

VER

Qué bonito es pasear por un campo de flores bajo la luz del sol y qué miedo da atravesar el mismo campo bajo la oscuridad de la luna nueva! En un caso vemos el verde del césped y el rojo de las amapolas mientras que en el otro... casi no vemos nada. ¿Qué es lo que perdemos cuando en lugar de andar con los ojos abiertos lo hacemos con los ojos cerrados? Perdemos la luz, sí, pero ¿en qué sentido la perdemos? De alguna manera, la luz es cómo si transportara información de la materia con la que choca o que atraviesa. Así, cuando cerramos los ojos perdemos información del entorno: ahora mismo perderíamos de golpe estas palabras sobre el papel y todas las instalaciones que componen la exposición.

Como otras formas de información, la que transporta la luz necesita un receptor que la descodifique en algo que puedan entender las células, la unidad fundamental de que están constituidos todos los organismos vivos que conocemos.

Para comprender como funciona el ojo, necesitamos encontrar el receptor que recibe la información de la luz y la traduce al lenguaje de las células. Y ¿qué lenguaje es el que utilizan las células para comunicarse? Ni el catalán ni el castellano, puesto que la célula no tiene ni la lengua ni las cuerdas vocales necesarias para articularlos. Las células utilizan moléculas para decir al organismo o a la misma célula que tiene poca energía, que tiene daños, que está a punto para dividirse o que toca un objeto comestible, entre otras cosas. Metafóricamente, una molécula sería una palabra y un conjunto de moléculas, una frase.

Hablemos ahora de los receptores de la luz: los fotorreceptores, que se encuentran en las células que responden a la luz.

Los fotorreceptores están constituidos por dos moléculas o dos partes: una fotosensible, que cambiará de forma según haya luz o no, y otra que hará una de dos acciones posibles en función de la forma de la primera. Es como si la molécula fotosensible fuera un interruptor que hace que la segunda molécula esté encendida o apagada. Por ejemplo, si se hace crecer una planta en un armario oscuro, será de color amarillo blancuzco. Si se saca de la oscuridad y se sitúa en el exterior, donde le de la luz, la planta se volverá de su color verde característico en pocos días. En este caso, la luz activa la síntesis del pigmento verde de las plantas, la clorofila. Sin luz, algunas moléculas que participan en la síntesis de clorofila están "apagadas" o haciendo otra función.

Cada fotorreceptor no capta toda la luz, ni mucho menos; sólo es capaz de recibir la información que trae un único fotón. Por lo tanto, con un solo fotorreceptor, la célula, como máximo, podría diferenciar la presencia de luz de su ausencia, pero no podría ni tan solo distinguir de donde viene. Para percibirla procedencia de la luz hace falta que el fotorreceptor reciba los fotones desde una dirección concreta. Esto se consigue aislando el fotorreceptor de la luz que llega en cualquier otra dirección. El ojo más sencillo posible sería, por lo tanto, aquel que constara de un fotorreceptor rodeado casi por completo de una molécula capaz de absorber la luz.

La percepción del color y de la forma requiere la presencia de un conjunto organizado de fotorreceptores. Para distinguir los colores también es necesario tener diferentes moléculas fotosensibles, de forma que unas se transformen sólo ante fotones poco energéticos (rojos) y otras ante fotones más energéticos (lilas y morados). Y la cosa no acaba aquí, todavía falta la filigrana final: la integración de la información. Con la estructura de ojo, los fotorreceptores informan la célula de si hay luz o no en una posición particular del campo visual. Aún así, para que se pueda percibir una imagen global y definida de la escena, es necesario que se analicen las informaciones de las diferentes zonas en su conjunto. No sirve de nada saber que a la derecha hay un punto verde si no sabemos qué hay alrededor de este punto verde: tanto podría ser algo para comer como alguna amenaza peligrosa. Esta integración de la información visual es llevada a cabo por el sistema nervioso.

Hemos citado los constituyentes básicos de los sensores de luz más complejos del mundo biológico, los que permiten distinguir formas y colores, como los que te han permitido leer este texto que tienes en las manos. No obstante, hay organismos que sólo tienen una parte de estos constituyentes, y no por eso dejan de responder ante la luz.

