

## CÓMO FUNCIONAN NUESTRAS GAFAS

CSIC. Catarata. Colección ¿Qué sabemos de?. 2014. 110 páginas.

Sergio Barbero Briones



Después de 55 títulos de la colección de divulgación científica *¿Qué sabemos de?* que promueve el CSIC en colaboración con la editorial Los libros de la Catarata, aparece en las librerías el título *Cómo funcionan nuestras gafas*, cuyo autor, Sergio Barbero Briones, es científico titular del CSIC en el Instituto de Óptica, actual secretario de la Sociedad Española de Óptica y del Comité Español del Año Internacional de la Luz.

El libro se compone de presentación, prólogo, 5 capítulos (1. El ojo como instrumento óptico; 2. Defectos ópticos de la visión; 3. Antes del antejo; 4. ¿Cómo funciona una lente?; 5. ¡Quiero ver bien de lejos y de cerca!), epílogo, cronología y bibliografía.

En la presentación, Joaquín Campos Acosta, Director del Instituto de Óptica “Daza de Valdés” (CSIC), introduce al lector en la importancia de la luz y las tecnologías ópticas, y se refiere a la Asamblea General de la ONU de diciembre de 2013 en la que se aprobó la resolución en la que se declaraba 2015 como Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz.

En el prólogo podemos leer una breve descripción de la evolución tecnológica y científica que, en el contexto social de cada época, ha habido en este campo: desde el uso de los anteojos, que aparecen por primera vez en el norte de Italia a finales del siglo XIII para compensar la presbicia (aunque no fue hasta el siglo XVII cuando Kepler desarrolló una teoría que describió completamente su funcionamiento desde el punto de

vista óptico), hasta las gafas actuales que permiten compensar las ametropías o errores refractarios.

El capítulo 1 trata el fenómeno de la propagación rectilínea de la luz, con la explicación dada por Anaxágoras de Clazómenes en el siglo V a.C., el concepto de índice de refracción, la explicación dada por René Descartes a lo que le ocurre a un rayo de luz al atravesar dos medios de diferente índice de refracción y la ley de la refracción de Ibn Sahl (denominada a veces ley de Snell por considerarse durante cierto tiempo su primer descubridor).

A continuación el lector conocerá cómo se forman las imágenes para poder ver. Se habla de la retina, la esclerótica, la córnea, el cristalino, la pupila, la distancia focal, la potencia óptica y sus unidades, las dioptrías y la vergencia, explicando la ley deducida por Huygens en 1653.

Posteriormente se ocupa de varias teorías sobre la visión: escuela platónica, escuela atomista, o el cambio de paradigma que supuso el libro *Kitāb al- Manāzir* (*Libro sobre la óptica*) de Ibn al-Haytham, latinizado como Alhacén, desarrollando una teoría basada en argumentos geométricos y anatómicos.

En las siguientes páginas se describe cómo, a lo largo de la historia, ha variado la idea acerca de cuál es el órgano fundamental de la visión, en base a la evolución científica, técnica y social. Así puede leerse cómo, antes de realizar disecciones, se pensaba que era la córnea (es probable que Herófilo de Calcedonia, perteneciente a la escuela médica alejandrina del siglo XIII a.C., fuera el primero en observar la estructura de la retina mediante una disección). Para Galeno de Pérgamo era el cristalino, y no es hasta el Renacimiento cuando el médico Felix Plater identifica la retina en conjunción con el nervio óptico como el órgano sensorial.

Johannes Kepler, que se interesó por el fenómeno de la visión al detectar anomalías en sus observaciones astronómicas que achacaba a sus propios defectos de vista (tenía una fuerte miopía y doble visión en uno de sus ojos), elabora un modelo matemático del ojo y una conclusión teórica contraria a la experiencia sensorial (imágenes invertidas en la retina) que necesitó del *experimentum crucis* (experimento determinante para cambiar una teoría científica) ideado y ejecutado por el jesuita coetáneo de Kepler, Christopher Scheiner.

