

# ¡Abre los ojos!

*Conchi Lillo*

*Ni Bowie tenía cada iris de diferente color, ni las pseudociencias mejorarán tu salud visual.  
Descubre la (verdadera) ciencia detrás de tu mirada.*

NEXT—  
DOOR...  
PUBLISHERS

© De la Autora:  
Conchi Lillo

© Next Door Publishers  
Primera edición: mayo 2023

ISBN: 978-84-125659-2-8  
DEPÓSITO LEGAL: NA 645-2023

Reservados todos los derechos. No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea mecánico, electrónico, por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*.

Next Door Publishers S.L.  
c/ Emilio Arrieta, 5, entlo. dcha., 31002 Pamplona  
Tel: 948 206 200  
E-mail: [info@nextdooreditores.com](mailto:info@nextdooreditores.com)  
[www.nextdoorpublishers.com](http://www.nextdoorpublishers.com)

Impreso por Alzate  
Impreso en Navarra, España

Diseño de colección: Ex. Estudi  
Autora del sciku: Laura Morrón Ruiz de Gordejuela  
Editora: Laura Morrón Ruiz de Gordejuela  
Corrección y composición: NEMO Edición y Comunicación, SL

El  
Café  
Cajal

# Índice

- 1. Una mirada a la evolución** 13
- 2. Y tú, ¿cómo lo ves?** 25
- 3. Los colores no existen** 49
- 4. El color de tu mirada** 67
- 5. Problemas visuales** 81

**6. La mirada del artista** 119

**7. Entendiendo lo que vemos** 133

**8. Visión animal** 155

**9. Una mirada al futuro** 193

# Refe- ren- cias



Los seres humanos somos animales muy visuales. En nuestro mundo, en nuestro hábitat, la visión juega un papel muy importante y, en la actualidad, la mayoría de nuestros sistemas de comunicación basan sus estrategias en captar la atención mediante la estimulación visual, principalmente.

Aunque el cerebro es el que ve, necesita ayuda para que el mundo que nos rodea llegue hasta él en forma de imágenes. Para ello, la retina hace de «traductor», transformando el mundo exterior en señales eléctricas que viajan por el nervio óptico hasta nuestro encéfalo para interpretarlas como imágenes. ¿Cómo lo hemos conseguido?

«Este es un libro de ojazos con temazos».

Eso fue lo que me dijo Conchi al presentarme el manuscrito.

Y yo, aplicada que soy, lo edité con banda sonora.

Os invito a leerlo al ritmo de las diferentes canciones que hemos incluido en esta lista de Spotify:





1

## Una mirada a la evolución

Persianas de la verdad  
Ventanas de las mentiras  
Cañería de lágrimas  
Desagües de las risas

Cortinas de los pecados  
Vendas de las heridas  
No son ojos porque los ves,  
son ojos porque te miran  
(*Ojos*, Los Suaves).<sup>1</sup>

«Y, entonces, se hizo la luz». No te has equivocado de libro, pero es que tenía que empezar así. En estas páginas no vas a encontrar una tesis sobre la idea religiosa de la creación; simplemente, he creído que era una buena metáfora —además de un comienzo muy poético— para empezar a hablar de miradas y visión..., abriendo los ojos a esa luz, la responsable de que en los organismos se desarrollaran sensores y órganos especializados en percibir y aprovecharse de esos estímulos luminosos. Porque, en verdad, los órganos visuales representan una tremenda ventaja evolutiva y, si disponemos de ellos —nosotros y los

---

1. Enlace a Spotify: <<https://open.spotify.com/track/0u7Js8zgS5qdBwdr1yYtEG?si=9d5e9b8d659840bd>>.

animales en general—, es porque en su momento supusieron una mejora ventajosa para las distintas especies. Adentrémonos, pues, en el mundo de la visión empezando, eso sí, por el principio: ¿cómo surgió?

Contamos con pocos datos reales —por falta de suficientes registros fósiles de órganos blandos—<sup>2</sup> pero con muchos indicios de que el ojo primitivo fue una estructura muy sencilla, un simple detector de luz originado hace unos seiscientos millones de años, probablemente para modular y regular actividades simples, como ajustar los ritmos circadianos. Para ese organismo, esto supuso una ventaja frente a sus congéneres; ya sabemos que, en la teoría de la evolución, se dice que, si algo funciona y supone una mejora, se mantendrá como característica heredable de ese organismo. Por las variedades de ojos y miradas que han llegado hasta nuestros días, sabemos que esa primera estructura fotosensible experimentó, a lo largo de la evolución, distintas adaptaciones, en función de los organismos que han ido poblando los rincones del planeta.

No sé a ti, pero a mí el ojo me parece perfecto. Y no soy la única, ya que esta impresión la comparto con el mismísimo Charles Darwin: ¡ahí es nada! No solo eso, porque a Darwin la visión y el ojo le parecían tan perfectos que llegó a dudar de que su *teoría de la evolución* fuera universal y se cumpliera en todo lo vivo. En *El origen de las especies* (1859), su obra cumbre en la que se sustenta la teoría de la evolución, Darwin dedicó el capítulo 6 a lo que él consideró «dificultades en la teoría», donde describe algunos órganos y componentes de los seres vivos cuyos orígenes, según relató, se escapaban de los razonamientos generales del fundamento de su obra. En ese capítulo, Darwin incluyó el ojo y el funcionamiento del sistema

---

2. Los órganos blandos son aquellos compuestos por tejidos como músculos, tendones, articulaciones, etc., y que, a diferencia de los duros, como los huesos, no suelen fosilizarse.

visual en el apartado «Órganos de extrema complejidad y perfección», lo que deja patente los conflictos que le generaba. Al parecer, la complejidad funcional de la visión provocó que se tambaleara su archiconocida «teoría de la evolución». Tanto es así que sus palabras textuales en *El origen de las especies* fueron: «Suponer que el ojo, con toda su inimitable complejidad para ajustar su centro focal a distintas distancias, para reconocer diferentes cantidades de luz y para corregir las desviaciones esféricas y cromáticas, pudiera haber sido formado por la selección natural parece, y lo confieso francamente, absurdo en sobremanera». De esta forma, en algún momento —fijaos bien en lo que digo—, el padre de la teoría de la evolución dudó de ella al analizar el ojo y el sistema visual, dado que llegó a pensar que su desarrollo pudo haber sido diseñado a propósito.

Es cierto que, en ciencia, una teoría constituye el grado más alto de certeza alcanzable, siempre que se cumplan los principios de la falsabilidad, pero, en el caso de la *teoría de la evolución* de Darwin, sus evidencias —es decir, los pilares que la sustentan— son de las más sólidas. Pues bien, incluso sabiendo esto, la evolución de las miradas de los animales que pueblan nuestro planeta ha supuesto una de las grandes incógnitas de la ciencia durante muchos años, no solo para Darwin. La comprensión y la explicación del sistema visual fue también un enigma para don Santiago Ramón y Cajal, nuestro neurocientífico más internacional y reconocido, que confesó en su obra por antonomasia sobre este órgano, *La retina de los vertebrados* (*La Rétine des vertébrés*, 1893), que la complejidad de la visión lo había hecho dudar de su fe en el darwinismo. También él. No me extraña ya que, no en vano, el ojo es un órgano tan complejo que los creacionistas defensores del diseño inteligente lo consideran un ejemplo fundamental de la *complejidad irreductible*; un sistema que no puede funcionar en ausencia de alguno de sus componentes, por lo que, entonces, no pudo haber evolucionado a partir de una forma más primitiva.

Pero no quiero confundiros más. A pesar de todas las dudas de los más grandes pensadores, la realidad es que la evolución del ojo, con las herramientas y conocimientos con los que contamos hoy día, no supone en absoluto un misterio. No lo sabemos todo sobre la visión —eso por descontado, dado que existen multitud de especies animales que han desarrollado muy diversos tipos de ojos y un procesamiento visual que aún nos quedan por comprender—, pero el hecho de que todos ellos se acojan a la teoría de la evolución ya no se cuestiona; se halla fuera de toda duda. Sin embargo, el ojo sigue en el punto de mira —nunca mejor dicho— de los creacionistas, quienes defienden también en la actualidad que, al representar un sistema perfecto, solo puede ser el resultado de la obra de un Creador Supremo, y nunca del azar o la presión ambiental. Por su lado, los evolucionistas mantienen que los mecanismos de adaptación a corto y largo plazo explican, por sí solos, la especialización de los muy diversos sistemas visuales y que han conformado ventajas de supervivencia en sus respectivos hábitats; es decir, representan la causa de su origen.