Probablemente no saben leer, pero porque no los hace ninguna falta. Algunas plantas florecen según la duración del día. En invierno las horas de luz son pocas, y no florecen. A medida que avanzan los días y se acerca la primavera, las horas de luz diaria aumentan, y finalmente llega un día en que ya hay un periodo de luz bastante largo para que las plantas de una determinada especie puedan florecer. Si entonces pusiéramos la planta en un armario oscuro un rato, ya no florecería. Algunos organismos unicelulares pueden dirigirse hacia el lugar más iluminado para producir más energía si son fotosintéticos, o para alimentarse de otros organismos fotosintetizadores.

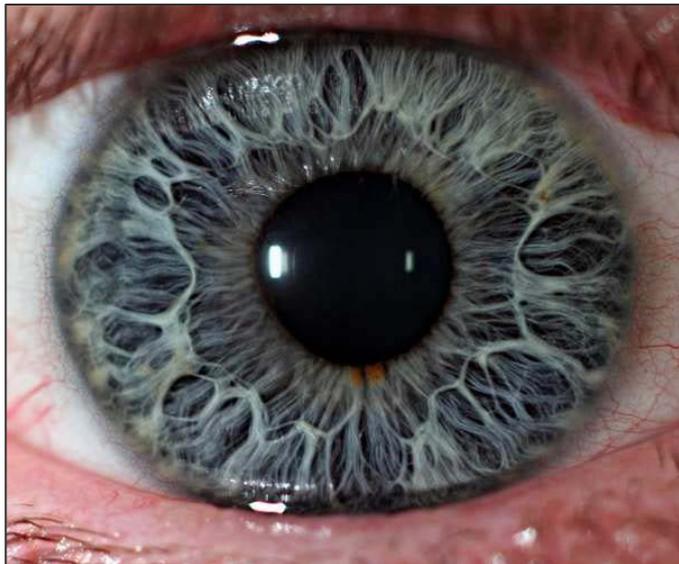
Sea como fuere, la diversidad de mecanismos que permiten captar y procesar la información de la luz en los organismos vivos es inmensa. Para los humanos, el sentido de la vista es quizás el que nos da una idea más grande del mundo en que vivimos. Pero lo que vemos, por más real que nos parezca, no deja de ser una representación de la realidad. No es ninguna barbaridad pensar que si tuviéramos unos fotorreceptores diferentes quizás veríamos colores que ahora no podemos ni imaginar. Y es que la luz visible, la luz que estimula nuestros fotorreceptores, es sólo una parte muy pequeña de todas las radiaciones lumínicas que nos rodean.

Algunos ejemplos:

El ojo de los vertebrados. El ojo humano

En el ojo humano hay múltiples células capaces de responder a la luz por el hecho de tener moléculas fotorreceptoras en el interior (de hecho, se denominan células fotorreceptoras).