En el capítulo 2 se explica de una manera muy clara, con el apoyo de imágenes, en qué consisten los errores refractarios:

- Presbicia (*presbiopie* significa “la mirada del hombre anciano”)

- Miopía (proviene del griego *myops*, aparece por primera vez en un texto aristotélico y se compone de los términos *myein* “cerrar” y *ops* “ojo”). En este apartado se citan curiosidades interesantes, como la relación que puede existir entre la pintura impresionista y la miopía de muchos de los pintores de esta corriente, poniendo como ejemplo *el Baile en el Moulin de la Galette*, de Renoir.

- Hipermetropía (que significa “longitud focal en exceso”, propuesto por primera vez en el siglo XIX por Donders, mucho más tarde que los demás, puesto que se confundía con la presbicia al manifestarse de manera similar).

- Astigmatismo, describiendo el experimento que hizo Thomas Young con el instrumento óptico diseñado por él mismo que permitió dar una explicación geométrica a este error refractario (que el propio científico sufría) y cuyo término, acuñado por el matemático y astrónomo George Biddell Airy en 1825 (aunque sugerido por William Whawell) significa “formación de un punto en un punto”.

En el capítulo 3 se describen los primeros instrumentos ópticos para mejorar la vista, como:

-La dioptra, empleada en la Edad Media y basada en el efecto estenopeico

-Esferas de vidrio rellenas de agua, basadas en el fenómeno de magnificación. Se considera que la primera vez que un documento histórico hace alusión a un objeto óptico que permita mejorar la visión es en *Cuestiones naturales* de Séneca, refiriéndose al agua.

- El espejo cóncavo, del que se han encontrado restos en civilizaciones antiguas e incluso en yacimientos neolíticos, hechos con materiales muy reflectores como la obsidiana pulida, el bronce y, a partir del siglo I, vidrio o cristal

- Lentes ópticas, llamadas “piedras de lectura” que magnifican la imagen, usadas en la Edad Media, hechas de vidrio, de cristal de roca (cuarzo incoloro de gran transparencia) o menos frecuentemente, del mineral berilo

-Los anteojos, lentes biconvexas que, a diferencia de las “piedras de lectura” (plano-convexas) no estaban en contacto con el objeto de lectura sino enfrente del ojo, de ahí su nombre. En el libro podemos ver la imagen de los restos arqueológicos más antiguos, de alrededor de 1350, en la abadía de Wienhausen (Alemania). Se sujetaban a la cara mediante el apoyo directo del puente sobre la nariz, posteriormente (invención quizás hispana) se ideó un cordel para sujetarlos a las orejas y más tarde, al hacer una

estructura uniendo puente y patillas, se creó la montura que, con las lentes, conformaron las gafas.

El capítulo termina con una breve explicación etimológica al término “gafas” en lenguas europeas.

El capítulo 4 describe la clasificación actual de las lentes:

-Positivas (el espesor es mayor en el centro que en la periferia): bi-convexa, plano-convexa y menisco-positivo, que hacen converger los rayos de luz incidentes sobre ellas, por lo que ayudan a compensar la hipermetropía y/o presbicia

- Negativas (el espesor es menor en el centro que en la periferia): bi-cóncava, plano-cóncava y menisco-negativo, que hacen divergir los rayos que las atraviesan y ayudan a compensar la miopía.

En las siguientes páginas se explica el fundamento físico, con la referencia al libro *Dioptrice* escrito por Kepler en 1610, en el que mostró por primera vez cómo funcionan las lentes ópticas.

A continuación podemos leer cómo Young compensaba su astigmatismo, cómo Airy llegó a la conclusión de poder compensarlo utilizando una lente con forma plano-cilíndrica y la razón por la que, si el astigmatismo aparece combinado con miopía o hipermetropía, las lentes tienen una superficie en forma toroidal.

En este recorrido histórico llegamos al gran reto de los diseñadores ópticos de lentes oftálmicas: conseguir reducir el error refractivo asociado a las distintas direcciones de mirada. En 1804 el físico William Wollaston concluye que las lentes con forma de menisco son más adecuadas para conseguir este objetivo, y tras diversos estudios, en 1910 surge la lente esférica (la curvatura cambia al ir del centro a la periferia), que permite compensar el astigmatismo para cualquier dirección de mirada (aunque no se fabrica de forma masiva hasta la aparición del plástico). En la actualidad las lentes oftálmicas se fabrican normalmente con una superficie esférica y otra esférica, porque permite reducir las dimensiones de la lente, su espesor y su peso.