A lo largo de la evolución, pequeñas mejoras visuales, como la percepción de distintas intensidades de luz, o más sofisticadas, como la generación de una imagen nítida, la detección de distintos colores o formas tridimensionales, implicarían una ventaja importante para el mejor desarrollo de una especie; por ejemplo, poseer un campo visual amplio es una característica común a la mayoría de las especies —desde los insectos hasta los mamíferos— y parece de verdad resultar importante para la supervivencia, ya que permite abarcar visualmente una mayor área alrededor de un individuo, lo que redundaría a su vez en un mayor éxito para las tareas básicas, como la defensa o la locomoción. Por el contrario, la fovea, la zona de la retina especializada en la visión de los detalles y que proporciona la agudeza visual —en el humano y otros seres vivos—, se usa para tareas relacionadas con el instinto depredador, como la detección a distancia o el reconocimiento, aunque solo la ostentan algunas especies animales. A

continuación, trataré algunas de todas estas adaptaciones —simples o complejas— para cada ambiente; en concreto, las que más curiosidad me han suscitado.

El ojo humano —y de los vertebrados en general— es un órgano extremadamente complejo, que funciona como una cámara que capta y redirige la luz a una zona sensorial, la retina, donde se hallan los fotorreceptores, células capaces de convertir la información luminosa en una señal eléctrica que entiende el cerebro, la cual traducirá en imágenes, colores, contornos, movimiento y profundidad. Como estos fotorreceptores acaparan el protagonismo en el libro, de momento, los introduzco aquí, pero no me detengo mucho más con ellos porque, en cada capítulo, se te irán desvelando sus funciones, características, tipos, debilidades, sensibilidades, necesidades, etc. Ahora nos centraremos en las clases de ojos que hay. No todos resultan igual de complejos, aunque el propósito final sea el mismo: entender y aprovechar la luz. Existe una enorme variedad, así como diferentes sistemas de percepción visual: desde los que nos parecen más sencillos —aunque, para los animales que los poseen, desempeñan las funciones perceptivas necesarias— hasta los más sofisticados. Aunque hay una gran variedad y riqueza de formas y estructuras oculares en el planeta, el modo en que las células sensibles a la luz reaccionan a este estímulo y cómo la percepción visual se integra resulta muy similar en los distintos organismos, a pesar de contar con orígenes evolutivos distintos. Tanto es así que se dice que el órgano visual es el sentido que más veces se ha reinventado en la naturaleza.

Para tratar de desentrañar las evidencias del origen evolutivo de los distintos tipos de ojos, nos sumergiremos en las evidencias. ¿Cómo se piensa que ha evolucionado la visión en los diferentes organismos? Aunque ya mencionaba al principio que este reto entraña cierta dificultad, porque los tejidos blandos no dejan restos fósiles evidentes, sí podemos comparar las estructuras oculares y el desarrollo embrionario del ojo en las distintas especies —en cuanto a la

¡Abre los ojos!

morfología y expresión de genes—, lo que ha ayudado a realizar importantes hallazgos sobre su origen. Estos análisis sugieren que el ojo en forma de cámara —el ojo humano y el de muchos otros vertebrados e invertebrados— tardó en originarse unos cien millones de años. Antes de adquirir todos esos elementos de órgano visual complejo, el ojo primitivo actuaba probablemente como un sencillo detector de luz, que serviría para modular y regular actividades simples, caso del ajuste de los ritmos circadianos.

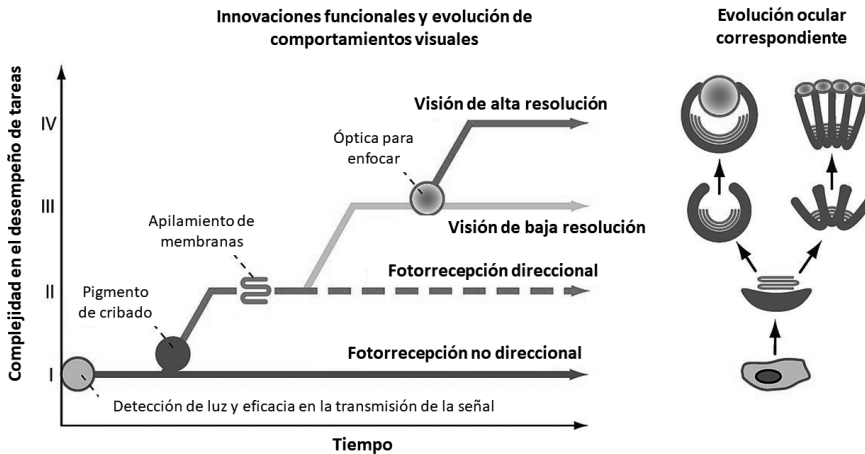


Figura 1.1. Imagen de la evolución de los ojos. Modificada de D. Nilsson, «Eye evolution and its functional basis», *Visual Neuroscience* (2013), 30(1-2), pp. 5-20. <doi:10.1017/S0952523813000035>.

Lo primero que se debe considerar es que los animales pluricelulares sencillos, en sus orígenes, divergieron en dos grupos principales: aquellos con simetría radial, sin parte anterior ni posterior —como las actuales estrellas de mar, esponjas o medusas—, y aquellos otros con simetría bilateral, conformados por dos lados especulares y una región anterior o cefálica. Estos últimos posteriormente se diversificaron en invertebrados y vertebrados, lo que originaría la mayoría de las especies animales actuales. Las evidencias nos ponen en la pista de que el primer ojo generado en la evolución se parecería al de los

cnidarios o algunos moluscos actuales. Aquel primer receptor de luz probablemente derivó de un receptor térmico o táctil, formado por células modificadas de la propia superficie del organismo, capaces de recibir y reaccionar a cambios lumínicos; es decir, se trataría de una pequeña área plana especializada en captar la luz con esta ventaja frente a los demás, ya que podría responder con anticipación o de una forma más adecuada a los estímulos externos.

El siguiente paso, y que supuso una ventaja evolutiva importante, fue la formación de una copa a partir de esa lámina plana superficial. La gran mayoría de los ojos actuales, sencillos o complejos, se basan en este concepto, por lo que, evolutivamente hablando, debió de suponer algo ventajoso. Esta copa sencilla se originó por invaginación<sup>3</sup> de la placa plana, lo que originó una cavidad, en el fondo de la cual se encontrarían las células fotosensibles. Además de la protección obvia que supone distanciar estas células de la superficie —dejan de exponerse a los agentes externos—, dicha disposición permite que la luz estimule de forma diferente las células fotosensibles, en función del ángulo con el que entre en la invaginación. Esto otorga información sobre la dirección desde la cual llega la luz, añadiendo un dato muy útil para la supervivencia del organismo e incluso para orientarse.

Pero los ojos en cámara con los que cuentan —y contamos— en la actualidad muchos de los vertebrados dan una vuelta de tuerca más a esta copa óptica. Dentro de la cámara, un grupo de células proporcionan una ventaja extra: en algún momento, se formó una especie de bolsa transparente en forma de lente, el actual cristalino, que permite proyectar de forma más precisa la información luminosa en el fondo de la cámara, donde se encuentran las células fotorreceptoras. Se crea

---

3. La «invaginación» es un término usado en biología para indicar que una región de una superficie plana se repliega hacia el interior, lo que genera una especie de bolsa.

así un ambiente idóneo que beneficia al organismo a la hora de diferenciar y definir las imágenes del mundo exterior. Si, además, se regula la entrada de luz con estructuras anejas con capacidad contráctil, que ha derivado en el iris de muchos vertebrados actuales, se facilita tanto la mejora en la formación de la imagen como la adaptación de la sensibilidad de las células fotorreceptoras.

Todos estos tipos diferentes de ojos aparecen representados en muchos de los actuales animales de la Tierra. Contamos, así, con organismos que poseen las formas más sencillas de ojo en placa, otros con células fotosensibles en copa y otros con ojos realmente complejos, formados por cristalino, iris y tejidos anejos.

Además, dentro de este amplio mundo visual, existe una enorme variedad de formas, adaptaciones, mejoras y distintas capacidades de procesamiento. Merece la pena conocer algunas de ellas, de modo que empecemos por la que supuso una diferencia importante para el ajuste y mejora de la sensibilidad de las células fotorreceptoras: la aparición de la retina invertida, abundante entre los vertebrados. ¿En qué consiste y qué ventaja evolutiva proporciona? Ya he comentado que la retina es la porción sensible a la luz ubicada en el fondo de esa cámara compleja del ojo de los vertebrados y algunos invertebrados. Y, debido a que todos los organismos de gran tamaño han desarrollado ojos en cámara, parece lógico pensar que la naturaleza, evolutivamente hablando, se ha decantado por este modelo como la solución más eficiente para procesar la información visual —no en vano, la cámara fotográfica constituye una copia calcada de este sistema—. La cuestión es que, en los vertebrados, en esta lámina que forma la retina tapizando el fondo del ojo, con las células organizadas en capas, los fotorreceptores no se sitúan en la primera línea de batalla según llega la luz, sino en la última, enfrentada al fondo del ojo. Esto provoca que la luz deba atravesar varias capas de células no fotosensibles —con alguna excepción, de la que hablaremos más adelante— antes de llegar a incidir en los fotorreceptores.