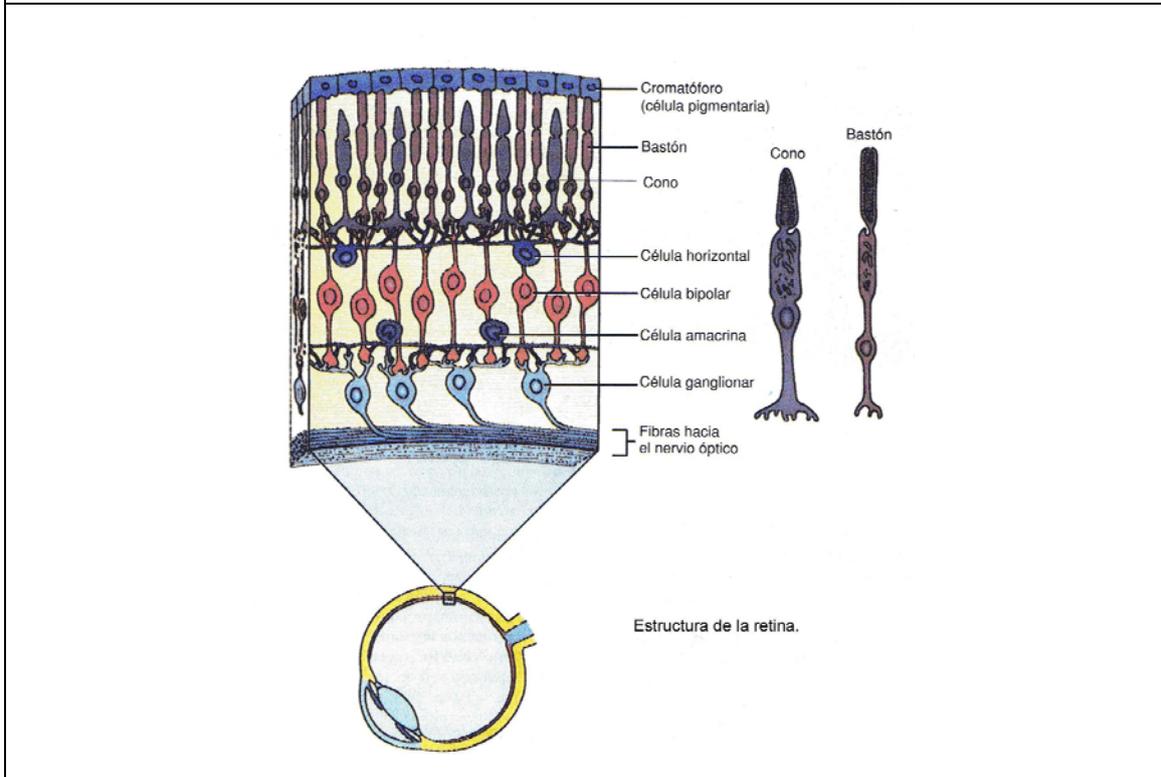
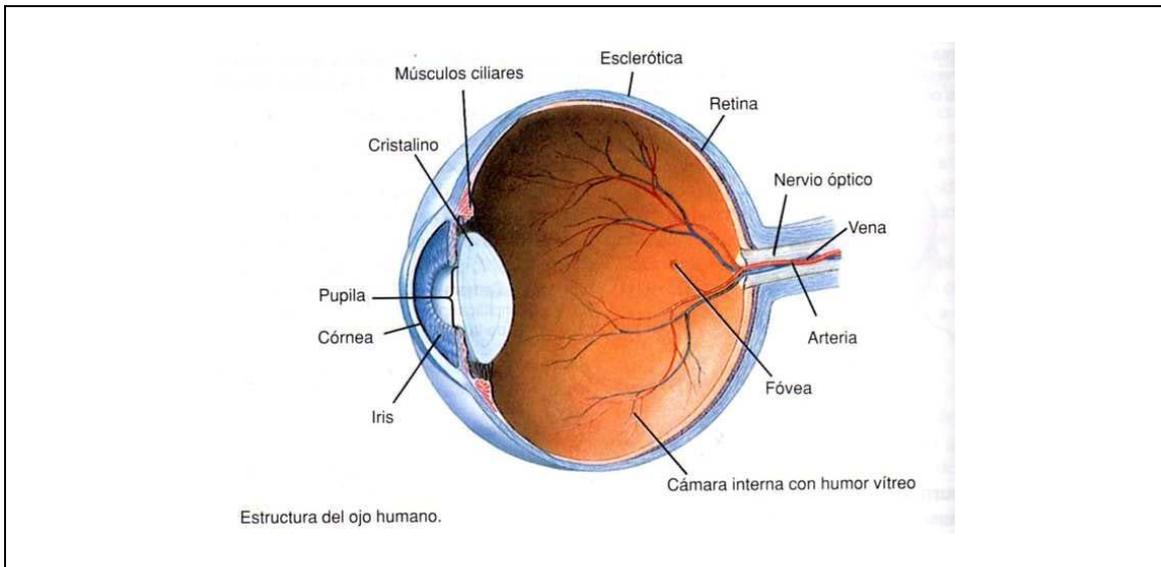
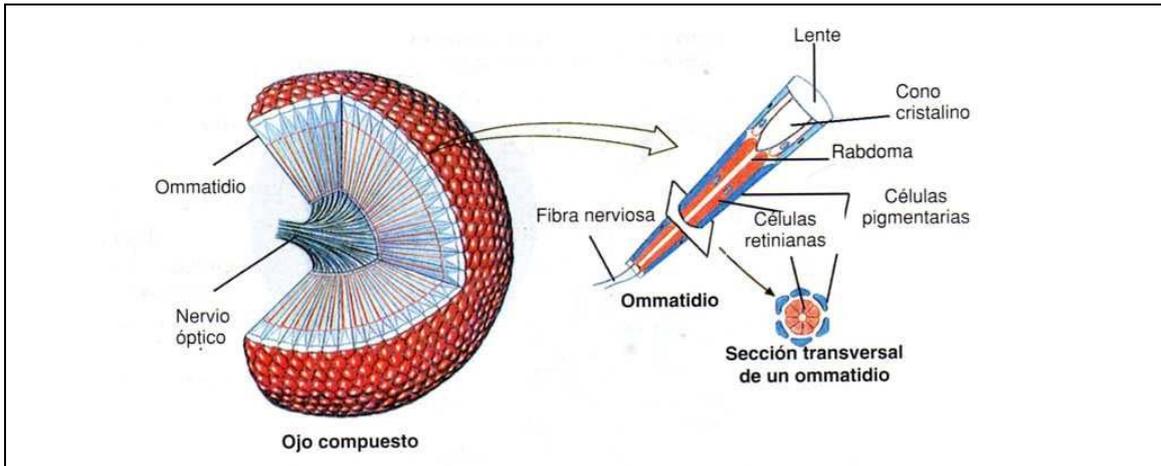
Estas células se organizan en una misma capa de la retina. Hay dos tipos de células fotorreceptoras: los conos, que responden selectivamente ante algunos colores, y los bastones, que simplemente distinguen si hay luz o no.



