

La luz en el mar

La luz del sol penetra dentro del mar y es absorbida por el agua. Dependiendo de la turbidez del agua —dada por la cantidad de partículas que hay en ella—, será absorbida más o menos rápidamente: cuanto más turbia es el agua, más rápidamente se absorbe la luz. Las acumulaciones de fitoplancton y de zooplancton también tienen un efecto de reducción de la zona iluminada, puesto que ellos mismos constituyen partículas que absorben la luz.



Una manera de medir la profundidad de esta zona iluminada, o fótica, es mediante un disco de Secchi. Se trata de una sencilla forma de saber hasta dónde llega la luz en una masa de agua: se sumerge un disco de color blanco, de unos 30 cm como mínimo de diámetro, enganchado a un peso y a una cuerda donde está marcado cada metro, hasta que el disco ya no se puede ver; entonces se recoge el disco y se van contando las marcas correspondientes a cada metro de la cuerda, que darán la profundidad aproximada de la zona iluminada.



Fig. 1. Disco de Secchi, que permite estimar la profundidad de la zona fótica.

Penetración de la luz en el mar

La luz solar contiene una mezcla de longitudes de onda, desde las largas longitudes de onda del rojo hasta las cortas del color violeta. Las diferentes longitudes de onda de la luz solar son absorbidas a diferentes profundidades, en el océano. Por ejemplo, casi toda la luz roja se absorbe en los primeros 10 m de profundidad, y el naranja y el amarillo no suelen llegar a los 30 m. Esto quiere decir que, por ejemplo, los organismos rojos parecen negros por debajo de los 10 m. La luz verde puede penetrar hasta más de 50 m, aproximadamente; y la luz azul, hasta unos 200 m. El fitoplancton, como contiene clorofila, absorbe las partes azul y roja del espectro luminoso y refleja la luz verde.

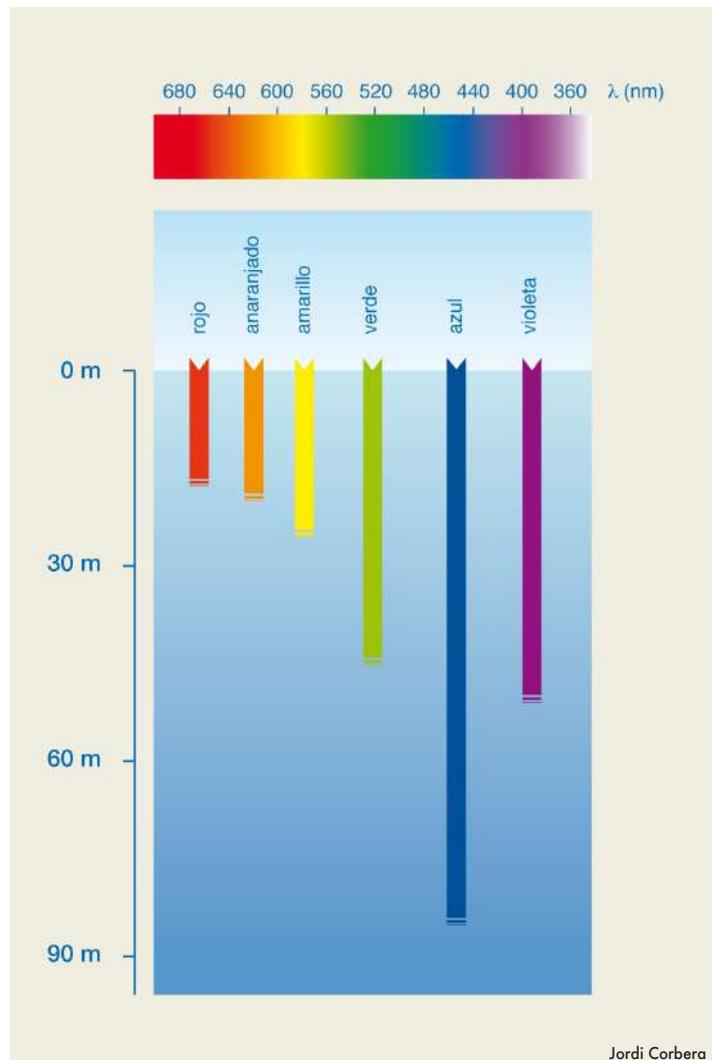


Fig. 2. Esquema que muestra la extinción de distintos tipos de luz en el mar.

La zona fótica

La capa de agua comprendida entre la superficie del mar y la profundidad hasta donde llega la luz se denomina *zona fótica*; por tanto, es la zona iluminada del mar. Podemos decir, en general, que la capa fótica suele considerarse la zona que hay entre la superficie del agua y unos 200 m de profundidad, a pesar de que a veces será menor y a veces será mayor. Solo el 1 % de la luz que incide sobre la superficie del mar llega a los 200 m de profundidad.

Dado que los organismos fotosintéticos necesitan luz para vivir, se acumulan en las capas iluminadas y más cálidas de los mares y océanos, con lo que la mayor parte de la producción primaria marina se da dentro de esta zona fótica. Es decir, la luz condiciona el desarrollo y la distribución

de los organismos fotosintéticos en el mar. Como el fitoplancton es la base de la mayoría de las cadenas tróficas marinas, podemos decir que la zona fótica sostiene la mayor parte de la vida marina. El fitoplancton permanece en esta capa tan superficial gracias a varios mecanismos que le permiten aumentar su flotabilidad.