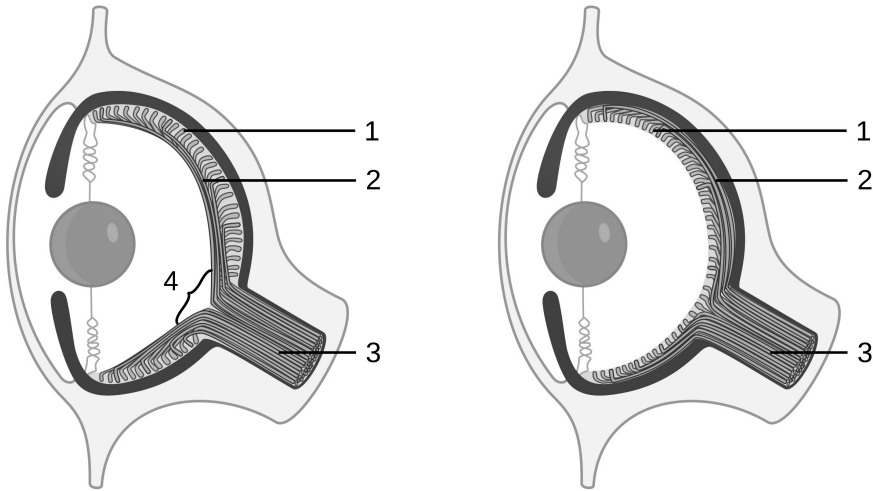


Figura 1.2. Tipos de ojos en cámara. El esquema de la izquierda muestra la retina invertida de los vertebrados —los fotorreceptores se ubican en el fondo del ojo y los axones, que forman el nervio óptico, hacia delante— y el de la derecha, el ojo de un pulpo, donde los fotorreceptores se enfrentan directamente a la luz que entra en él. 1. Retina, 2. Fibras del nervio óptico, 3. Nervio óptico, 4. Punto ciego.

Parece un sinsentido, ya que podríamos pensar que lo más ventajoso sería que la luz incidiese directamente sobre estas células, sin impedimentos, mas este sistema presenta una serie de ventajas importantes. La primera estriba en que, como ya se ha dicho por aquí, «escondarse» de la exposición directa a la luz ha permitido que estas células ajusten su sensibilidad a la cantidad específica que llega al ojo de una manera acorde con sus demandas energéticas. Mucha luz mal gestionada produce un daño denominado «fotooxidación», aparte de que el manejo de una gran cantidad de información requiere igualmente de una cantidad elevada de energía para funcionar, algo inabarcable para un organismo pluricelular con múltiples funciones complejas. La segunda ventaja radica en que esta disposición permite a los fotorreceptores rodearse de otras células que los ayudan a mejorar sus funciones básicas. Dichas células son las del epitelio

pigmentario y se encargan de, entre otras cosas, absorber el exceso de luz que llega al fondo del ojo con el pigmento que contienen —melanina—, de forma que se evita la citada «fotooxidación», se reponen los pigmentos visuales que los fotorreceptores usan y gastan cada vez que reciben un estímulo luminoso y, finalmente, se nutren, gracias a que sirven de intermediarias entre los capilares sanguíneos y la retina. Los fotorreceptores, debido a su alta actividad metabólica, demandan un gran aporte energético y nutricional, por lo que la función de nutrición realizada por el epitelio pigmentario es crucial, al ser la única vía desde la cual reciben el aporte. Puedes profundizar sobre la función de la nutrición de los fotorreceptores en el capítulo 5, dentro del apartado «¿Alimentas bien a tus fotorreceptores?».

Este modelo, con distintas adaptaciones ambientales, es también compartido por todos los vertebrados. Sin embargo, aunque haya llegado a nuestros días y sea el *mejor adaptado* para el tipo de visión que hemos desarrollado los vertebrados, no significa que sea perfecto —a pesar de que Darwin comparta conmigo la idea de que el ojo lo es—, pues presenta varios inconvenientes, consecuencia del legado que ha dejado la huella de la evolución en él; por ejemplo, en la retina invertida, la luz atraviesa todas las capas de la retina antes de llegar a los fotorreceptores, lo que genera cierta distorsión en el camino recorrido por la luz para llegar a estimularlos; por su parte, los vasos sanguíneos que discurren por la cara interna de la retina —y que se ven en una exploración del fondo del ojo— también generan una sombra sobre ella; finalmente, las fibras nerviosas que conectan la información que sale del ojo con áreas concretas de nuestro cerebro se reúnen y abandonan la retina por un punto, el nervio óptico, de modo que se crea un punto ciego.

Entre la enorme variedad de ojos en cámara —con retina invertida o no— que encontramos actualmente en la naturaleza, muy diversas adaptaciones interesantes han llegado hasta nuestros días. Cada hábitat demanda unas necesidades visuales diferentes, y los animales

que han conseguido adaptarse a ellos lo han hecho generando mejoras ventajosas. Resulta indudable que la evolución de las capacidades visuales y los ojos han ido de la mano con la del color de los organismos y ha sido determinante para la supervivencia y la diversidad de la fauna y flora de la Tierra. Así, por ejemplo, los animales han conseguido mejorar sus capacidades visuales a distintos tipos de luminosidad, a la percepción de diferentes longitudes de onda de la luz —traducidas en colores en nuestro cerebro, de lo que hablaremos más adelante— y muchas otras más. Esto ha determinado que haya animales que distinguen, por ejemplo, la luz ultravioleta (UV) —como muchos insectos, entre otros organismos—, la infrarroja —como algunos peces de agua dulce o los mosquitos— o la polarización de la luz —lineal y circular—, como la gamba o camarón mantis —en realidad, una galera, un organismo tan sofisticado que puede percibir todos estos ejemplos que acabo de mencionar y cuya visión excepcional comentaré en otro capítulo más adelante.



Figura 1.3. Abeja melífera —insecto— y gamba mantis —estomatópodo—(<[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:European\\_honey\\_bee\\_extracts\\_nectar.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:European_honey_bee_extracts_nectar.jpg)> y <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mantis-Shrimp-Eyes.jpg>>).

Abeja: John Severns (Severnjc), Public domain, via Wikimedia Commons  
Gamba mantis: Daniel Sasse, CC BY 4.0, via Wikimedia Commons

**«Cada hábitat  
demanda unas  
necesidades  
visuales diferentes,  
y los animales que  
han conseguido  
adaptarse a estas  
lo han hecho  
generando mejoras  
ventajosas».**

## 2

# Y tú, ¿cómo lo ves?

Quiero que nos volvamos a ver.  
Déjame ver cómo me ven tus ojos, ven.  
Quiero decirte que, si hablamos de mirar,  
los ojos son de quien te los hace brillar  
(*Haz de luz*, Rayden).<sup>4</sup>

Ya nos lo decía Rayden en su tema *Haz de luz*, «déjame ver cómo me ven tus ojos» porque, en realidad, «no vemos el mundo como es, sino como somos». En esta frase aparentemente tan simple y a la vez tan certera —tanto desde el punto de vista perceptual como filosófico—, se condensa este capítulo. La frase, obviamente, no es mía —ya me gustaría—, sino una acertada reflexión de Jiddu Krishnamurti (1895-1986) —escritor y orador en cuestiones filosóficas y Medalla de la Paz de las Naciones Unidas en 1985—, con la que se representan aquellos filtros con los que cada uno de nosotros ve la vida y que explica por qué interpretamos la realidad de manera diferente, según nuestros sesgos cognitivos. Pero no voy a hablar de filosofía o psicología —aunque las toquemos de forma tangencial—, sino de ojazos, de percepción visual, de cómo miramos el mundo, por qué lo vemos así y cómo lo perciben otros seres vivos desde el punto

---

4. Enlace a Spotify: <<https://open.spotify.com/track/0xVOXUryXFWedCo4i8xe0P?si=b1eed7205ddc46b2>>.

de vista de la neurociencia y la biología celular. Eso sí, quédate con la idea de que lo que tú ves seguramente sea muy parecido a lo que veo yo, pero también pudiera ser muy diferente. Además, si nos ponemos en los ojos de una persona con algún problema visual o cognitivo, o los de un animal, la cosa cambiaría bastante. En suma, la percepción que cada uno de nosotros posee del mundo no es una cuestión —solo— filosófica. El sistema visual humano presenta características constantes entre iguales —la apreciación de la profundidad, los contrastes, los colores o el reconocimiento de caras—, pero, como ya sabéis, todos somos diferentes, y algunas alteraciones, grandes, más o menos graves o pequeñas, también afectan a nuestra percepción visual. Espero que, al final del capítulo, haya conseguido transmitir mejor este mensaje.

