

El ojo desnudo

Si no lo ven, ¿cómo saben que está ahí?
El fascinante viaje de la ciencia más allá
de lo aparente



Antonio
Martínez Ron

El ojo desnudo



DRAKONTOS

Director:
JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON

El ojo desnudo

Si no lo ven, ¿cómo saben que está ahí?
El fascinante viaje de la ciencia más allá
de lo aparente



Antonio
Martínez Ron

CRÍTICA
BARCELONA

Primera edición: noviembre de 2016

El ojo desnudo
Antonio Martínez Ron

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal)

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.
Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

© Antonio Martínez Ron, 2016

© Editorial Planeta S. A., 2016
Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)
Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

editorial@ed-critica.es
www.ed-critica.es

ISBN: 978-84-9892-981-2
Depósito legal: B. 20.752 - 2016
2016. Impreso y encuadernado en España por Black Print

•

Índice

<i>Prólogo</i>	9
Introducción	13

VISIONES

Flores en la oscuridad	21
Monos visuales	24
Fuego en el ojo	29
Caminar sobre un eclipse	33
Un genio a oscuras	37
El astrónomo miope	42
El mundo al revés	49
<i>Invisibilia</i>	55

ARTEFACTOS

Rayos y canales	61
Curiosidad y vista corta	66
Sombras en tránsito	74
Fulgores postizos	76
Estrellas en el museo	81
Licencia para observar	87
Otros ojos, otros planetas	90

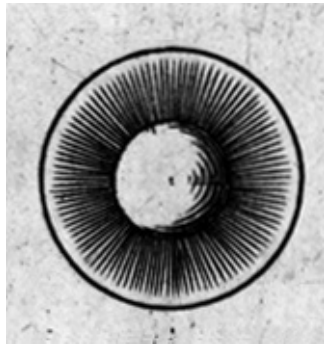
COLORES

Serpientes en el cielo	101
Destejiendo el arcoíris	106
Una cuestión «particular»	111
A la velocidad del rayo.	115
La piedra que confundió al Sol.	119
<i>Forever Young</i>	123
Fotos en el fondo del ojo	130
Ciegos al color	135
Bichitos en la piscina	147
Los ojos de Dalton	162
Objetividad y gotas de leche	170

ESPECTROS

Luces sobre nuestras cabezas	189
Relojes estelares.	197
Una oración por los átomos	205
El hombre que pesaba el aire	216
Las líneas del Sol	223
Chorros de electrones.	231
Lluvia de partículas	240
Catástrofes y <i>gin-tonics</i>	251
El rompecabezas invisible	263
 <i>Agradecimientos</i>	 277
<i>Bibliografía</i>	279
<i>Índice analítico</i>	285

VISIONES



●

FLORES EN LA OSCURIDAD

En los sótanos del Museo de Ciencia e Industria de Manchester hay una caja de cristal con tres pequeñas virutas que parecen fragmentos de piel seca. Conservadas en el interior de dos vidrios de reloj, estas laminillas son lo que queda de los globos oculares de John Dalton, el padre de la teoría atómica, quien pidió a su médico que conservara sus ojos y los analizara para aclarar el misterio que no pudo resolver en vida. «No hay mucha gente que sepa que esto está aquí», confiesa la conservadora del museo, Alice Cliff, mientras me enseña los fragmentos de retina que el médico de Dalton diseccionó cuidadosamente tras su muerte. Un poco más allá, en otras estanterías del almacén, se conservan algunos efectos personales del físico: su navaja de afeitar, un paraguas y alguno de los instrumentos con los que midió incansablemente la temperatura de los gases o la presión atmosférica. También están sus características gafas redondas, hechas de caparazón de tortuga, con las que fue inmortalizado en los retratos. En ellos aparece como un hombre serio, de nariz aguileña, con esa expresión meditativa que a veces da la miopía. A pesar de sus problemas de vista, Dalton fue un personaje determinante en la historia de la física por alcanzar, precisamente, la realidad más allá de lo visible y comprender la naturaleza de la materia. Unos años antes que él, científicos como Joseph Priestley y Antoine de Lavoisier habían comenzado a desentrañar de