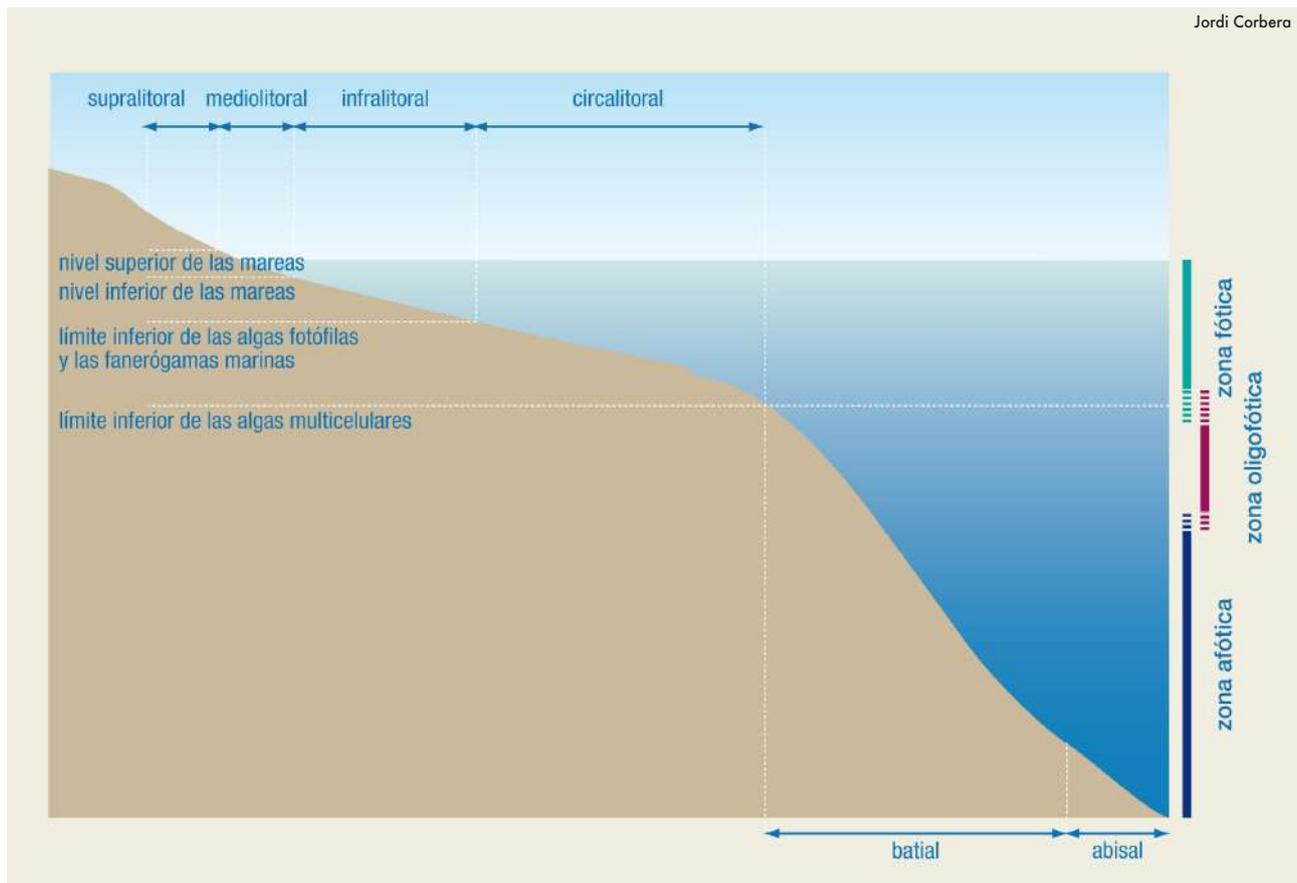


Fig. 3. Esquema de la subdivisión del mar en zonas distintas según la luz que reciben.

Hay una zona más profunda, llamada *oligofótica*, que comprende de los 200 a los 1000 m de profundidad, aproximadamente, no recibe suficiente luz para que los organismos puedan hacer la fotosíntesis, pero, en cambio, sí recibe suficiente luz para que la visión todavía sea el sistema de orientación más empleado. Así pues, en esta zona, los animales ven y son vistos, por lo que encontramos numerosas relaciones de depredación y de huida de los depredadores. Entre las estrategias que adoptan muchos de los organismos para no ser vistos, hallamos la de ser transparentes, reflectores de la luz o muy delgados. En cambio, para ver mejor, numerosos animales presentan grandes ojos que les permiten la visión en esta zona menos iluminada. Muchos de los animales que viven en esta zona suben hacia la zona fótica cuando se hace de noche. Esto implica la migración diaria

de, aproximadamente, el 30 % de la biomasa marina —¡millones de toneladas de animales!— entre estas dos zonas. Los pequeños organismos planctónicos recorren solo unos 20 m, pero los animales más grandes, siguiendo sus fuentes de alimento, pueden subir y bajar unos 600 m a diario en la columna de agua.