Pero lo mejor será que empecemos por el principio, ¿no? La primera pregunta para resolver sería: «¿Cómo vemos?». En este primer capítulo, me centraré en la visión humana aunque, más adelante, disfrutaré revelando los detalles de las formas de visión tan diferentes a la nuestra que atesoran algunos animales y que tanto me fascinan. Vemos con las únicas células fotosensibles de nuestro organismo, los fotorreceptores de los ojos, con los que se interpreta la luz y permiten generar una imagen, dado que transforman la energía luminosa en algo entendible por nuestro cerebro: impulsos nerviosos. Estas células se encuentran en la retina, una capa relativamente fina, de unas doscientas micras ( $\mu\text{m}$ ) de espesor, que tapiza el fondo de nuestro globo ocular.

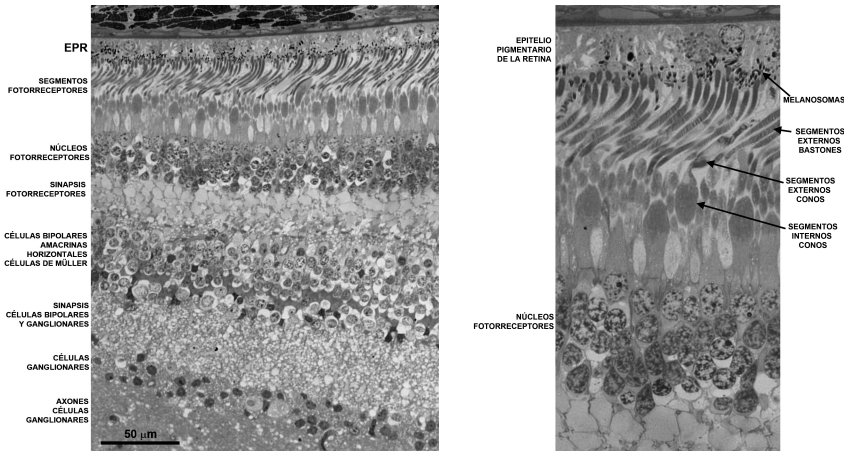


Figura 2.1. Secciones semifinas –500 nm de espesor– de la retina del mono –*Macaca fascicularis*– teñidas con azul de toluidina, un colorante que permite identificar el núcleo y el citoplasma de las células. En este tipo de sección transversal, se aprecia cómo las células se organizan en capas muy bien diferenciadas e incluso se identifican, por su diversa morfología, distintos tipos celulares en cada una de ellas. En las capas donde no hay núcleos se realizan las sinapsis entre las células de una y otra capa, donde se transmite la información entre ellas. En los segmentos externos de los fotorreceptores, se encuentran los fotopigmentos –opsinas– que reaccionan a la luz, lo que provoca que estas células sean fotosensibles y en ellas se produzca el proceso de fototransducción –convertir el estímulo luminoso en un impulso nervioso–. EPR: epitelio pigmentario de la retina.

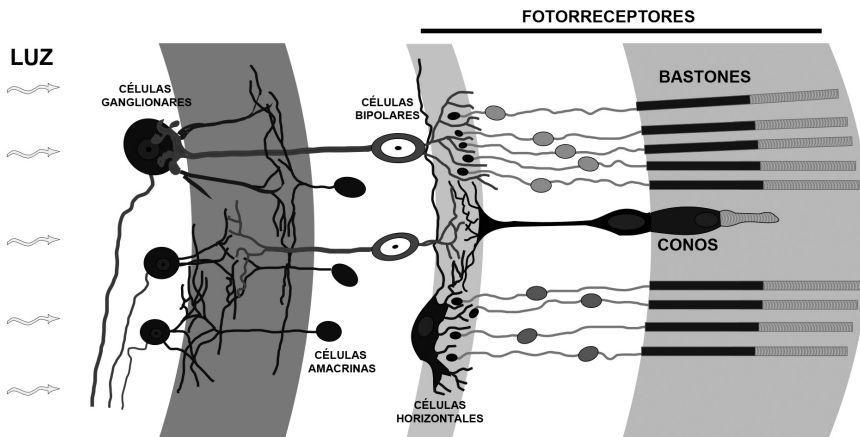


Figura 2.2. Dibujo de Anka Friedrich basado en un original de Santiago Ramón y Cajal modificado para señalar las principales neuronas que forman las capas de la retina.

Por cierto, ¡jojo a esto! La retina forma parte de nuestro sistema nervioso central y consta de neuronas, glía y vasos sanguíneos. De hecho, los fotorreceptores son neuronas muy especializadas y de gran complejidad, porque responden a la luz, no a un estímulo nervioso, como sí hacen la gran mayoría de nuestras neuronas. La luz llega al fondo del ojo, donde se encuentran los fotorreceptores, gracias al resto de estructuras que conforman el globo ocular; entre otras, la córnea, la superficie transparente de nuestro ojo, y la pupila, el orificio circular en el centro del iris. Este es, de hecho, una estructura muscular que, gracias a su contracción —miosis— y dilatación —midriasis—, controla la cantidad de luz que pasa por la pupila y llega a nuestra retina. El iris suscita mucha curiosidad, debido a su capacidad contráctil o su amplia posibilidad de colores y formas —en algunos animales, adopta formas realmente sorprendentes—, así que he creído que merece ser abordado de manera íntegra en un capítulo aparte —en el 4, podrás leer más curiosidades sobre él.

Asimismo, para poder enfocar la imagen en el fondo del ojo, donde se halla la retina, es igual de importante el cristalino, detrás de la pupila, una lente que funciona a partir de una serie de músculos que controlan su forma y la modifican. Por cierto, también he creído interesante tratar los problemas de foco más adelante —miopía, astigmatismo, hipermetropía, etc.—, pero quería resaltar aquí que la vista cansada —o «presbicia», que a todos nos llega con la edad— se debe a que el cristalino se endurece por el desgaste temporal —representa su forma de envejecer— y los músculos que lo controlan no son capaces de deformarlo como antaño. Y lo siento: estos no se pueden ejercitar como los bíceps o los glúteos en el gimnasio, porque son de contracción involuntaria. Simplemente —e irremediablemente—, no pueden más.



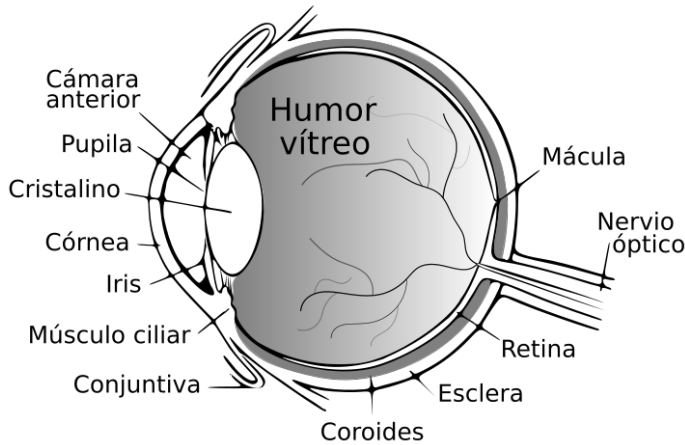


Figura 2.3. Esquema del ojo humano donde se muestran las principales estructuras y compartimentos.

Volvamos a nuestros fotorreceptores que han recibido el estímulo luminoso. Pues bien, la información procesada por los fotorreceptores se envía a otras células de la propia retina, cuya función es, simplificando, filtrar y modular la información que se recibe para procesar adecuadamente los datos referentes al movimiento, la profundidad y el contraste, de gran utilidad para nuestro cerebro, con el fin de entender lo que percibe. Esta información, parcialmente procesada, se envía a centros superiores de nuestro encéfalo, otras áreas de procesamiento, a través del nervio óptico y, allí, se interpreta lo que estamos viendo —algunos detalles de dónde y cómo se produce dicho procesamiento los encontrarás en el capítulo 7—. Así que sí, nuestro ojo recibe la información, pero es nuestro cerebro el que realmente *ve* e interpreta la realidad —por eso, a veces, lo que nuestro ojo percibe no se corresponde con lo que nuestro cerebro interpreta y se generan esas ilusiones ópticas tan chulas que nos hacen explotar la cabeza—. En definitiva, quedémonos con que el que manda aquí es el cerebro, no la retina.