qué estaban hechas sustancias como el aire y el agua, mientras otros, como Joseph-Louis Proust, se habían dado cuenta de que al fabricar determinados compuestos, como carbonatos de cobre y óxidos de estaño, los componentes mantenían una proporción constante. En 1803, tras realizar una serie de experimentos, Dalton hizo un descubrimiento que marcaría el desarrollo de la ciencia en adelante: sus pruebas mostraban que los elementos podían mezclarse en más de una proporción y que cada una de estas combinaciones daba lugar a un compuesto diferente. De ello se deducía que, como ya habían intuido algunos filósofos griegos, las cosas están hechas de elementos indivisibles a los que se refirió como «átomos», usando la terminología acuñada por Demócrito dos mil años antes. Pero en algún momento, mientras experimentaba con gases y se preguntaba de qué estaba hecha la atmósfera, Dalton comprendió que algo pasaba con su forma de percibir la realidad.

«En el curso de mi vida dedicada a las ciencias», escribe en su *Extraordinary Facts Relating to the Vision of Colours*, en 1794, «la óptica llamó necesariamente mi atención, y me documenté ampliamente sobre la teoría de la luz y el color antes de apreciar ninguna peculiaridad en mi visión». Durante años, Dalton se afanó en estudiar los mecanismos de refracción de la luz, la naturaleza de las lentes y la forma en que funcionan los espejos. Pero sería estudiando las plantas, y no la luz, como se daría cuenta de su particular forma de percibir los colores. En 1790, cuando estudiaba las diferentes especies, algunas de las flores le parecían totalmente distintas de lo que rezaban las descripciones. Cuando el texto hablaba de plantas blancas, verdes o amarillas, no tenía ningún problema al identificarlas, pero si la planta contenía tonos azules, púrpuras o rojos, Dalton se encontraba con un serio contratiempo: a él le parecían todas de un azul apagado. Hasta el punto, relata, de que cuando algún colega le preguntaba si la flor que tenía delante era rosa o azul, se creían que estaba de broma.

A pesar de todo, describe, nunca estuvo seguro de que su visión tuviera algo de especial hasta que accidentalmente observó el color de un geranio a la luz de una vela en el otoño de 1792.

La flor era rosa, pero a mí me parecía del color azul del cielo por el día; a la luz de la vela, sin embargo, la flor había cambiado de forma

asombrosa, sin presentar ni rastro de azul y presentándose en lo que yo llamaba rojo, un color que genera un llamativo contraste con el azul.

Asombrado por su descubrimiento, Dalton decidió consultar a otros colegas y conocer si ellos detectaban el mismo fenómeno. Para su sorpresa, el resto de la gente no veía un cambio de color de la flor en función de si estaba a la luz del sol o a la luz de una vela. A ellos la flor les parecía siempre igual de rosa. «Esta observación probaba claramente que mi visión no era igual que la de las demás personas», confiesa en sus apuntes, donde también revela otros detalles interesantes, como que siempre había percibido la realidad del mismo modo y que los frascos con los diferentes compuestos que usaba para sus experimentos, y que a otros les parecían marrones, él los veía verdes. Como había hecho antes con su investigación sobre sustancias y elementos, su meticulosidad le llevó a realizar distintas pruebas en varios escenarios y observar, por ejemplo, que los colores tenían para él el mismo aspecto a la luz de una vela que a la luz de la luna. Y cuando trataba de observar el espectro en el que los demás ven las luces del arcoíris, sus impresiones eran muy particulares:

Descubrí que las personas en general distinguen seis tipos de colores en el espectro solar, conocidos como rojo, naranja, amarillo, verde, azul y púrpura [...] Para mí es todo de una forma bastante distinta: veo solo dos o como mucho tres de esas distinciones. A estas las llamo amarillo y azul; o amarillo, azul y púrpura. Mi amarillo comprende el rojo, naranja, amarillo y verde de los demás; y mi azul y púrpura coinciden con los de ellos. Esa parte de la imagen que otros llaman rojo parece para mí poco más que una sombra, o falta de luz; después de eso, el naranja, amarillo y verde parecen un solo color.

