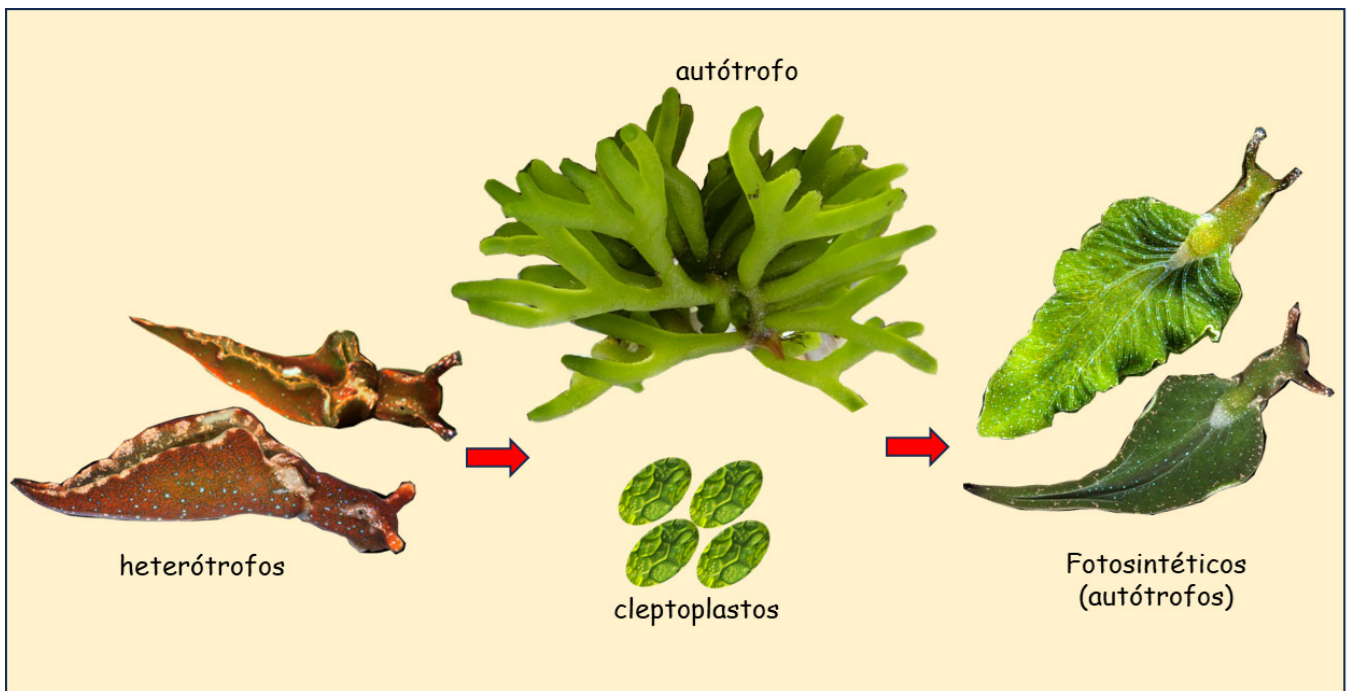


Figura 1. Las especies del género *Elysia* se alimentan de algas verdes de las cuales roban los cloroplastos, ello les permite realizar la fotosíntesis y les da un color verde de diferentes tonalidades, de acuerdo al alimento que ingieren (Imagen por Ignacio Martínez, 2025).

Ahora bien, los cloroplastos en su ambiente natural requieren algunos compuestos inorgánicos y proteínas codificadas en el núcleo vegetal para funcionar, Sin embargo, al ser incorporados en el citoplasma de *Elysia*, dichas proteínas están ausentes y a pesar de ello los cleptoplastos se mantienen funcionales. Algunas investigaciones han planteado que cuando las especies de *Elysia* incorporan estos organelos en el citoplasma de sus células intestinales (Havurinne *et al.*, 2020) se induce la expresión de diversos genes que codifican proteínas importantes para el metabolismo de azúcares, iones (Mg, Zn) y producción de energía, que pueden desempeñar un papel en la retención de los cleptoplastos funcionales (Eastman *et al.*, 2023).

La actividad fotosintética de los cleptoplastos también genera un incremento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), que podrían afectar la síntesis de proteínas y dañar al ADN de las células huésped no fotosintéticas. Sin embargo, se ha demostrado que algunas especies de *Elysia* compensan este desbalance redox incrementando la abundancia de proteínas relacionadas con la regulación negativa de ROS y con los procesos metabólicos destinados a eliminarlas (Eastman *et al.*, 2023). Asimismo, algunas

especies han desarrollado mecanismos de fotoinactivación para adaptarse a las nuevas condiciones (Cartaxana *et al.*, 2019).