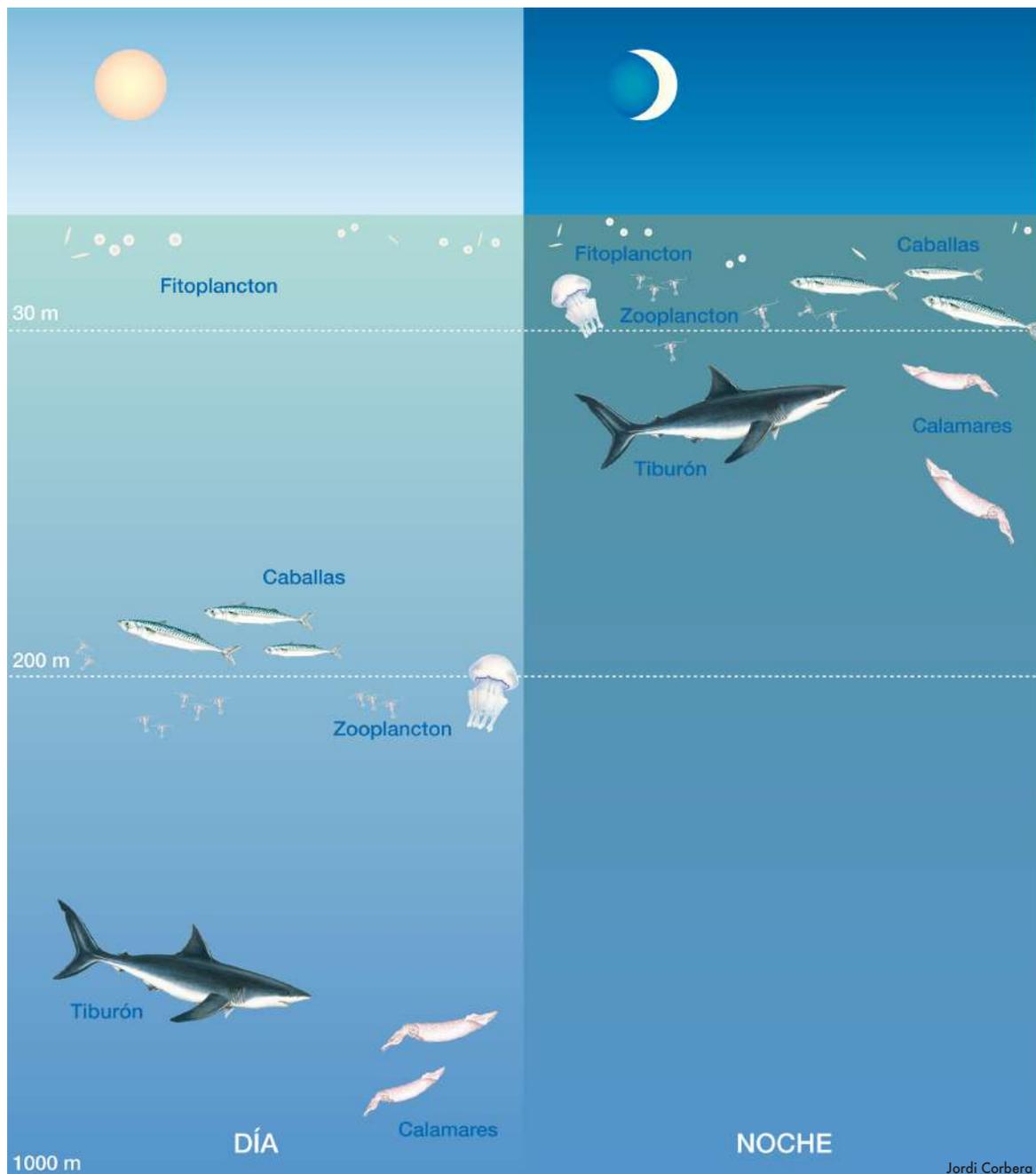


Fig. 4. Cada día numerosos organismos realizan migraciones verticales; algunos se desplazan hacia la superficie desde grandes y oscuras profundidades y vuelven posteriormente a estas.

La zona afótica

El hecho de que la zona fótica sea tan solo una pequeña capa superficial implica que la mayor parte de los océanos se encuentra en oscuridad perpetua. La *zona afótica* comprende las profundidades superiores a 1000 m. Tanto a grandes profundidades como en lugares no iluminados o algunas cuevas, los productores primarios que podemos encontrar no son fotosintéticos, sino quimiosintéticos.

En los ambientes de penumbra, la capacidad de los organismos para generar luz puede tener un papel importante como mecanismo para atraer presas o, todo lo contrario, despistar a los depredadores. Igualmente, en estos ambientes, los organismos presentan mecanismos de orientación que no son visuales. En los ambientes profundos, la presión es alta y el alimento escasea. Los animales que viven ahí están adaptados a estas condiciones: tienen los cuerpos llenos de líquido, lo que hace que no se compriman por efecto de la presión; los peces suelen carecer de vejiga natatoria funcional, se desplazan poco y así no derrochan energía en este ambiente con tan poco alimento; además, muchos tienen grandes bocas con potentes dientes, o presentan mecanismos de atracción de presas —muchos usan mecanismos de bioluminiscencia— o de detección de estas.



Fig. 5. Los rapas (*Lophius* sp.) pueden vivir en zonas profundas de la plataforma, donde la luz no llega; tienen una boca súper grande, y un señuelo con el cual atraen las presas.



Fig. 6. ← En los lugares bien iluminados se desarrollan numerosos organismos fotófilos, como las algas. → En la zona afótica reina la oscuridad (la luz ambiental de la fotografía la proporcionan los focos de los vehículos submarinos).

A pesar de que en las grandes profundidades solo llega aproximadamente un 5 % o menos de la producción primaria producida en la superficie, en estas zonas hay ambientes con productores primarios quimiosintéticos, como los que habitan los ambientes cercanos a las fuentes hidrotermales submarinas.

Pigmentos que captan la luz: fotosíntesis y visión

Existen varios tipos de pigmentos sensibles a la luz, entre los cuales encontramos las clorofilas y las rodopsinas.

Los organismos que realizan la fotosíntesis cuentan con diferentes pigmentos que captan la luz dentro de sus células o dentro de orgánulos celulares especializados. Estos pigmentos captan la radiación de cierta longitud de onda, lo que permite a los organismos fotosintetizadores sintetizar carbohidratos a partir de CO_2 y agua, y expulsar O_2 . Entre los pigmentos fotosintéticos encontramos diferentes tipos de clorofila y bacterioclorofila, y otros pigmentos, como las xantofilas, las ficobilinas y las ficocianinas. Algunos de estos pigmentos tienen un efecto protector de la radiación solar, puesto que ciertos tipos de radiación o un exceso de las mismas pueden ser mortales para numerosos organismos fotosintéticos marinos.