Antes de adentrarnos en el funcionamiento básico de los fotorreceptores, cabe destacar igualmente que estas células no son capaces

¡Abre los ojos!

de interpretar toda la información luminosa que hay a nuestro alrededor. Me explico: estamos rodeados por el espectro electromagnético, formado por ondas de diferente longitud. Imaginemos que tales ondas forman parte de un gran acordeón que, al estirarlo, origina que se espacien más entre sí —ondas largas, como las de radio— y que, al cerrarlo, esas ondas se hacen más estrechas y aparecen más juntas —como las radiaciones gamma, las más energéticas—. Pues bien, la radiación lumínica que perciben nuestros ojos se llama espectro visible y abarca una franja muy estrecha del espectro electromagnético —de ese gran acordeón—, ya que solo percibimos las longitudes de onda que van desde los 400 nanómetros (nm) de amplitud —las más estrechas y energéticas que nuestro cerebro interpreta como morado—, a los 750 nm —las más espaciadas entre sí y que interpretamos con los tonos rojos—. Sin embargo, aunque la radiación luminosa incluye la luz infrarroja (IR) y la UV, el ojo humano no puede detectarlas —más adelante os presentaré a algunos animales que sí las perciben.

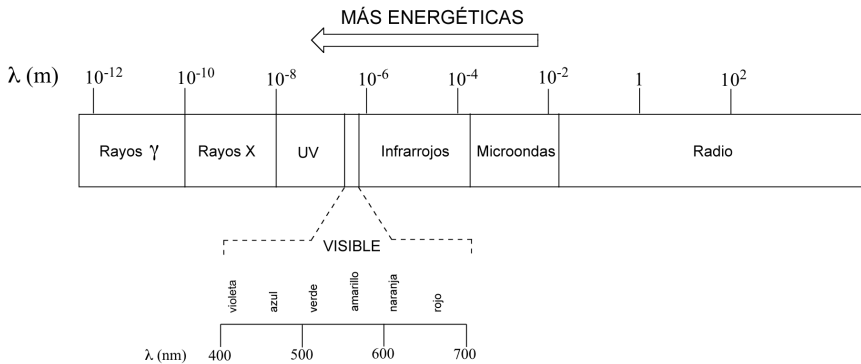


Figura 2.4. Espectro electromagnético.

Los humanos contamos con dos tipos de fotorreceptores que responden a la luz: conos y bastones. Estos últimos son muy sensibles a poca cantidad de luz, tanto que pueden responder a un solo fotón, así que seguramente ya os imaginaréis que son las células que nos ayu-

dan a ver por la noche o cuando hay poca iluminación. Pero ¿cómo de bien distingues los colores con poca luz? Te dejo un rato para que lo pienses, porque contestaremos a esta cuestión más adelante. Por otro lado, tenemos tres clases de conos, que nos permiten distinguir los colores, por lo que los seres humanos somos considerados tricrómatas —contamos con tres tipos de células diferentes para recibir la información sobre el color.

Aquellos que responden a las ondas más largas de nuestro espectro visible son los llamados «conos rojos», aunque dicha definición resulta algo imprecisa, y me explico. De hecho, el máximo de mayor sensibilidad de respuesta de estas células es de 564 nm, que ni

siquiera se corresponde con la longitud de onda del rojo sino, más bien, con el amarillo-naranja. Pero, como también lo hacen a ambos lados de ese valor, se convierte en el cono que mejor responde a las longitudes de onda de lo que vemos como «rojo». Esto ocurre gracias a que estas células cuentan con una proteína opsina, la eritropsina, que reacciona a estas longitudes de onda. Los conos

estimulados con las ondas medias —que llamamos «conos para el verde»—, contienen cloropsina y sucede lo mismo que con los rojos: exhiben una sensibilidad muy alta a 534 nm, pero también se estimulan con longitudes de onda superiores e inferiores. Esto resulta similar a la respuesta de los conos a las ondas más estrechas, las azules, dado que su opsina, denominada cianopsina, se muestra más sensible a las longitudes de onda alrededor de los 420 nm, pero abarcan un mayor espectro a ambos lados de ese valor, lo cual resalta, pues oca-

**«Nuestro ojo recibe la información, pero es nuestro cerebro el que realmente ve e interpreta la realidad».**

¡Abre los ojos!

siona que, con estos tres tipos celulares, comprendamos todo nuestro espectro visible.

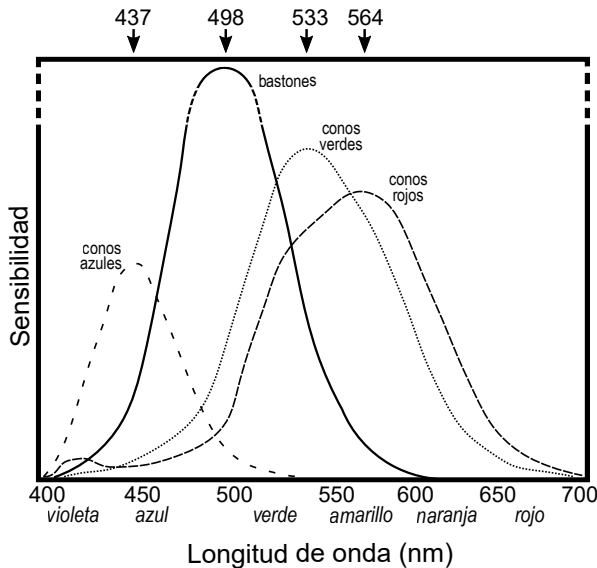


Figura 2.5. Gráfica en la que se muestra el espectro de sensibilidad de los bastones y los tres tipos de cono de la retina humana a las longitudes de onda de la luz.

Así que, cuando llega información luminosa a la retina, la mezcla de la información que procesan todas estas células hace que veamos los colores que vemos, más de un millón, nada mal para unos simples humanos. Sí, ya sé que te parecen muchos y que no sabrías nombrar un millón de colores —lo mismo ni veinte—, pero una cosa es distinguir gamas dentro del espectro de colores que vemos y otra diferente, nombrarlos. Cómo llamamos a los colores también depende de muchos aspectos: educativos, sociales o culturales, entre otros; por ejemplo, se dice mucho que los esquimales pueden distinguir más de treinta o cuarenta tipos de blanco o que a los habitantes de las selvas les sucede lo mismo con el verde. No poseen unas capacidades o adaptaciones excepcionales en sus ojos, sino que, cultural y

socialmente, su lenguaje se presenta mucho más rico en términos relacionados con la gama de esos colores a causa del entorno. Seguramente que tú también los puedas distinguir; lo que no sabrías decir es cómo se llaman, porque eso no depende de la percepción visual, sino de esos aspectos particulares de cada grupo social. Seguro que una persona que se dedique al diseño gráfico; a la moda; a la elaboración de tonalidades de maquillaje, sombras de ojos o cualquier oficio similar en el que se requieren habilidades especiales para el diseño y distinción de paletas de color, conozca también muchos más colores que una persona profana en la materia.

Hay muchas curiosidades sobre los conos y cómo nos ayudan a distinguir algunos colores en concreto; por ejemplo, el número de cada tipo de cono en la retina humana no es el mismo los conos para los azules, abundan poco. Los humanos tenemos menos conos para percibir esas longitudes de onda que para el resto del espectro visible. Debido a esta característica y a la distinta estimulación —mayor o menor— que reciben todos ellos cuando llega un estímulo luminoso a nuestros ojos, debido a que presentan distinta sensibilidad a las longitudes de onda de la luz, provoca que seamos capaces de discernir todos los matices en las tonalidades que podemos distinguir. Pero fíjate en la gráfica en la que se muestra la sensibilidad de cada uno de los tipos de conos —en la figura 2.5—. Si te das cuenta, tanto el azul como el violeta estimulan el cono sensible al azul. Entonces, ¿cómo los distinguimos entre sí? Gracias a que, aunque de una forma más débil, porque su sensibilidad es menor en esa zona del espectro, el cono sensible al rojo también se estimula con esas longitudes de onda, así que la mezcla de la estimulación intensa del azul y levemente del rojo nos permite discriminar entre azul y violeta. ¿Y el rosa? En nuestro espectro visible, ¿dónde se encuentra? Hablaremos de él más adelante.