A diferencia de los bastones, los conos necesitan mucha luz para funcionar, y es por eso que no podemos distinguir los colores, pero sí las formas, cuando está oscuro.

La retina es un conjunto organizado de células de diferentes tipos que se disponen en la cara interna del globo ocular. La función de la retina es recibir la información lumínica, empezarla a procesar y finalmente enviarla al cerebro para un análisis más fino.

La pupila y el cristalino evitan que la luz llegue a los fotorreceptores de cualquier manera. De hecho, las imágenes del entorno que se proyectan en la retina están invertidas: lo que vemos situado en el cielo se proyecta en la parte inferior del ojo.



El ojo compuesto de los artrópodos. El ojo de mosca

A diferencia del ojo humano, el ojo de mosca no es una estructura global, sino que está formado por pequeñas unidades. Cada unidad es como un ojo pequeño, y se denomina *ommatidi*. La forma de un *ommatidi*, que es un tipo de cilindro largo con una lente en la base exterior y una única célula fotorreceptora en la base interna, permite que sólo lleguen a la célula fotorreceptora los rayos que tienen una dirección paralela al eje del cilindro. Así se consigue que cada célula fotorreceptora sólo reciba fotones de una zona del campo visual.

Se cree que la imagen del entorno que obtiene una mosca mediante su ojo compuesto es como un mosaico. Las moscas quizás no acaban de diferenciar las formas de algunos objetos, pero son totalmente capaces de ver si tales objetos se mueven, se acercan o se alejan. Además, la mosca tiene el reflejo de huir de cualquier cosa que no identifica y que se le acerca, y es por eso que es tan difícil atraparlas.



El ojo de los cefalópodos. El ojo del pulpo

A pesar de que el pulpo es un invertebrado, su ojo es de estructura análoga a la de los ojos de los vertebrados. No obstante, hay varias pruebas que aseguran que el ojo de un pulpo y el de un humano no tienen nada a ver evolutivamente. ¿Qué quiere decir esto? Pues que los vertebrados y los cefalópodos desarrollaron de forma independiente la misma solución para el mismo problema. Esto puede hacer pensar que la estructura del ojo a la cual han llegado los vertebrados y los cefalópodos es óptima, y que quizás no puede haber otro tipo de ojo capaz de proporcionar unas imágenes más nítidas. De hecho, el funcionamiento de las cámaras fotográficas es similar a este tipo de ojos: un orificio que regula la cantidad de luz que entra y una lente que enfoca la imagen a la capa fotosensible.



Documento escrito por:
Estudiantes de Biología de la Universidad Pompeu Fabra