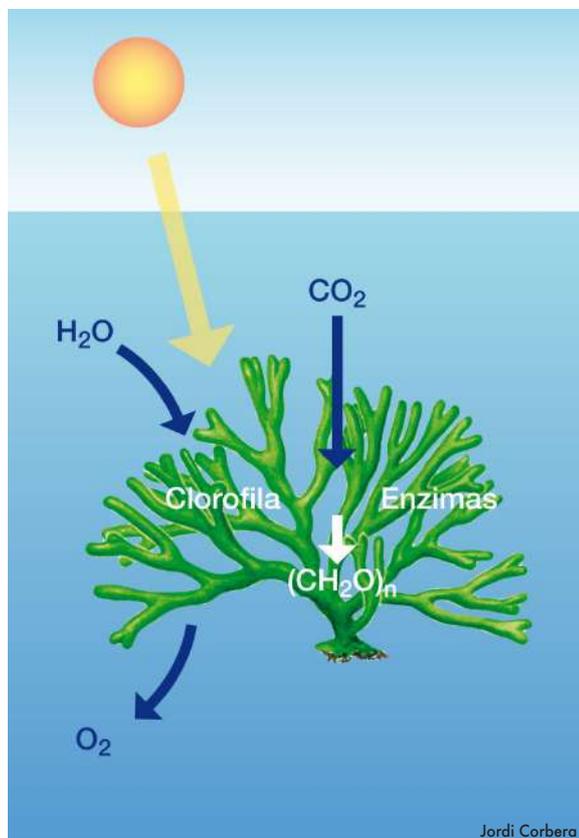


Fig. 7. ← Representación esquemática de la fotosíntesis por parte de un alga. ↑ El color de estas algas verdes es dado por la predominancia de la clorofila entre sus pigmentos fotosintéticos.

La rodopsina es un pigmento visual que se encuentra en los bastoncillos de los ojos de los vertebrados. Es un pigmento fotorreceptor, responsable de la visión en condiciones de baja luminosidad. Hay otros tipos de pigmentos visuales, algunos de los cuales se encuentran en los conos de los ojos de los vertebrados.

En función del tipo de ojo o de sistema fotorreceptor, los animales adoptan diferentes tipos de visión y presentan diferente sensibilidad a la luz.