Las revelaciones de Dalton ayudaron a identificar por primera vez la «ceguera al color», que en algunos países como España se conoce todavía como «daltonismo». Curiosamente, la explicación que el científico dio de su propio trastorno no era correcta, pues supuso que la causa estaría en que el humor vítreo de sus ojos tendría un tono más azulado que el del resto y absorbería selectivamente más luz con ma-

yores longitudes de onda. Para comprobarlo dejó instrucciones a su médico, Joseph Ransome, para que a su muerte extrajera los globos oculares y examinara con detenimiento cuál era la causa de aquella extraña percepción del color que le hacía ver las flores azules o rojas en función de la fuente de luz que las iluminaba.

El 28 de julio de 1844, un día después de la muerte de Dalton a los 78 años, el doctor Ransome realizó la autopsia del cadáver y cumplió con el encargo. Extrajo los ojos del científico, los diseccionó y exprimió el humor vítreo sobre un recipiente de cristal para comprobar su color. Aquella sustancia gelatinosa era perfectamente transparente y no había ni rastro de los tonos azules que Dalton había pronosticado. El médico llegó a diseccionar la parte posterior del ojo y a mirar a través del cristalino para ver si los objetos verdes o rojos cambiaban de color al pasar por el filtro. Pero no cambiaban. ¿Qué estaba pasando allí? La explicación de aquel fenómeno iba más allá del caso particular de Dalton. En el fondo estaban algunas de las grandes cuestiones que durante años han ocupado a la humanidad, como qué es un color, qué ve cada uno de nosotros y cómo se transforma un estímulo sensorial en algo tan abstracto como una percepción. El camino para responder a estas preguntas es uno de los viajes más alucinantes del conocimiento humano.

Pero empecemos por el principio.

MONOS VISUALES

Buena parte de nuestro conocimiento de la realidad empieza por los ojos. Lo primero que se pregunta cualquier ser humano consciente, antes incluso de plantearse aquello de «quiénes somos y de dónde venimos», es si lo que tiene delante es fiable y qué es exactamente eso que llamamos realidad. Los ojos son nuestra principal fuente de información, hasta el punto de que una proporción altísima de las neuronas de nuestra corteza cerebral están ocupadas procesando la información visual. Los neurocientíficos aún no tienen una cifra exacta, pero calculan que al menos un tercio de nuestro cerebro está ocupado procesando los datos que nos llegan del mundo exterior mientras paseamos por

ahí con los ojos abiertos. Esto significa que varios miles de millones de neuronas se dedican a trabajar para ver nuestro entorno o incluso para evocar una imagen en nuestra mente. La actividad visual es tan absorbente que cuando cerramos los ojos somos capaces de pensar o recordar mejor, porque buena parte de las neuronas que estaban ocupadas quedan libres para otras tareas.

La cantidad de información que recogen nuestros ojos es también impresionante. Cada uno de ellos tiene unos 105 millones de fotorreceptores, lo que en una cámara digital equivaldría a una resolución de 105 megapíxeles. El ejemplo se entiende mejor si pensamos que cada ojo puede enviar datos desde más de cien millones de puntos en cada instante, con información cambiante cada pocos milisegundos sobre el contorno, la luminosidad o el movimiento de una imagen. Y sobre el color. Por fortuna, toda esa información no se puede enviar al cerebro de golpe, pues tendríamos unos nervios ópticos tan gruesos como el tronco de un alcornoque, sino que el sistema nervioso economiza y solo manda un megapíxel de información que después extrapola para componer la imagen completa. Algo parecido a lo que hace tu ordenador cuando comprime y descomprime archivos.