Mientras, ¿quieres conocer más capacidades de los conos? Pues verás, son los que nos proporcionan nuestra mayor agudeza visual;

en promedio, sería de 20/20 para una persona con salud visual óptima. Esto se mide con la prueba de Snellen, llamada así en honor del oftalmólogo neerlandés Herman Snellen, que la ideó en 1862. Se trata de esa pantallita colocada sobre una pared de la óptica o la consulta y en la que figuran letras de diferentes tamaños a una distancia determinada. Pues bien, tener una agudeza 20/20 en la prueba de Snellen significa que a 20 pies (6 metros), esa persona puede discernir contornos nítidos separados a una distancia mínima de 1,75 milímetros. ¿Qué significa, entonces, que goces de una agudeza visual de 20/30? Pues que, para ver lo mismo que una persona observa a 30 pies (9 metros), tú tienes que acercarte a los 20 pies. Por tanto, tu visión se encuentra por debajo de ese promedio. Lo malo sobre los conos —no todo podía ser bueno— es que necesitan mucha intensidad luminosa para funcionar; por eso, lo hacen casi exclusivamente durante el día o cuando encendemos la luz de una habitación. En esos momentos, podemos apreciar todos los colores. Entonces, cuando miramos un objeto, ¿por qué lo vemos de un color determinado? Se debe a que ese objeto, por sus características fisicoquímicas, absorbe una serie de longitudes de onda del espectro visible reflejando otras, que son las que llegan a nuestros fotorreceptores. Esas longitudes de onda reflejadas estimulan de forma muy particular a los tres tipos diferentes de conos, lo que genera un mensaje que llega a nuestro cerebro, siendo este un mensaje único para cada tipo de color observado —o matiz.

Una vez aclarado cómo funcionan los conos, acerquémonos a los bastones. Ya comenté antes que son células muy sensibles a la luz: responden cuando hay baja intensidad luminosa y, por tanto, nos ayudan a ver con poca iluminación, por la noche o en el ocaso. Sin embargo, no son muy buenos para distinguir los colores. Esto es porque solo hay un tipo, que responde bien a las longitudes de onda próximas a los 498 nm aunque, al igual que ocurre con los conos, su respuesta comprende zonas del espectro anteriores y posteriores a los

498 nm. Pero, claro, como solo hay un tipo, no comprende toda la amplitud del espectro visible con la misma sensibilidad —algo que sí suplen los tres tipos de cono durante el día—; por eso, se dice que por la noche todos los gatos son... Y, a pesar de que el ojo humano cuenta con unos ciento treinta millones de estas células en la retina, como todos ellos responden a las mismas longitudes de onda, los colores que apreciamos con baja luminosidad siguen siendo muy pobres, en comparación con la amplia gama que podemos apreciar a plena luz del día.

Otra particularidad de la retina humana estriba en que los fotorreceptores no se distribuyen por igual por toda su extensión, sino que los conos se concentran en el centro, en un área llamada «mácula», con una depresión en el medio: la fovea. Para que te hagas una idea de su extensión, la mácula de la retina humana —proveniente de «mancha» porque, al mirar el fondo de ojo, se aprecia como una zona amarillenta— mide lo que un grano de arroz y, en el centro, se hallaría esa depresión que forma la fovea.

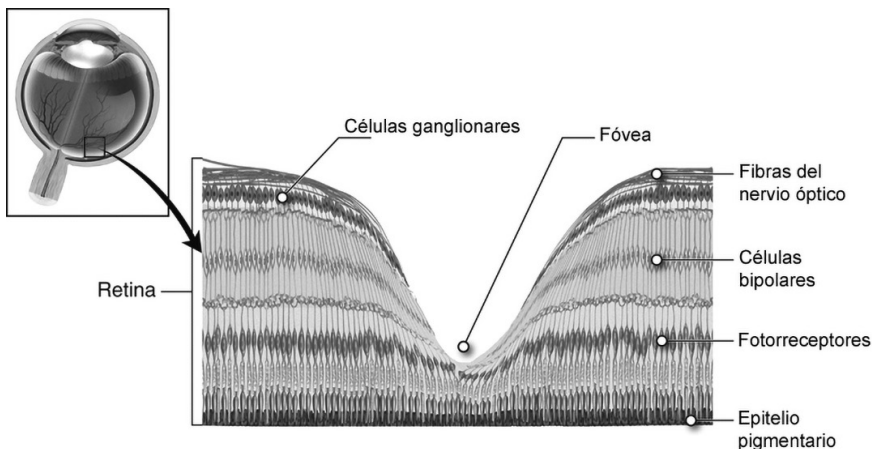


Figura 2.6. En este esquema se muestra la depresión de la fovea y cómo las capas de la retina se encuentran desplazadas, lo que facilita la máxima exposición de los conos a la luz que entra en el ojo. Esquema modificado de Cenveo, Creative Commons Attribution 3.0.

Si recuerdas, ya he explicado que nuestra retina se presenta «al revés» en el ojo; es decir, al tratarse de una retina invertida, la luz no llega directamente a los fotorreceptores, sino que ha de atravesar varias capas de células hasta alcanzarlos. Pues bien, en la fovea se forma una depresión porque todas estas capas de células se hallan desplazadas hacia los laterales, de forma que dejan al descubierto solo los conos y la luz incide directamente sobre ellos. Esta zona la usamos especialmente cuando miramos algo fijamente y nos aporta una resolución máxima. Dicha resolución —la agudeza visual—, comparada con una cámara digital, equivaldría a unos quinientos ochenta megapíxeles. ¡No está mal! ¿Cuántas células permiten que tengamos esa resolución —o agudeza visual—? Pues, en la retina central, se estima que disponemos de unos siete millones de conos, principalmente en la fovea, y tal poder de resolución nos lo proporciona el hecho de que tenemos unas doscientas mil de estas células por milímetro cuadrado. Esta concentración de conos en la retina central, en la mácula —y la fovea— no sucede en todos los animales. Sí aparece en los primates y en otras especies, ya que incluso algunas rapaces diurnas llegan a tener dos foveas, pero hay otros como, por ejemplo, los ratones o los peces, sin zonas en su retina donde se concentren los distintos tipos de fotorreceptores.

Volvamos al ser humano que, de la curiosa visión de algunos animales, ya nos encargaremos más tarde. Como en nuestra retina los conos se concentran en la fovea, son los bastones los que se distribuyen por el resto de la retina, pero no lo hacen de manera homogénea, al ser más abundantes justo en la zona que se halla alrededor de la mácula. Según nos alejamos de esa zona hacia la periferia, el número de bastones se va reduciendo.



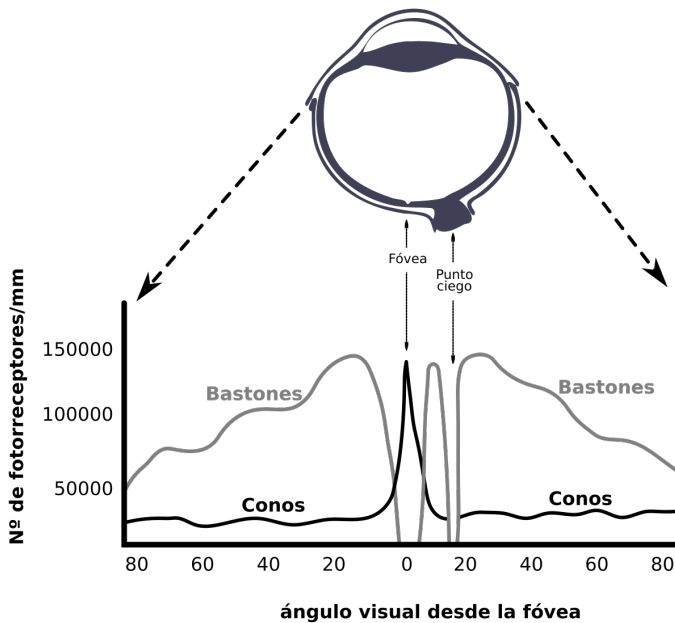


Figura 2.7. En este esquema, se muestra la distribución del número de conos y bastones desde un margen de la retina —la periferia— a la zona central y hasta el otro margen. En la fóvea se concentran los conos, y los bastones son mayoritarios, justo alrededor de esa zona, aunque estos también se encuentran, aunque en menor medida, por el resto de la retina, incluso en la periferia.

Ahora bien, la pregunta del millón es: ¿cómo de rápido podemos distinguir —entender— lo que vemos? Hasta hace poco, pensábamos que lo más rápido que podíamos ver y comprender algo era unos veinte o treinta milisegundos. Sin embargo, la tecnología con la que se cuenta en la actualidad ha permitido estimular, de forma mucho más rápida, la retina humana, y el grupo de Pablo Artal, de la Universidad de Murcia, ha conseguido determinar que respondemos a estímulos y los reconocemos en mucho menos tiempo, apenas 5 milisegundos (ms). Compáralo ahora con lo que dura un *frame* de un vídeo, que oscila entre 50 y 100 ms.

¡Abre los ojos!