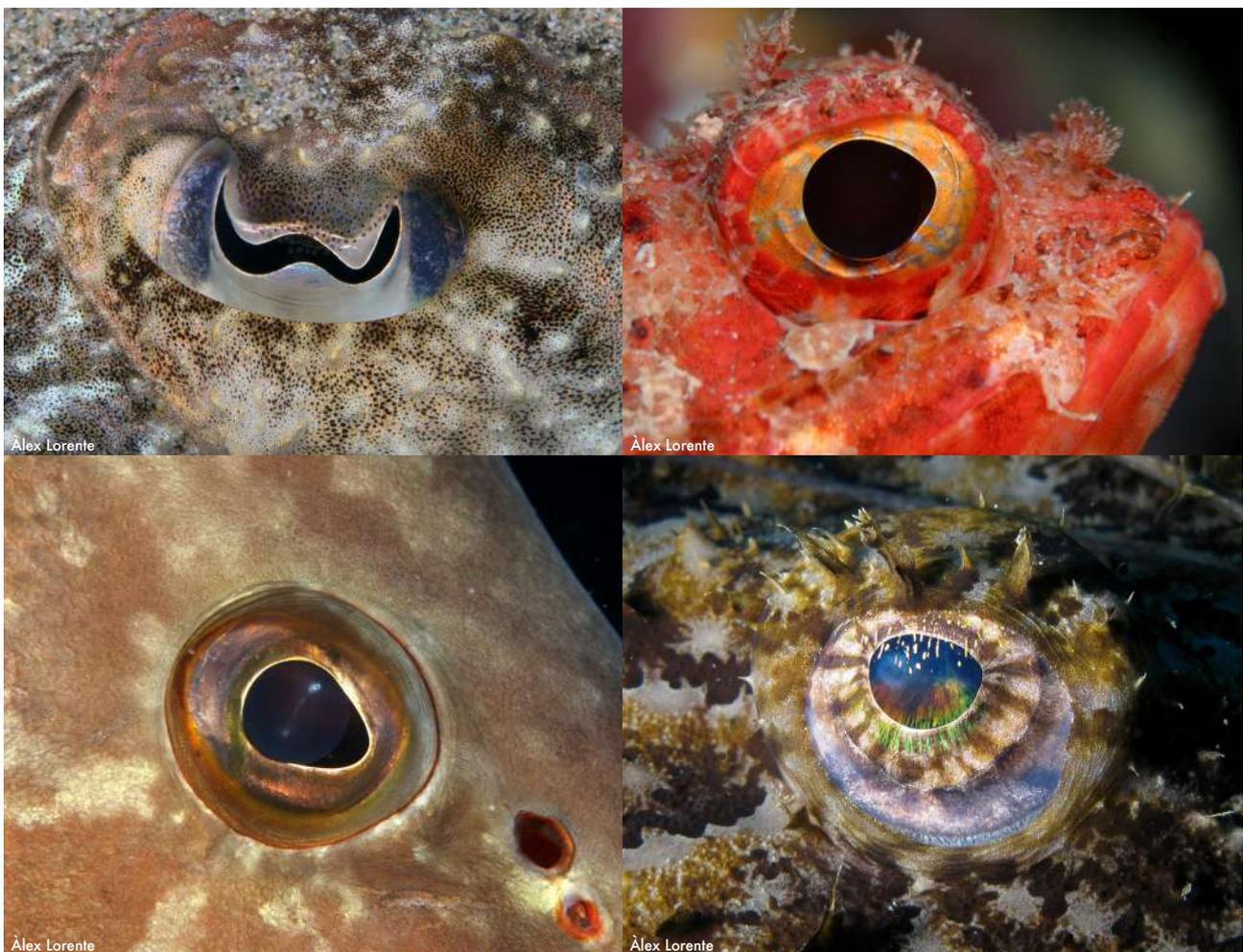
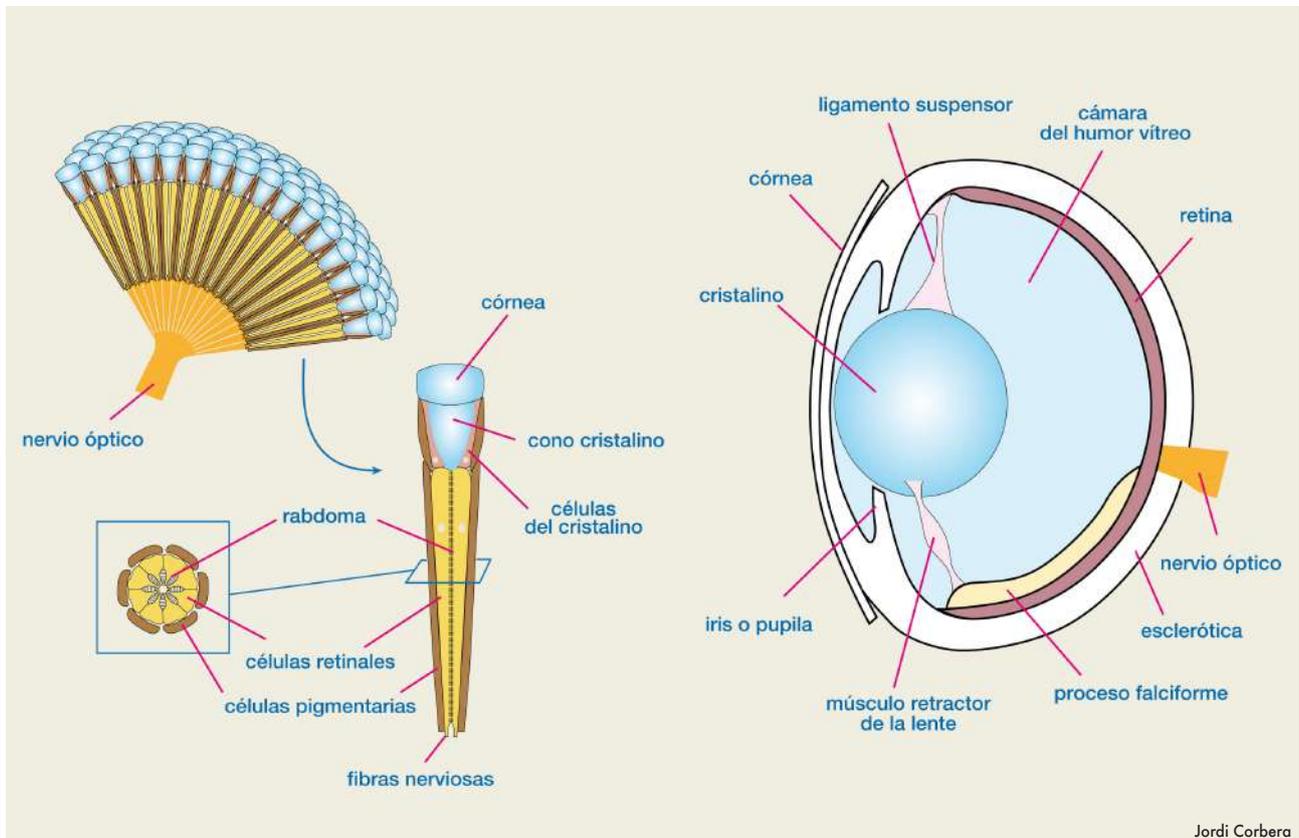


Fig. 8. ↑ Ojo complejo de invertebrado: sepia (*izq.*), y ojos de vertebrados: escórpora (*der.*), ↓ mero (*izq.*) y rape (*der.*).

Los *omatidios* están formados por células fotorreceptoras que pueden discernir entre la presencia y la carencia de luz, y a veces incluso distinguir colores. Un conjunto de *omatidios* forma los ojos compuestos de algunos invertebrados, como los crustáceos.



Jordi Corbera

Fig. 9. Los ojos compuestos están formados por distintos omatidios (*izq.*), y son muy diferentes de los ojos de los vertebrados (*der.*).

Los *ocelos* u *ojos simples* son pequeñas estructuras fotorreceptoras que funcionan como órganos de la visión en numerosos animales, como los cnidarios.

Los ocelos y otras estructuras fotorreceptoras permiten a los animales que las poseen tener reacciones a la luz. Cuando estas reacciones provocan una huida de la luz, como en el caso de las ofiuras, por ejemplo, llamamos a estos animales *esciófilos*; en el caso contrario, de atracción hacia la luz, hablamos de animales *fotófilos*.

Los movimientos de los animales que tienen que ver con su reacción a la luz se denominan *de fotocinesis*.

