

1ª PARTE

**IDEAS Y MITOS DE LA LUZ
Y DE LA SOMBRA**

1. 1. LOS MITOS DE LA VISION

El ojo de Alá

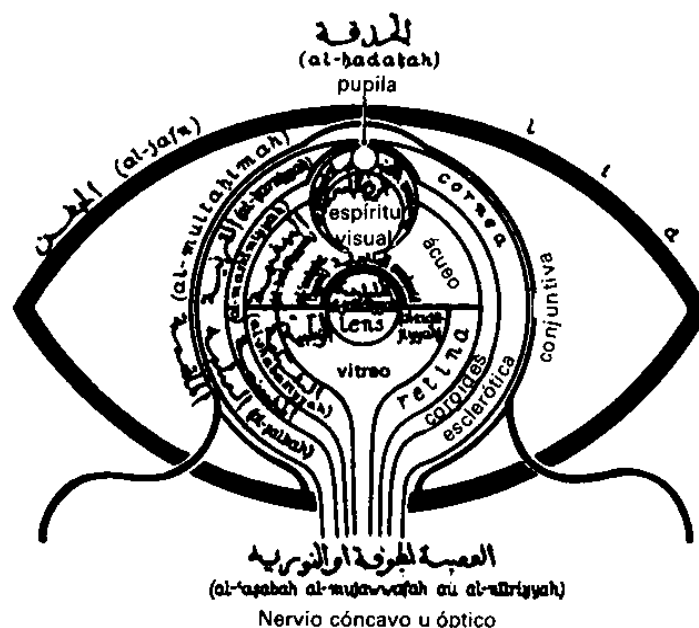
Es hermoso ver el ojo humano que tiene la forma alargada de la almendra; el redondo, en cambio parece deforme y feo.

IBN al-HAITAM, *Óptica*, 4, 184.

Solamente cuando el hombre encuentra y entiende el funcionamiento del ojo humano y el cerebro, que explica de una manera razonada y demostrada, desaparece lo que llamamos mito para convertirse en un hecho científico.

Santiago Ramón y Cajal es el último eslabón de una cadena continuada en el tiempo, que logra explicar de una manera científica el funcionamiento de las células nerviosas de la retina y su conexión con el cerebro.

Hasta llegar a este punto los mitos sobre la visión han sido correspondientes y concordantes con las diferentes épocas, cada modelo de pensamiento ha creado o justificado un mito sobre la visión.



La más antigua representación del ojo humano que ha llegado hasta nosotros, es un dibujo de Humain ibn Ishak, en su libro «*Los diez tratados sobre la estructura del ojo, sus enfermedades y sus curas*» Humain reproduce un dibujo que ya tiene siglos, es posible que lo copiara de un original realizado por un griego, hace alrededor de mil trescientos años; muestra la estratificación de una serie de culturas, superponiéndose la una a la otra con su patrimonio de elementos gráficos, de figuras y de mitos.

Los párpados se abren sobre una verdadera «almendra» medieval: un ojo seccionado a lo largo de su eje óptico mostrando su estructura interna, que aparece semejante a la de un bulbo rodeado de múltiples envolturas y custodiado, en el centro, su parte más secreta y preciosa: el cristalino. Alrededor de él, y yendo de dentro hacia afuera, se suceden: el humor vítreo, la retina, la coroides, la esclerótica y la conjuntiva. De la parte posterior interna del bulbo ocular parten dos nervios oculomotores y entre ellos se origina el nervio óptico propiamente dicho, en posición de eje respecto a la pupila.

En la cara anterior y externa del bulbo se abre la pupila, a la que sigue el iris, el humor áqueo y la úvea.

«Si bien se trata de un texto antiquísimo, muy poco sería lo que podría modificar un texto moderno de anatomía elemental. Las vainas aparecen en un orden correcto, los nervios están, más o menos, en su lugar y el conjunto de la estructura dióptrica, córnea, humor áqueo, cristalino y humor vítreo, es bueno. Sin embargo, no parece ser, y realmente no fue, la reproducción de un objeto observado directamente. Parece más bien, el diagrama de un objeto ideal. Si observamos atentamente el dibujo encontraremos elementos que vienen de mitos más antiguos que Hunain, Aristóteles y Plantón.»¹