En la última parte del capítulo se explica la evolución de materiales que se han utilizado para fabricar las lentes oftálmicas, explicando el proceso de obtención del vidrio (coloquialmente se llaman lentes inorgánicas) y la revolución tecnológica en la 2<sup>a</sup> Guerra Mundial, con la síntesis de polímeros que permiten fabricar nuevas lentes (llamadas coloquialmente orgánicas), más resistentes a los impactos y más ligeras.

En el capítulo 5 podemos leer cómo Benjamin Franklin diseñó unas gafas bifocales (con una reproducción del dibujo que hizo de las mismas en una carta de 1785), cómo su diseño evolucionó y aparecieron las trifocales, y ya en la década de los 70 del pasado siglo, las progresivas.

Importante la llamada de atención que el autor hace sobre las publicidades engañosas en relación a las lentes progresivas: no existe ninguna que proporcione una visión perfecta para cualquier dirección de mirada, dando una justificación matemática, en concreto la de la geometría diferencial. Interesante la situación que da como ejemplo de la implicación del teorema de Günter von Minkwitz (joven matemático que trabajaba en el Instituto de Óptica y Espectroscopía del Berlín Oriental), deducido y publicado en 1963.

El capítulo finaliza explicando los tipos de distorsión óptica (del latín *distortus*, “retorcer en distintas direcciones”) que se producen con lentes monofocales y progresivas, que también es imposible que no se dé, por lo que se pretende que el nivel de distorsión sea aceptable por el cerebro para interpretar correctamente la imagen.

El epílogo supone la mirada al futuro. Nombra las demás técnicas utilizadas para la compensación de ametropías (lentes de contacto, intraoculares, cirugía refractiva...) y plantea la duda sobre si coexistirán (en muchos casos son soluciones complementarias), se impondrá una de ellas o surgirá “el remedio definitivo y universal para todos los males de la vista”.

Por último, explica en qué consisten las lentes de potencia ajustable (de las que se está estudiando si pueden ser una solución para el problema de acceso a las gafas en países pobres, o incluso usarse para medir el grado de ametropía), y nombra otros ejemplos que muestran que la tecnología en este campo continúa evolucionando: lentes con modulación del índice de refracción, lentes que modifican la polarización de la luz.

Podemos ver que este libro va mucho más allá de su título: por supuesto explica los tipos de lentes que pueden existir y su fundamento físico, pero también nos adentra en la historia de la óptica, con ilustraciones que enriquecen el texto escrito por su valor histórico, físico y matemático.

Una buena forma de celebrar el Año Internacional de la Luz puede ser leyendo este libro que enseña aspectos claves de la óptica, y cómo gracias a la Física, Química, Biología, Geología y a las Matemáticas, podemos conseguir corregir defectos visuales y que mejore nuestra calidad de vida.

Para finalizar, quiero destacar la doble denuncia que el autor de este libro argumenta en el prólogo y vuelve a citar en el epílogo:

En primer lugar expone la menor importancia que se le ha dado a este instrumento óptico en comparación con el telescopio o el microscopio, a pesar de la repercusión que en la mejora de la salud visual supone.

Por otra parte da unas cifras que hablan por sí solas: según estimaciones de la OMS, existen alrededor de 150 millones de personas con discapacidad visual debido a errores refractivos no corregidos (miopía, astigmatismo e hipermetropía), que suponen la primera causa de baja visión en el mundo y la segunda causa de ceguera después de las cataratas, y 500 millones de personas no pueden ver de cerca debido a la presbicia.

Tras leer estos datos no cabe más que respaldar las palabras de Sergio Barbero: “el acceso a esta antigua tecnología, en el mundo empobrecido que nos rodea, debería ser una prioridad mundial de las organizaciones sociales y sanitarias”.

Considero que este libro tiene un gran valor didáctico, y su lectura sirve para que el lector se conciencie de estas necesidades gracias a un mejor conocimiento del tema, presente, aunque sea en distintas etapas, en la vida de todo ser humano.

**M. Araceli Calvo Pascual<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Formación de Profesorado y Educación, Universidad Autónoma de Madrid. [araceli.calvo@uam.es](mailto:araceli.calvo@uam.es)