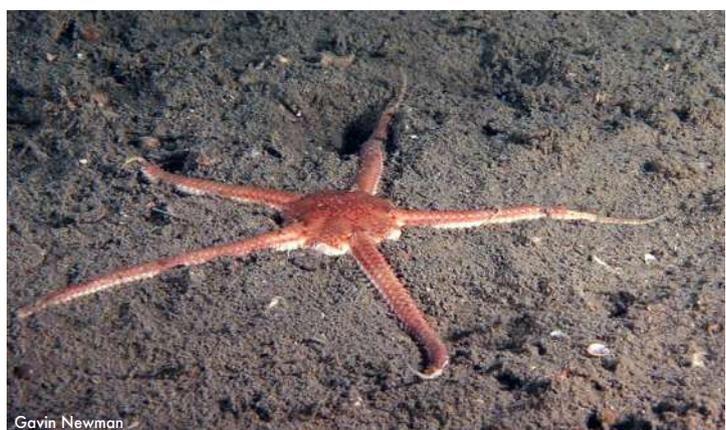


Fig. 10. Los ofiuroideos son organismos esciófilos, es decir, huyen de la luz.

En la zona fótica, numerosos organismos se basan en la visión y, por lo tanto, en la captación de luz, para detectar a sus presas o sus depredadores. Por ello, muchos han adoptado estrategias para pasar más desapercibidos, mimetizándose con el medio en el que viven.

La bacteriorodopsina es una proteína que capta la luz, y es empleada por las arqueas.



Fig. 11. El mimetismo es una buena estrategia para pasar desapercibido a ojos de los depredadores.

Ritmos circadianos o nictimerales

Debido a la rotación de la Tierra, la intensidad de la luz que llega a su superficie sufre una variación diaria, a la que los organismos han adaptado sus ritmos biológicos o circadianos. Los *ritmos circadianos* son oscilaciones de las variables biológicas a intervalos regulares de tiempo, que probablemente presentan todos los tipos de organismos, y que suelen estar asociados a cambios ambientales rítmicos. Estos ritmos pueden ser modificados si las condiciones ambientales varían, a pesar de que existe un ritmo básico interno de los organismos.

Entre los ritmos circadianos más conocidos figuran los ciclos de luz. En los organismos que viven en zonas iluminadas, este ritmo es muy patente: encontramos animales que son más diurnos; otros, más nocturnos; y otros que varían su posición dentro de la columna de agua en función de las horas del día.

En los vertebrados, por ejemplo, un pigmento ganglionar llamado *melanopsina* contribuye a aportar información al cerebro sobre los ciclos de luz y oscuridad. De este modo, las variaciones diarias de luz influyen en la fisiología de numerosos animales —haciendo variar su ritmo respiratorio, cardíaco y el metabolismo en general.

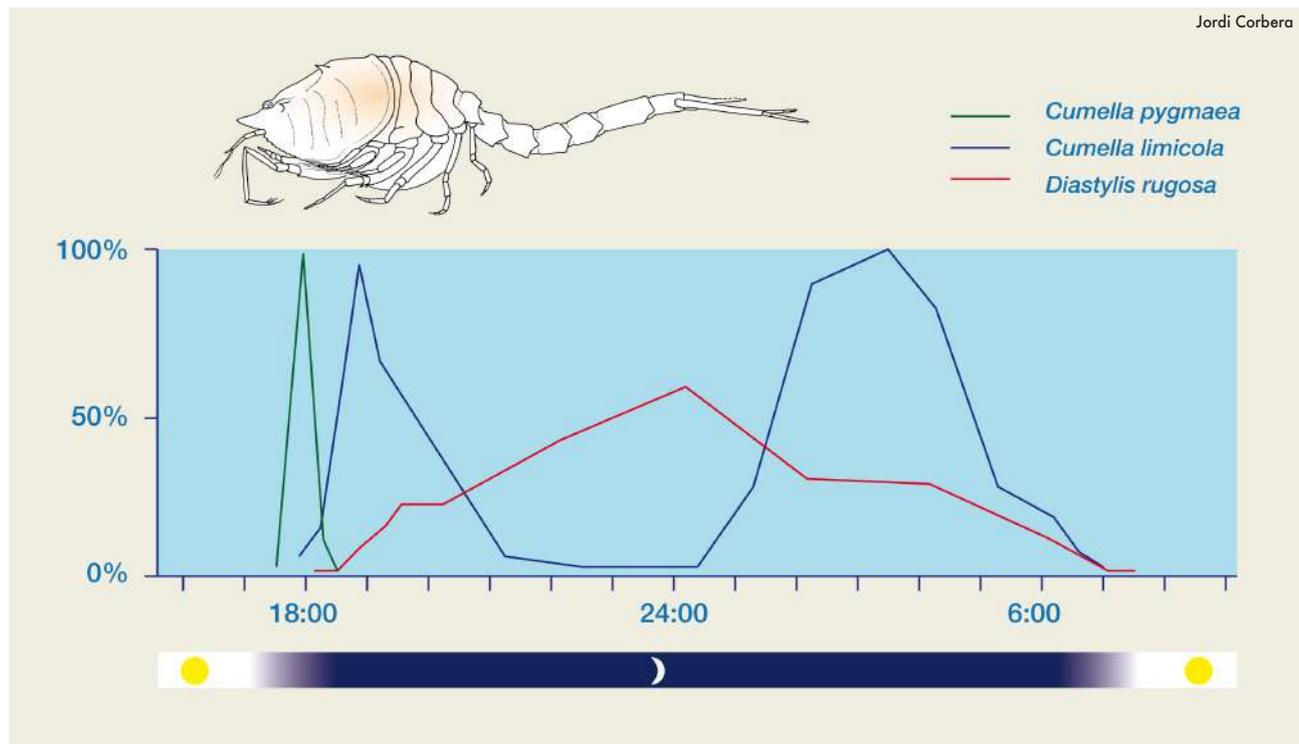


Fig. 12. Representación del ritmo circadiano de tres especies de crustáceos cumáceos. El % indica el porcentaje de individuos capturados en superficie, una medida indirecta para saber a qué «horas» migran hacia la superficie.