Si atendemos a la traducción del árabe, de las notas que se encuentran sobre el dibujo, es curioso observar algunas palabras; como por ejemplo que el nervio óptico se llama nervio cóncavo y *de la luz*, que la pupila, es una palabra que viene de un verbo que quiere decir *mirar fijamente*, la cornea viene del verbo *unir con*, la retina viene de los verbos *formar una malla* y *enredarse*, La esclerótica del verbo *endurecerse*, la conjuntiva de los verbos *soldarse* y *consolidar*, el párpado también se podría traducir por *vaina* y viene del verbo *servir en escudilla*, el humor vítreo viene *de vidrio* y de *afinar*. Esta curiosidad podría tener una interesante investigación filológica, se podría saber de esta manera más cosas sobre el ojo y sobre la luz, pero esto entraña grandes dificultades. La primera y fundamental es, como dice Vasco Ronchi en su Historia de la Luz escrita en Bolonia en 1952 (segunda edición), la dificultad de interpretar el verdadero significado de los documentos históricos:

si no podemos apreciar de lleno la obra física y filosófica de los Griegos desarrollada en el campo de la luz, mucho se debe a la dificultad de interpretar el verdadero significado de los documentos históricos que han llegado hasta nosotros. Desgraciadamente la mayor parte de las noticias son de segunda mano, y como tales ya viciadas de una interpretación que puede estar también falseada.

¹ PIERANTONI, Ruggero. “El Ojo y la Idea. Fisiología e historia de la visión”. Barcelona: Paidós Comunicación nº 15, 1984. pág. 14.

Las pocas noticias directas son muy fragmentarias y los filólogos se encuentran a menudo enfrentados a verdaderos enigmas cuando deben interpretar los términos de significado indefinido y muy amplio. Términos que los autores han usado, se puede decir con certeza, con un significado mucho más limitado y definido de cuanto no resulten de los elementos etimológicos y filológicos.²

Como he dicho antes, este dibujo original del ojo es posible que haya sido dibujado por un griego hace alrededor de mil trescientos años. Todos estos años este dibujo ha paseado por Asia Menor. Las bibliotecas de los médicos, de los sultanes, de las escuelas del Corán lo deben haber custodiado durante siglos. En todo este tiempo los procesos mentales del hombre se han ido transformando, y con ello también sus ideas y sus intenciones. Ronchi lo deja bien claro, sabemos solamente una pequeña parte de la traducción de unas ideas, de lo que ha llegado hasta nosotros y sobre todo tengamos en cuenta que es nuestra visión de unos hechos pasados vistos desde nuestro presente.

La óptica en el mundo greco romano

En el siglo V y IV antes de Cristo la filosofía griega atravesó un período afortunado y portentoso, que incluso después de veinticuatro siglos es objeto de estudio y admiración. Los nombres de los sabios de aquel período son también hoy símbolo de sabiduría y de inteligencia casi divina. Las bases de la filosofía de entonces son las de hoy; el tiempo y el progreso no las han demolido, y los sucesores han construido encima de ellas y entorno a ellas.

Los sabios de período helénico dirigieron la atención también hacia la luz y formularon las teorías. En gran cantidad. No parece que los filósofos griegos se hayan propuesto claramente el problema de determinar la naturaleza de la luz; su cuestión era desvelar el mecanismo de la visión.

En aquellos tiempos el argumento base de la investigación más elevado era conocer al hombre en sus funciones y en sus facultades. Una de éstas era la vista: ¿cómo se hace para ver?

² RONCHI, Vasco. *Storia de la Luce*. Bologna: Ed. Zanichelli, 1952, segunda edición. La traducción es mía.

Y no podía ser de otra manera. Todo ente físico existe en cuanto produce unos efectos; en aquella época el único efecto conocido de la luz era la visión y era natural que el estudio comenzase desde allí.

Cogiendo aquel luminoso siglo V a. C., en pleno esplendor del período considerado Helénico de la ciencia antigua, ya encontramos algunas escuelas y algunas corrientes comprometidas en la investigación del mecanismo de la visión. Aquí me remito otra vez al texto de Ronchi:

Se podría decir que en el siglo V antes de Cristo hubo una afanosa búsqueda de la conexión entre el ojo y (la cosa vista) el objeto; precisamente de aquella conexión que nos interesa y que hoy para muchos se llama «luz». Pero no se ha llegado enseguida a la demostración o a la hipótesis de qué debiera ser esta «luz» objetiva y enlazadora del objeto visto con el ojo vidente; porque si hoy se llama así, sin ninguna reserva y sin ni siquiera pensarlo, como si esto fuese una realidad evidente, se hace precisamente como consecuencia del trabajo y de la discusión de casi dos milenios. (...)