El sistema es, además, extremadamente sensible. Nuestros receptores son capaces de captar una docena de fotones procedentes de una estrella a centenares de años luz. Algunos libros dicen que podríamos detectar la luz de una vela en una noche despejada a 48 kilómetros de distancia, pero esta afirmación tiene truco. En términos reales sería difícil distinguir la luz de la vela del resto de fotones residuales que alcanzarían el ojo, por muy oscura que fuera la noche. Sin embargo, mirando al cielo somos capaces de divisar objetos tan lejanos como la galaxia Andrómeda, que está a 2,6 millones de años luz de distancia. La explicación es que la galaxia contiene millones de estrellas que envían millones de fotones en todas direcciones y unos miles llegan a la Tierra cada segundo. Una estrella de las menos visibles del cielo hace llegar muchos menos fotones y, sin embargo, la vemos. De hecho, somos capaces de reaccionar ante estímulos muchísimo más pequeños. En 1941 un equipo de la Universidad de Columbia (Estados Unidos) realizó el primer experimento para medir la sensibilidad a la luz de nuestros receptores. Reclutaron a un grupo de voluntarios, les die-

ron tiempo para aclimatarse a la oscuridad y activaron delante de ellos un *flash* con luces verdes y azules extremadamente débil que podían ir regulando. El resultado fue que los sujetos eran capaces de detectar un impulso de luz con el estímulo de entre 5 y 14 fotones. Experimentos más recientes han demostrado que a los bastones (las células más sensibles a la luz de la retina) les basta un solo fotón para activar la señal químico-eléctrica que viaja hasta el cerebro y produce una imagen. Y estos receptores son más abundantes fuera de la fovea, el área de mayor resolución de nuestro campo visual, lo que explica por qué a veces es más fácil ver una estrella fugaz por el rabillo del ojo que si la miramos de frente.

Nuestros ojos son también mucho más versátiles que cualquier cámara fotográfica. Sus lentes se acomodan cambiando de forma y no necesitan desplazarse de un lado a otro para enfocar una imagen. Ante un cambio extremo de las condiciones de luz los aparatos necesitan reajustarse, mientras que nuestra pupila se abre y se cierra en cuestión de milisegundos para adaptarnos a las condiciones de luminosidad. La Luna es unas 400.000 veces menos luminosa que el Sol y, sin embargo, en cualquier noche de luna llena podemos llegar a ver bastante bien si adaptamos la vista a la oscuridad. En comparación con los centenares de fotones que podemos detectar procedentes de una estrella lejana y titilante, nuestro satélite nos hace llegar una cantidad considerable de luz: unos 8.000 billones de fotones por metro cuadrado y segundo, según los cálculos de mi amigo el físico Joaquín Sevilla. Suficiente como para que generaciones de humanos la hayan utilizado para cazar o moverse casi como si estuvieran en pleno día.

Con todo esto, afirmar que nuestro sistema visual es muy especial a lo mejor es un poco presuntuoso. Si se lo preguntaran a una langosta mantis o a un águila, por ejemplo, igual tendrían algo que decir. La primera tiene doce tipos de fotorreceptores que le permiten ver en infrarrojo y ultravioleta y una variedad de tonos que ni siquiera imaginamos. La segunda tiene un ángulo de visión de 340 grados y es capaz de detectar un conejo a una distancia de más de tres kilómetros. Algunos estudios estiman que las cucarachas son capaces de navegar espacialmente con la información que les proporciona un fotón por segundo y existen unas abejas capaces de distinguir las flores y navegar

entre los árboles de un bosque en una noche sin luna. Al lado de estas criaturas, como mucho podemos decir que los seres humanos somos buenos reconocedores de caras y tenemos una visión tricromática bastante decente.

Los biólogos llevan años investigando cómo fue la evolución de nuestro sistema visual y cuáles fueron las adaptaciones que nos ayudaron a sobrevivir en nuestro entorno. Una de las características que nos distingue a nosotros y a otros primates de los demás animales es que vemos por el día mediante tres tipos de fotorreceptores y captamos bien la profundidad espacial. Entre otras hipótesis, se ha especulado con que la clave para desarrollar esta visión fue la necesidad de distinguir los colores de los frutos de los árboles y de atrapar insectos. Algunos científicos pensaron que nuestra agudeza visual evolucionó a partir de la necesidad de avanzar de rama en rama sin chocar o caer al vacío, pero resulta que en otros mamíferos que trepan, como las ardillas, este principio no se cumple. La antropóloga de la Universidad de California Davis Lynne Isbell defiende desde hace años la conocida como «hipótesis de la detección de serpientes», según la cual la capacidad para detectar formas serpenteantes entre la vegetación podría explicar por qué los primates hemos desarrollado una vista en tres dimensiones más aguda que otras especies. Pero esta y otras hipótesis están más que discutidas y tienen mucho más de especulación que de realidad.