Dedicarte un sueño  
Cerrar los ojos y sentir  
Oscuridad inmensa  
Entregado a una luz  
(*La sirena varada*, Héroes del Silencio).<sup>5</sup>

## Mirada periférica

A pesar del número de fotorreceptores tan impresionante que tenemos, de nuestra agudeza visual y nuestra —bastante— buena visión diurna, tampoco nos podemos venir muy arriba, porque mucho de lo que creemos ver con la periferia de los ojos supone una construcción de nuestro cerebro; así tal cual, sin medias tintas. Parte de lo que crees estar viendo no es real y esto no se debe a esas ilusiones ópticas que experimentamos en algunos momentos, sino que me refiero a que lo genera nuestro cerebro. Me explico: antes comenté que disponemos de conos y bastones distribuidos de distinta forma por la retina; los conos solo se presentan en la mácula, en una zona muy pequeña, y los bastones se distribuyen por el resto, también por la periferia. Esto permite que nuestro campo visual —lo que abarcan nuestros ojos cuando miramos a un punto determinado— en plano horizontal llegue hasta los 180 grados —nada mal, pero ten en cuenta que algunos animales con los ojos a los lados, como los conejos, los caballos y muchos herbívoros en general, abarcan un campo visual de hasta 360 grados.

---

5. Enlace a Spotify: <<https://open.spotify.com/track/185xDOLU8KPZKqhUICnjRz?si=671a6f6425234138>>.

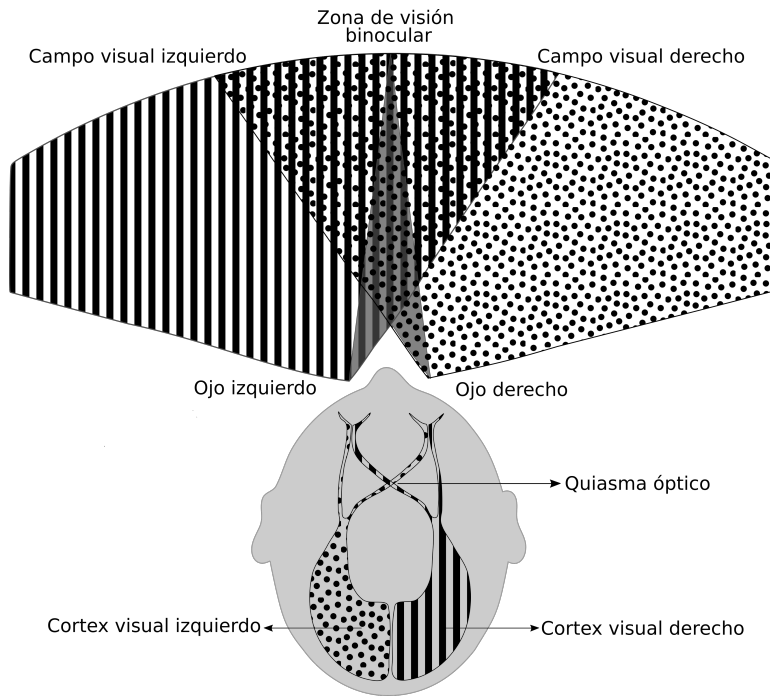


Figura 2.8. En este esquema se muestra el campo visual que abarca la visión humana.

Pues bien, a pesar de todo esto, como decía, nuestra visión periférica en realidad es muy deficiente —siento que estoy todo el tiempo dándote una de cal y otra de arena—. Esto se debe a que los bastones no son muy buenos a la hora de generar «megapíxeles» en esa cámara imaginaria que son nuestros ojos, así que el cerebro usa mecanismos para «rellenar» dicha imagen. ¿Por qué, si contamos con tantos bastones, aportan tan poco a nuestra resolución? Esto sucede porque en la fovea, donde están los conos, aparte de que hay un mayor empaquetamiento celular —y, como en una cámara digital, a mayor densidad, más pequeños son los píxeles de información visual—, los datos se transmiten por una vía bastante directa e individualizada al resto de las células de la retina —un cono le envía la información a una célula bipolar y esta a una célula ganglionar, la cual se comunica directamente con otras par-

¡Abre los ojos!

tes del cerebro—. Pero, fuera de esa zona, la información que recopilan varios fotorreceptores —los bastones— convergen en una ganglionar, por lo que la comunicación acerca de cada uno de los bastones no llega de forma individualizada como la de los conos, sino que lo hace «mezclada» con la que proviene de los bastones de alrededor. Esto añade «ruido» a esa información, de modo que pierde definición.

Para demostrarte que tus bastones no son muy buenos definiendo la información que recibes por la periferia de la retina, te propongo un experimento. Fíjate en la imagen en blanco y negro que encontrarás en esta página (figura 2.9). Si miras de forma individual cada pieza —usas tu retina central—, verás que se trata de polígonos diferentes entre sí —triángulos, hexágonos, pentágonos...—, pero, si fijas tu mirada unos segundos en el centro —intenta acercarte a la imagen de modo que los márgenes incidan en tu retina central—, todas las figuras adquieren inmediatamente la misma forma, las de la zona central. Los estímulos de la periferia tienden a adoptar la identidad de los estímulos del centro de la imagen. Con esto acabamos de demostrar que lo que ves por tu retina periférica lo rellena el cerebro con la información que recibe de forma más definida, la zona central.

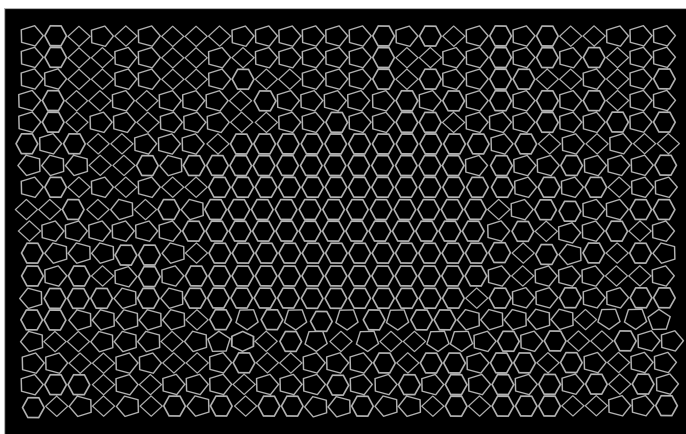


Figura 2.9. Imagen de *Uniformity Illusion*. <<http://www.uniformillusion.com/>>.

Y, siguiendo con curiosidades sobre nuestra visión periférica, ¿te has preguntado alguna vez por qué eres capaz de ver las estrellas con el rabillo del ojo, pero, cuando quieres mirar a una de ellas directamente —con la retina central— no eres capaz de verla bien, especialmente si es poco luminosa? Este fenómeno posee una explicación..., y no es por la razón que estás pensando, no necesitas gafas. Ahora ya tienes todas las claves para saberlo y sí, tiene que ver con el funcionamiento de nuestros bastones. Es justo nuestra periferia visual la que ve mejor a baja luminosidad, la que percibe mejor las estrellas poco brillantes, porque ahí se encuentran los bastones, las células que responden a un solo fotón de luz. Ahora todo adquiere sentido, ¿no? Cuando las miras fijamente, usas la mácula, donde ya sabes que se sitúan los conos, que solo funcionan cuando hay mucha luminosidad. Una estrella titilante o poco brillante no emite suficiente luz para estimular a nuestros conos, pero sí para que nuestros bastones se «estimulen».

Otra de las experiencias realmente ilustrativas del funcionamiento de nuestros conos y bastones es la que experimentamos al atardecer. Seguro que alguna vez has notado que, a medida que se pone el sol, durante el ocaso, te cuesta un poco más resolver las imágenes. Es como si no pudieses enfocar bien. Yo lo noto mucho cuando conduzco; es como que no soy capaz de leer bien los letreros —sí, mis gafas están bien graduadas; no es eso—. Como antes, tampoco se debe a que te hayan subido las dioptrías —pero, por si acaso, no te olvides de tu revisión anual, ¿eh?—. Esto se debe a que, en ese momento, los conos no funcionan tan bien como cuando hay mucha luminosidad, ya que la cantidad de luz no es suficiente para que estas células trabajen correctamente, así que se «apagan» y dejan que sean los bastones los que se hagan cargo de nuestra visión.