Llegados a este punto, la pregunta obligada es ¿para qué quiere un organismo heterótrofo la capacidad de fotosintetizar? La respuesta parece simple: la capacidad de fotosintetizar les permite reducir la pérdida de peso durante la escasez de alimentos, mantener su crecimiento y conservar parte de su capacidad reproductiva, (Baumgartner *et al.*, 2015; Cartaxana *et al.*, 2021; Cartaxana *et al.*, 2017).

Estudios recientes han demostrado que las babosas marinas conservan una actividad fotosintética similar a sus respectivas algas alimenticias. Sin embargo, no todos los mecanismos fotosintéticos de las algas se mantienen en todas las especies de *Elysia*. Esto sugiere que la funcionalidad de los cleptoplastos depende de su origen y de lo bien que se adapten a la especie de babosa marina que los incorpora (Morelli *et al.*, 2023).

Finalmente, ¿podrían otros organismos, como los mamíferos, realizar un proceso similar algún día? Parece ficción, pero en noviembre de 2024 un grupo de investigadores japoneses, liderado por el Dr. Sachihito Mat-

sunaga, publicó los resultados de una investigación en la cual aislaron cloroplastos del alga *Cyanidioschyzon merolae* y los usaron para “alimentar” a células de ovario de hámster (línea celular CHO-K1). Sus resultados indican que los cloroplastos “ingeridos” se localizaron alrededor de las mitocondrias y conservaron su capacidad fotosintética durante 2 días (Aoki *et al.*, 2024). Quizá, en el futuro, se logre encontrar cloroplastos compatibles con células de mamífero, capaces de mantener la actividad fotosintética por largo tiempo. Los primeros pasos ya se han dado.

ght reactions of the chloroplasts they steal from algae. *Elife*, 9, e57389. doi: 10.7554/eLife.57389.

Morelli, L., Cartaxana, P., & Cruz, S. (2023). Food shaped photosynthesis: Photophysiology of the sea slug *Elysia viridis* fed with two alternative chloroplast donors. *Open Res Eur*, 3, 107. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.16162.2>

Van Steenkiste, N. W. L., Stephenson, I., Herranz, M., Husnik, F., Keeling, P. J., & Leander, B. S. (2019). A new case of kleptoplasty in animals: Marine flatworms steal functional plastids from diatoms. *Sci Adv*, 5(7), eaaw4337. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw4337>

Referencias consultadas

Aoki, R., Inui, Y., Okabe, Y., Sato, M., Takeda-Kamiya, N., Toyooka, K.,...Matsunaga, S. (2024). Incorporation of photosynthetically active algal chloroplasts in cultured mammalian cells towards photosynthesis in animals. *Proc Jpn Acad Ser B Phys Biol Sci*, 100(9), 524-536. <https://doi.org/10.2183/pjab.100.035>

Baumgartner, F. A., Pavia, H., & Toth, G. B. (2015). Acquired phototrophy through retention of functional chloroplasts increases growth efficiency of the sea slug *Elysia viridis*. *PLoS One*, 10(4), e0120874. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120874>

Cartaxana, P., Morelli, L., Jesus, B., Calado, G., Calado, R., & Cruz, S. (2019). The photon menace: kleptoplast protection in the photosynthetic sea slug *Elysia timida*. *J Exp Biol*, 222(Pt 12). <https://doi.org/10.1242/jeb.202580>

Cartaxana, P., Rey, F., LeKieffre, C., Lopes, D., Hubas, C., Spangenberg, J. E.,...Cruz, S. (2021). Photosynthesis from stolen chloroplasts can support sea slug reproductive fitness. *Proc Biol Sci*, 288(1959), 20211779. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1779>

Cartaxana, P., Trampe, E., Kühn, M., & Cruz, S. (2017). Kleptoplast photosynthesis is nutritionally relevant in the sea slug *Elysia viridis*. *Sci Rep*, 7(1), 7714. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08002-0>

Eastman, K. E., Pendleton, A. L., Shaikh, M. A., Suttiyut, T., Ogas, R., Tomko, P.,...Wisecaver, J. H. (2023). A reference genome for the long-term kleptoplast-retaining sea slug *Elysia crispata* morphotype clarki. *G3 (Bethesda)*, 13(12). <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkad234>

Havurinne, V., Tyystjärvi, E. (2020). Photosynthetic sea slugs induce protective changes to the li-