Otros investigadores han medido el tamaño de las órbitas de los ojos en el cráneo humano y lo han comparado con las órbitas del resto de primates. Nuestras cavidades orbitarias son más anchas que altas, lo que nos proporcionaría, según estos autores, una mayor visión lateral. Al mismo tiempo, una posición más adelantada de nuestros globos oculares mejoró nuestra capacidad para observar el ambiente en espacios abiertos y esto se unió a otros cambios en el tránsito de los bosques a las anchas estepas. Pero hay muchas pruebas que demuestran la ausencia de correlación entre tamaño de las órbitas y el tamaño del ojo y su capacidad de movimiento. Un estudio que hizo mucho ruido hace unos años analizaba el tamaño de las órbitas oculares de los neandertales como indicador de sus proporciones cerebrales. El trabajo apuntaba a que los neandertales tenían más grandes los lóbulos oc-

capitales (encargados de integrar visión) que los humanos actuales, y eso dio lugar a titulares que apuntaban a que veían mejor que nosotros. La hipótesis es que «ver mejor» les pudo salir caro, ya que al sacrificar capacidades como las de nuestro lóbulo parietal vivían en grupos más pequeños, peores para la supervivencia en condiciones extremas como una glaciación. Pero faltan pruebas para ir tan lejos con las especulaciones.

Emiliano Bruner es especialista en paleoneurobiología del Centro Nacional de Investigación sobre Evolución Humana (CENIEH), y su trabajo consiste en analizar la forma de los cráneos de nuestros ancestros para obtener información sobre cómo evolucionó su cerebro. Los primates somos seres «visuales», apunta, y hemos abandonado un mundo de sonidos y olores por un mundo de formas y colores. Es verdad que «nuestro cerebro “piensa” con los ojos», admite. Ahora bien, muchas de las interpretaciones sobre nuestras adaptaciones y cambios evolutivos se cuentan como «una novela especulativa y romántica», frente a la paleontología cuantitativa y experimental. Su trabajo se ha centrado en el análisis de otra zona cerebral implicada en la combinación de la vista y nuestros movimientos, el lóbulo parietal, donde se produce algo llamado «integración visuoespacial». En este sentido, lo que nos distingue más claramente de otras especies, incluidos los neandertales, es que pensamos más con el cuerpo y al manipular objetos. El sistema mano-ojo es nuestro interfaz principal y eso sí puede marcar la diferencia, según Bruner. En el transcurso de sus investigaciones, además, él y otros científicos también han observado algo que contradice nuestro punto de partida de que somos una especie con una visión «superior». En la evolución de nuestros rasgos morfológicos (cara y cráneo) se ha producido una paulatina deformación del globo ocular, «lo justo para seguir con buena vista pero un poco defectuosa». En otras palabras, es posible que nuestra especie haya mejorado algunas capacidades y que sus lóbulos frontal y temporal se hayan extendido, a costa de que el ojo quede un poco aplastado y de hacernos un poco miopes.

Sea como sea nuestra capacidad visual, de lo que no hay duda es de que ha monopolizado buena parte de nuestro desarrollo cognitivo y por eso algunos teóricos han acuñado un término que nos define bien

como especie: oculocentrismo. La idea es que nuestros ojos no solo han marcado la forma que tenemos de pensar y de comprender el universo, sino las formas de manifestarnos cultural y artísticamente. Un equipo de lingüistas y antropólogos del Instituto Max Planck estudió a principios de 2015 las expresiones de trece lenguas y culturas diferentes y el número de palabras dedicadas a los sentidos. Entre los lenguajes estudiados estaban el español, el chino mandarín y el inglés, pero también otras lenguas minoritarias, como el cha'palaachi, hablado por unos cuatro mil cayapas del noroeste de Ecuador. En todas estas culturas las palabras y verbos relacionados con la vista (como observar, contemplar, mirar, ver) representaban una media del 60 % del vocabulario referido a los sentidos. En los lenguajes mayoritarios, como el castellano, la cifra llegaba hasta un 80 %. Nuestra fijación con la vista llega hasta el punto de que ver se ha convertido en sinónimo de entender o comprender y decimos «mira» o «fíjate» para explicarle una historia a alguien, incluso cuando esta persona es invidente.