Bioluminiscencia

Hay organismos que tienen la capacidad de generar luz —se dice que tienen *bioluminiscencia*—. A pesar de que en el medio terrestre hay muy pocos animales capaces de producir esta luz fría, en el medio marino tienen esta capacidad numerosos organismos, entre los cuales encontramos, por ejemplo, peces, bacterias, dinoflagelados, crustáceos, cnidarios, moluscos y equinodermos. La gran mayoría usa esta luz como mecanismo de defensa —distrar a los depredadores, camuflarse, etc.), para encontrar o atraer presas y para reconocer a los individuos con los que se pueden reproducir. Por ejemplo, hay calamares que tienen el cuerpo cubierto de órganos luminiscentes y, además, segregan una tinta bioluminiscente; con ello, mientras huyen, desconciertan y despistan a sus depredadores.

Algunos peces usan la bioluminiscencia para comunicarse con otros individuos de su misma especie. Hay especies, como las de algunos calamares, gambas y gusanos, que expulsan secreciones

luminosas o se desprenden de partes luminosas de su cuerpo en presencia de depredadores, para que estas mantengan al depredador desconcertado mientras ellos huyen.

Algunos peces emiten luz enfocándola hacia el fondo, de forma que, vistos desde abajo, se confunden con el medio —emiten una luz similar a la que llega a la profundidad donde ellos se encuentran— y así pasan más desapercibidos a los depredadores.

Muchos cazadores de las grandes profundidades emplean la luz para atraer a sus presas, para lo cual suelen emplear señuelos luminosos; algunos rapas cazan de este modo, sirviéndose de una prolongación que tienen en la cabeza y que contiene bacterias luminosas.

Numerosos organismos planctónicos emiten luz cuando son perturbados momentáneamente. Por ello, durante la noche, a menudo las barcas en movimiento dejan una estela brillante a su paso. Muchos de estos organismos bioluminiscentes del plancton son dinoflagelados. Se cree que tienen esta capacidad para disuadir a los depredadores: con su luz atraen a los depredadores de sus propios depredadores, y de esta forma son menos depredados. A veces, se denomina *fosforescencia* a la luz emitida por el plancton.



Fig. 13. *Noctiluca* sp., un dinoflagelado planctónico que emite luz cuando es perturbado.

La bioluminiscencia se suele producir en células especializadas, los *fotocitos*, que se encuentran dentro de órganos luminosos, denominados *fotóforos* —pueden ser más o menos complejos—, pero que también pueden estar dispersados por partes del cuerpo o todo el cuerpo del organismo.

Hay organismos que contienen bacterias luminosas simbiotes en órganos especializados; estas bacterias son las que producen la luz y reciben del huésped protección y alimento. Numerosos peces y calamares presentan esta estrategia de producción de luz.

En la reacción química que produce la luz fría, la enzima luciferasa oxida una sustancia llamada *luciferina*, y en esta reacción se libera energía en forma de luz fría. La luz producida por los organismos suele ser de color azul verdoso, a pesar de que también puede ser amarilla, verde e incluso roja. Algunos peces de las zonas abisales emiten luz roja para iluminar a sus presas; esta luz suele ser invisible para la mayoría de los animales que viven en estas profundidades.

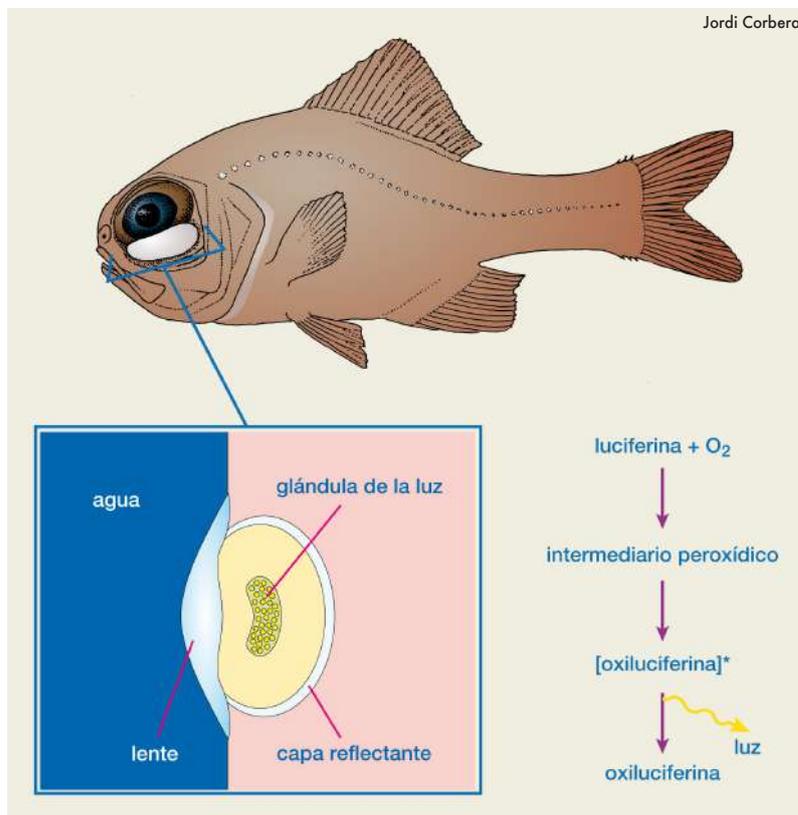


Fig. 14. Representación gráfica del órgano luminoso de un pez linterna (*Photoblepharon palpebratus*) que contiene bacterias, y la reacción causante de la producción de luz.