Pero, claro, ya sabemos que tales células no son las mejores resolviendo la imagen, así que la información que le llega a nuestro cerebro lo hace con algo de ruido; no está tan definida como la que manejan los conos. Esto es así: sacrificamos una cosa —resolución— por otra

—recibir información visual—. Y, si te lo estabas preguntando..., sí, los bastones, al ser muy sensibles a la luz, durante el día, cuando nuestra retina está acondicionada a una gran intensidad luminosa, se encuentran saturados. Esto hace que, cuando estás en la calle con una luz muy intensa —imagina que te encuentras en el patio de Escuelas Menores de la Universidad de Salamanca; si no has estado, te animo a hacerlo— y entras de repente en alguna estancia oscura, tardes un tiempo en poder percibir algo —por ejemplo, en la sala donde disfrutar de *El Cielo de Salamanca*, una obra de Fernando Gallego que ocupó parte de la bóveda de la antigua biblioteca de la universidad y que ahora puedes visitar en una sala del patio de Escuelas Menores, cuya iluminación es muy tenue, para disfrutarla en su máximo esplendor—. El fenómeno que experimentas con este cambio de luminosidad tan brusco se denomina «adaptación —o acomodación— a la oscuridad». Tanto los conos como los bastones participan en la adaptación a la oscuridad, aumentando lentamente su sensibilidad a la luz en un entorno sombrío. En una habitación completamente a oscuras, los conos se adaptan más rápidamente, por lo que, en los primeros minutos de adaptación reflejan la visión mediada por estos. Los bastones trabajan más lentamente, pero, como actúan con niveles de iluminación mucho más bajos, toman el relevo de los conos y pueden tardar hasta veinte minutos aproximadamente en funcionar con normalidad. Este fenómeno es conocido desde hace mucho tiempo; de hecho, he leído en varios sitios que los piratas llevaban un parche en el ojo —estereotipo que hemos visto en películas, cómics, libros, etc.— precisamente porque así, cuando permanecían en cubierta, tenían un ojo adaptado a la intensa luminosidad del exterior y, al entrar en el interior del barco, al destaparse el ojo, ya lo tenían adaptado a la oscuridad, con lo que veían mejor en esas condiciones de forma inmediata. Pero, aunque este recurso lo usaron los piratas hace tiempo, sigue estando vigente hoy día —aun con menos piratas—. ¿Alguna vez te has preguntado por qué se atenúan o llegan a apagarse las luces de cabina en un vuelo cuando despegamos o aterrizamos? El motivo principal reside en que, de ocurrir

algún percance y tener que evacuar de emergencia, nuestro ojo ya estaría aclimatado a la luz del exterior, de manera que se «ahorra» ese tiempo, algo vital.

Después de todos estos «peros», no quería dejarte con un mal sabor de boca y que te quedes con la idea de que nuestra visión periférica es pobre, así que termino contándote que esta visión, aparte de para disfrutar de las estrellas poco luminosas, es también muy buena para detectar movimiento. En general, todo nuestro sistema visual se halla preparado para detectar el movimiento de forma rápida y precisa, tanto que se genera un fenómeno llamado «ceguera por movimiento». Cuando nuestra visión periférica detecta algo que se mueve, dirigimos automáticamente nuestra mirada, e incluso nuestra cabeza, a aquello que ha despertado nuestro interés —se trata de un reflejo adquirido— y dejamos de prestar atención a lo demás. De esta pérdida de atención momentánea —e inconsciente— se aprovechan los ilusionistas para, cuando realizan un truco, tratar de redirigir nuestra vista a donde ellos quieren mientras que, con la otra mano, esconden la carta a fin de sorprendernos con su habilidad.

So tell me what I see  
When I look in your eyes  
Is that you, baby,  
Or just a brilliant disguise?  
(*Brilliant Disguise*, Bruce Springsteen).<sup>6</sup>

## Tienes un punto ciego

En condiciones normales, no eres consciente de ello, pero, en tu campo visual, hay un punto ciego; bueno, más bien dos: uno en cada

---

6. Enlace a Spotify: <<https://open.spotify.com/track/0nqbZ17t9v52SCemAm1QP0?si=509aabc259dc4377>>.

ojo. Me explico. Ya he mencionado en varias ocasiones que, en nuestra retina, al estar invertida, la luz atraviesa varias capas de células no fotosensibles para llegar hasta los fotorreceptores. Déjame recordarte también que, entonces, la información hace este recorrido: desde el fotorreceptor, estimulado por la luz, se envía a las células bipolares y, de estas, a las ganglionares, cuyos axones forman el nervio óptico que sale del ojo y contacta con centros superiores del cerebro. Contamos con millones de todas estas células, por lo que el nervio óptico está formado por un conjunto de cables —muchos, alrededor de un millón— que conectan la retina con nuestro cerebro. En la zona del ojo por donde sale este conjunto de cables, no hay fotorreceptores, de modo que, en cada ojo, disponemos de un «punto ciego» —indicado en las figuras 1.2 y 2.7—. Sin embargo, nuestro campo visual, en condiciones normales, no está interrumpido en ningún sitio, ni siquiera cuando nos tapamos un ojo parece ser perceptible. ¿O te parece a ti que en algún sitio de tu campo visual no se ve nada? En realidad, está ahí, pero no experimentamos ese punto ciego porque nuestros ojos, de forma inconsciente, se mueven constantemente y uno compensa lo que el otro se pierde.

Además, aparte de que ya sabes que nuestro cerebro «rellena» la información que falta, el sistema visual se halla preparado para solucionar el problema, especialmente cuando cerramos un ojo: el córtex visual, simplemente, rellena el pequeño agujero en nuestra visión con patrones similares de las áreas circundantes, y nunca notamos la diferencia. Pero el «punto ciego» sigue estando y, para ponerlo de manifiesto, y que te hagas una idea de su extensión, recurriremos a un experimento con la figura 2.10. Prueba a hacer esto: cierra el ojo izquierdo y mira fijamente con el derecho el punto de la izquierda. Deberías poder ver la cruz de la derecha —no la mires; solo obsérvala—. Si no la ves, acércate o aléjate hasta hacerlo. Ahora, muévete lentamente para aproximarte a la imagen mientras sigues mirando el punto de la izquierda. A una



distancia determinada —probablemente, unos treinta centímetros—, la cruz de la derecha desaparecerá completamente de tu vista, porque su imagen ha caído en el punto ciego. Ahí lo tienes. Puedes hacer lo mismo cerrando el ojo derecho y fijándote esta vez en la cruz de la derecha hasta hacer desaparecer el punto de la izquierda.

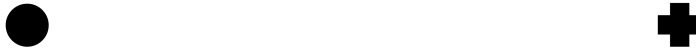


Figura 2.10. Experimento para comprobar tu punto ciego.

Más adelante abordaremos algunos de los problemas visuales que podemos experimentar, pero aprovecho que sigues buscando tu punto ciego para decirte que esta capacidad maravillosa del cerebro para «rellenar», y que permite que nuestro campo visual no se interrumpa, puede convertirse en impedimento para detectar tempranamente muchos problemas visuales, como la degeneración macular asociada a la edad —tratada más adelante—. En el capítulo 5, explicaré con más detalle cómo evoluciona dicha enfermedad, pero, por ahora, quédate con que se caracteriza por la acumulación anormal de sustancias de desecho en zonas concretas de la mácula, lo que provoca que la visión se distorsione. Estos cambios tempranos aparecen de forma muy sutil y, normalmente, empiezan en un

ojo. Nuestro cerebro, en su afán de hacer que veamos bien, compensa esas pequeñas pérdidas haciendo lo que mejor sabe: rellenar la información. Por eso, a veces, este tipo de problemas visuales se suelen diagnosticar cuando ya se encuentran en un estado avanzado de desarrollo.

Y ¿alguna vez te has planteado que parpadeas de forma continua e inconsciente pero que no ves las imágenes como fotogramas, sino de manera continuada? Pues sí, lo haces una vez cada cuatro segundos aproximadamente, unas quince-veinte veces por minuto —cuando estás concentrado leyendo o mirando una pantalla, lo haces menos veces y eso acarrea problemas; más adelante veremos por qué—. Es para hidratar la córnea y limpiarla de impurezas con la lágrima. Vamos, que estás con los ojos cerrados el 10% del tiempo que permaneces despierto. No solo eso, sino que el tiempo de cada parpadeo es de unos doscientos milisegundos, que puede parecer poco, pero, para la velocidad a la que funciona nuestro cerebro, es bastante. ¿Por qué, entonces, ves la vida como una película y no como aquellos fotogramas del cine mudo antiguo? La explicación es la misma que para casi todo lo demás: porque tu cerebro «rellena» esa información con la «imagen-recuerdo» que tiene de los momentos con los ojos abiertos. Esa imagen recuerdo es lo que se llama «imagen residual». Puedes comprobar fácilmente a qué me refiero con esto de la imagen residual mantenida durante unos segundos en nuestra percepción, o seguro que lo hayas experimentado alguna vez: cuando miras fijamente un punto de luz y apartas la vista, o vas hacia un sitio más oscuro y miras un fondo neutro, la imagen permanece en tu retina, y ves una huella de lo que estabas mirando. Y, a pesar de lo que se creía hace tiempo —que eran nuestros fotorreceptores de la retina los que permanecían estimulados durante ese período y producían el efecto—, ahora se sabe que no es así, que nuestra corteza visual es la encargada de guardar y exponer esa «imagen residual» en

nuestra retina. Esta función nos ayuda a que lo que vemos sea una «película en un solo plano secuencia» y no un mal montaje cortapega de fotogramas. No está mal, ¿no? ¡Para que luego digan que nuestro cerebro nos engaña!

¡Abre los ojos!

**«No vemos el mundo como es, sino como somos».**