FUEGO EN EL OJO

La obsesión de los humanos por el ojo está presente desde el inicio de la filosofía y a poco que rebusque uno se la encuentra en cualquier texto clásico. En el arranque de su *Metafísica*, Aristóteles ya hablaba de la superioridad de la vista sobre el resto de sentidos a la hora de relacionarlos con el mundo. «Preferimos el conocimiento visible a todos los demás conocimientos que nos dan los demás sentidos», escribía. «Igual que el Sol está en el mundo, los ojos están en el cuerpo» y son «sus componentes divinos», sostenía el médico Galeno quinientos años después. Para el médico inglés Helkiah Crooke, ya en el siglo XVII, los ojos también eran los «centinelas en lo alto de la torre, desde donde pueden ver más lejos», y René Descartes definía la vista como «el más noble y universal» de los sentidos.

A pesar de esta marcada preferencia visual, una de las conclusiones a las que llegaron enseguida los primeros pensadores fue que la vista no era fiable. Los griegos, por ejemplo, se dieron cuenta de que los ojos les podían jugar alguna mala pasada y conocían algunas ilu-

siones visuales. Incluso creaban pequeños juguetes con los que engañar a los sentidos por puro divertimento. Cleómedes describió en el siglo I con bastante exactitud una de las ilusiones más llamativas que se producían en los cielos, la que hace parecer especialmente grandes a la Luna y el Sol cuando se encuentran cerca del horizonte. Claudio Tolomeo, el mismo que definió durante siglos el sistema de movimiento de las esferas, se dio cuenta de que si caminaba por la calle las casas parecían moverse hacia atrás pero la Luna se quedaba inmóvil. Y notó que los colores aparentes de las cosas cambian con la distancia. Otros filósofos dejaron testimonio sobre las diferentes apariencias que podía tener un objeto en función de la distancia, el ángulo de la luz, el aire de la atmósfera o su forma cóncava o convexa. Este recelo frente a las apariencias llevó a algunos pensadores a fiarse menos de los sentidos y confiar en el razonamiento más abstracto, hasta el punto de elaborar teorías que a veces no tenían mucho que ver con la realidad palpable y que consistían en poner nombres a las cosas más que en conocer su verdadero significado. En esta búsqueda a tientas de una respuesta a qué consistía el acto de ver y cuál era la naturaleza de la luz, los griegos elaboraron teorías que hoy nos parecen absurdas o humorísticas, pero que para el conocimiento de su tiempo suponía una aproximación muy valiosa.

Una de las propuestas más antiguas, y que coleó hasta bien entrada la Edad Media, se atribuye al filósofo Empédocles, quien expuso hacia el 450 a. C. que nuestros ojos emitían una especie de rayos invisibles que tocaban las cosas y regresaban con información de vuelta. Quizá porque el tacto les parecía un sentido bastante fiable, sus seguidores pensaban que el ojo enviaba unos dedos invisibles que palpaban el mundo exterior para saber cómo era. Siguiendo con esta línea de pensamiento, Platón llegó a considerar que el interior del ojo albergaba un fuego muy débil que impregnaba las cosas visibles para traerlas a nuestra mente. La luz se asociaba al fuego, uno de los cuatro elementos de la naturaleza, y por tanto, parecía lógico que tuviéramos una diminuta llama dentro del ojo para acceder a la realidad.