Relaciones de simbiosis con microorganismos que captan o emiten luz

Ya se han mencionado las relaciones de simbiosis que establecen algunos peces y calamares con bacterias bioluminiscentes. Ahora bien, también hay organismos que, a pesar de no poder captar la luz directamente, contienen organismos fotosintéticos dentro de su cuerpo, en relaciones de simbiosis. Algunos de estos organismos incluyen algunas medusas, corales duros y las anémonas que viven en

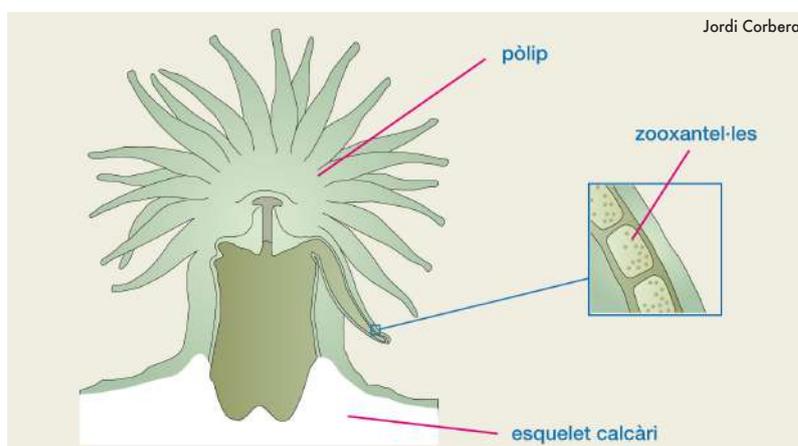


Fig. 15. Situación de las zooxantelas en el pólipo de un coral.

zonas iluminadas, que contienen unas algas llamadas *zooxantelas*. Estas relaciones íntimas aportan protección y alimento a las algas, y una fuente de alimento importante al animal huésped; son tan importantes para el animal que, si las algas mueren o marchan del coral debido a cambios ambientales desfavorables, pueden producir su muerte.

Otros animales, como algunos nudibranquios, incorporan en su manto los cloroplastos de las algas de las que se alimentan, lo que les confiere un color verdoso.

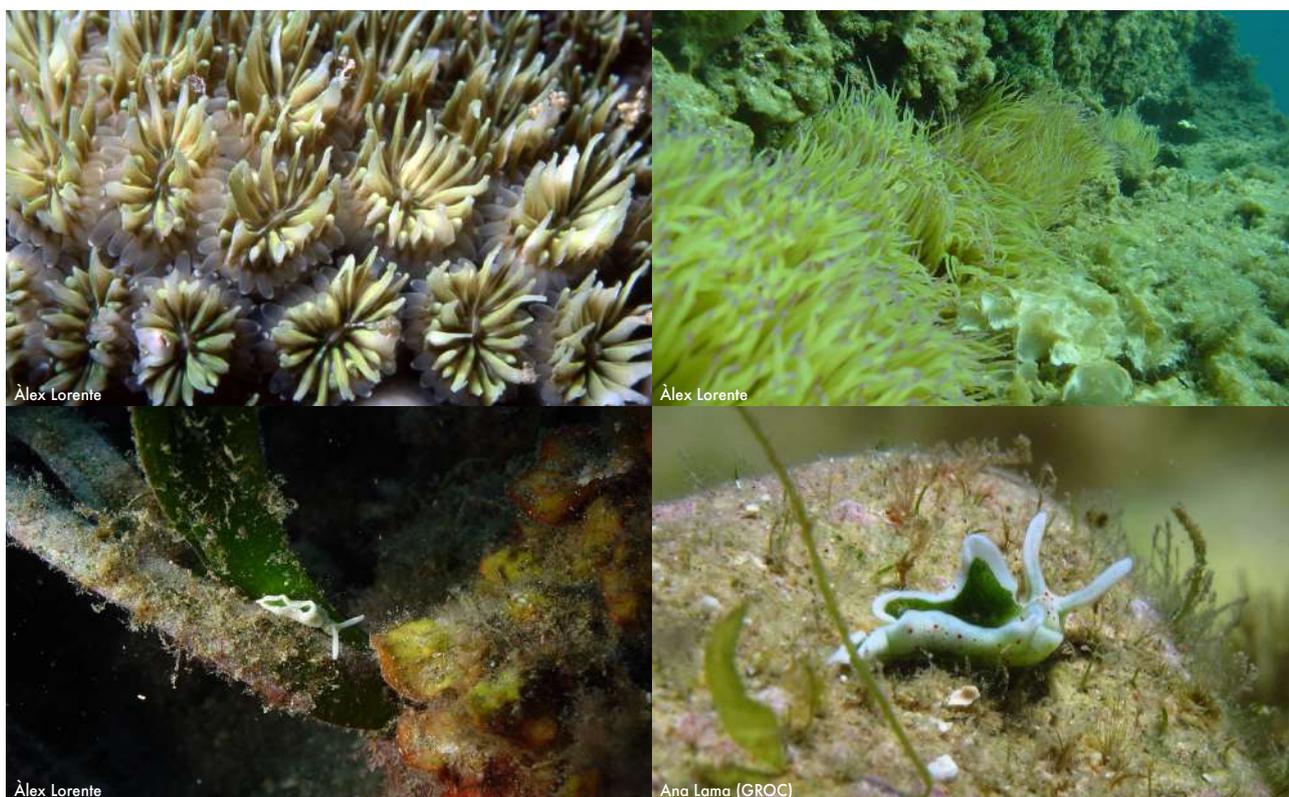


Fig. 16. Las relaciones de simbiosis con organismos que captan luz son comunes en el medio marino: ↑ algunos corales duros (*izq.*) y anémonas (*der.*) tienen zooxantelas simbióticas; y ↓ algunos opistobranquios, como *Elysia timida*, incorporan cloroplastos en su manto, lo que les da un color verdoso.