Estas ideas fueron discutidas por sus contemporáneos, como el propio Aristóteles, para quien la existencia de rayos oculares no tenía ningún sentido. «Es en absoluto absurdo sostener que se ve por alguna

cosa que sale del ojo y que esta cosa se extienda hasta los astros o hasta que encuentra alguna otra cosa que le viene en contra», escribió en referencia a Empédocles. Si la visión solo era posible mediante rayos oculares, se preguntaba, ¿cómo era posible ver por la noche? Una posible fuente de confusión era el hecho de que algunos animales parecían ver perfectamente en la oscuridad, y sus ojos brillaban con una especie de fuego interno. Los primeros atomistas, Leucipo y Demócrito, hicieron su aportación a la teoría de la visión introduciendo un nuevo elemento: los fantasmas visuales o *eidola*. Su idea, que iba un poco más encaminada, era que bajo la influencia de la luz los objetos que vemos a nuestro alrededor están emitiendo constantemente una especie de velo de partículas, una vaporosa réplica de sí mismos que cuando alcanza nuestro ojo produce la imagen. Cuando soñamos, explicaban los defensores de esta teoría, estos *eidola* que se han quedado por ahí flotando durante el día llegan a nosotros en forma de sueños. Pero con poco que uno le diera vueltas a la idea aparecían algunos pequeños problemas para la solidez de la hipótesis. Si vemos una montaña, por ejemplo, ¿cómo es que el fantasma de algo tan grande cabe en nuestros ojos tan pequeños? ¿Acaso los fantasmas visuales disminuían de tamaño al viajar por el aire? ¿Cómo se mantenían unidos los átomos de estas imágenes flotantes en una distancia tan larga? Si estábamos rodeados por millones de imágenes flotantes, ¿cuándo caducaban? ¿Acaso permanecían entre nosotros para siempre?

Para empezar a obtener respuestas tuvieron que entrar en escena otros personajes con herramientas diferentes para analizar la realidad: matemáticos, ingenieros y médicos. Al primer colectivo, y en letras de oro en la historia, pertenece Euclides, quien se interesó por el asunto de la visión pero al que le daba bastante igual cómo funcionaba el ojo. Básicamente se puso a trabajar con la geometría de los rayos de luz y el recorrido que pueden hacer desde el objeto hasta nosotros. Las cosas que se ven con un ángulo más grande parecen más grandes, afirmaba, y las que se ven con un ángulo más pequeño se ven más pequeñas. Este juego de líneas puede parecer una aproximación demasiado simple, pero lo cierto es que está en la base de todo lo que sabemos hoy de óptica, de cómo vemos a través del ojo, de las lentes, o reflejado en una superficie. A pesar de todo, Euclides también era partidario

de la teoría de los rayos en los ojos y ni se le pasaba por la cabeza que la imagen se formara en el interior. Su influencia ayudó a propagar el error durante siglos.

Desde la ingeniería, la principal aportación la hizo Herón de Alejandría, un auténtico genio inventor capaz de diseñar el primer sistema de puertas automáticas de la historia, entre otros artilugios neumáticos. Herón concluyó que la luz viajaba a una velocidad infinita y que los rayos siempre recorrían el espacio más corto entre dos puntos, además de esbozar los primeros esquemas sobre la forma de reflejarse en los espejos.

Y en la parte médica, Galeno contó con la ventaja de tener la oportunidad de desmontar un ojo por piezas y analizar sus componentes. Una de las afecciones de ojos más frecuentes y conocidas desde la Antigüedad eran las cataratas. El problema es básicamente que la lente del cristalino se vuelve opaca y los médicos se dieron cuenta de que extrayendo la lente el ojo recuperaba la visión como quien retira una cortina, aunque le faltara capacidad de enfoque. Cuando analizó la estructura del ojo, Galeno situó erróneamente el cristalino en el centro del globo ocular y eso, junto con su experiencia con los pacientes, le llevó a concluir que la lente era el órgano de la visión humana. «El cristalino es el principal instrumento de visión», describió, «un hecho claramente probado por lo que los médicos llaman cataratas, que se producen entre el cristalino y la córnea e interfieren con la visión hasta que son acomodadas». Aunque ignoró la importancia de la retina, sí que fue capaz de identificar por primera vez el nervio óptico y su posible función de conexión con el cerebro. Pero como había asimilado la idea de la emisión de rayos de Platón, se equivocó otra vez en la interpretación. Aseguró que el nervio óptico estaba hueco (falso) para que encajara con su rocambolesca teoría de un ánima que sale por él cada vez que vemos. Cuando observamos un objeto, afirmaba Galeno, el «espíritu animal» que hay en los ventrículos de nuestro cerebro sale del ojo a través del nervio óptico y se convierte en una extensión de los nervios y del cerebro que regresa con información de lo que se ha encontrado en el camino. Un viaje interesante, pero un poco enrevesado para algo tan aparentemente inmediato como la visión.

CAMINAR SOBRE UN ECLIPSE

La historia del conocimiento del ojo corre en paralelo con la del estudio de la luz. Saber qué es la luz y cuáles son sus propiedades no es algo tan intuitivo como parece. La primera idea podemos intuir la cualquier día soleado al ver que la luz pasa a través de una ventana y el polvo en suspensión nos deja apreciar la naturaleza de sus rayos rectilíneos. Quizá nos recuerda a una especie de fluido que procede de cuerpos como el Sol o las estrellas, pero también sale del fuego. Una característica llamativa es que viaja a una velocidad vertiginosa, tanto que nos parece inmediata. Si las estrellas están tan lejos como creemos, la luz parece llegar sin interrupción hasta nuestros ojos a una velocidad infinita. Otra primera toma de contacto casi universal sobre la naturaleza de la luz es la que muchos tuvimos la primera vez que jugamos con una lupa al aire libre. Aún recuerdo el impacto que me causaba ver los rayos de sol pasando a través de una lupa hasta convertirse en un poderoso punto capaz de quemar la madera de un banco o achicharrar a una pobre hormiga. La luz del sol se antojaba como algo que uno podía introducir en un «embudo» y convertirlo en un arma poderosa. Otro de mis recuerdos sobre la luz tiene que ver con los espejos. Como otros niños, yo me pasaba el día jugando en la calle y a veces tenía la suerte de encontrarme los restos de un espejo roto. Mis amigos y yo tomábamos nuestro pequeño tesoro y nos dedicábamos a reflejar la luz del sol sobre los edificios. Era lo más parecido a manejar un enorme foco de iluminación como los de Hollywood. La sensación de dirigir un chorro de luz a tu antojo (entonces no teníamos punteros láser) te hacía sentir poderoso. Uno de los hechos que más llamaban mi atención era que el reflejo de la luz sobre los edificios de enfrente (pobres vecinos deslumbrados con nuestros destellos) tenía una forma perfectamente redonda. Y todo a pesar de que mi espejo era rectangular, cuando no totalmente irregular y con aristas, por más que me esforzase en buscar el fragmento menos anguloso. ¿Qué extraña magia era aquella que convertía la luz en un círculo perfecto y enorme a decenas de metros de distancia?

En el transcurso de los siglos muchos otros niños y hombres se vieron sorprendidos por los fenómenos de la luz más evidentes, como

el arcoíris, los colores del cielo o la forma en que la luz cambia de dirección al entrar en un líquido. Este último fenómeno, llamado «refracción», desató durante siglos encendidas discusiones y llegó a despicar al mismísimo Newton. Al ver pasar la luz por el agua, parecía claro que las imágenes hacían algo raro. Séneca, en el siglo I, se preguntaba por qué un remo dentro del agua daba la impresión de estar roto. Para comprender el fenómeno, Tolomeo hacía un experimento que es hoy un clásico y muy sencillo de reproducir con pocos medios. Tomamos un recipiente, preferentemente opaco, y con forma de ensaladera, y colocamos en su interior una moneda. La moneda debe estar en la base y en la parte más alejada si ponemos el recipiente delante de nosotros. A continuación movemos el bol hasta que la moneda desaparezca de nuestra vista y, una vez hecho esto, vertemos agua en su interior muy despacito con una jarra. Para nuestra sorpresa, la moneda que hace un momento permanecía oculta tras la pared delantera del recipiente reaparece ante nuestros ojos. ¿Qué ha pasado aquí? Básicamente el cambio de dirección la luz ha hecho que la imagen de la moneda sortee la pared del bol hasta nosotros.