Entonces, en el siglo V, este tipo de enlace entre el ojo y objeto visto era considerado, justamente, como una de las soluciones posibles, pero no la única; porque, justamente, se podía pensar en un enlace mediante un quid que salía del ojo y iba hacia el objeto visto; o bien a un quid que desde el objeto visto iba hacia el ojo; y finalmente a una coexistencia de estos dos quid³ uno en sentido inverso al otro. Tampoco con esto se agotaban las soluciones posibles, porque también se podía pensar en una conexión de tipo distinto, sin movimiento en un sentido o en el otro, pero solamente mediante una modificación del medio interpuesto entre el ojo y la cosa vista. *Todas* estas ideas fueron presentadas para la discusión.⁴

De estas ideas se desarrollan, en el periodo helénico, tres corrientes teóricas:

La primera, la de la escuela pitagórica, que hace salir la luz del ojo. La segunda la de los atomistas de la escuela de Demócrito, estaban a favor de la emisión que partía de los cuerpos hacia el ojo. La tercera la de la escuela platónica, Empédocles fue de los primeros en sostener una combinación de los dos flujos. Solamente en el siglo siguiente, siglo IV a. C., la cuarta hipótesis se define en la obra de Aristóteles, tal vez como consecuencia de la insatisfacción por las otras ideas. Aristóteles consideraba la luz como movimiento entre el objeto y el ojo.

Ninguna de estas corrientes triunfó sobre las demás, pero existió un predominio y mayor vitalidad de la teoría de la escuela pitagórica.

³ quid: (Del latín. *quid*, qué cosa) Esencia, razón, punto más importante o causa principal de una cosa.

⁴ RONCHI, Vasco. op. cit. pág. 4.

A Empédocles,⁵ se le atribuye la primera fórmula del concepto que la «luz» fuera debida a un efluvio de los cuerpos recibido por el órgano de la vista.

Empédocles está en el orden de las ideas de admitir dos flujos: uno externo, existente por sí mismo, objetivo, de naturaleza corpuscular, llevándose consigo el orden, la forma y los colores de los objetos; pero, pensándolo bien, esto no bastaba para explicar aquello que se veía: para rendir cuenta de aquello que se conocía a propósito de la visión, tenían que existir también unos rayos emitidos desde el ojo.⁶

Ronchi no cree necesario adentrarse en una crítica más profunda de aquello que Empédocles quiso decir, apuntando la idea fundamental:

la combinación entre una intervención de partículas externas y una acción desde el interior del ojo, por medio de un «fuego» (de interpretarse como espíritu, alma o alguna entidad todavía menos definida).⁷

Contemporáneo de Empédocles fue Leucippo di Mileto, cuyo nombre está muy ligado con el de Demócrito. Decía que los objetos enviaban alguna cosa a nuestra alma para percibirlos:

Cada modificación producida o recibida tiene lugar en virtud de un contacto: todas nuestras percepciones son táctiles; todos nuestros sentidos son variedad de tacto. En consecuencia, dado que nuestra alma no sale desde nuestro interior para ir a tocar los objetos externos, necesita que estos objetos vengan a tocar nuestra alma, pasando a través de nuestros sentidos. Ahora nosotros no vemos a los objetos acercarse a nosotros, cuando nosotros los percibimos; se necesita entonces que envíen a nuestra alma alguna cosa que los represente, algunas imágenes, *èidola* (αἰδέματα), especie de sombra o de simulacro material que reviste los cuerpos, se agitan en su superficie y pueden separarse para llevar a nuestra alma las formas, los colores y todas las otras cualidades de los cuerpos desde los cuales emanan». ⁸

Menos definido parece Demócrito.⁹ Él piensa que:

⁵ EMPÉDOCLES de Agrigento. Nacido en Agrigento en Sicilia, vivió entre el 483 y el 424 a. C. Filósofo griego. Introdujo el concepto de elemento en filosofía, según el cual el universo está integrado por cuatro elementos: fuego, aire, agua y tierra. Admitió dos coprincipios, amor y odio, como fuerzas externas que actúan sobre estos elementos.

⁶ RONCHI, Vasco. op. cit. pág. 5.

⁷ RONCHI, Vasco. op. cit. pág. 6.

⁸ TROUËSSART, J. *Recherches sur quelques Phénomènes de la Vision*. Brest: Anner, 1854, pág. 15.

⁹ DEMÓCRITO de Abdera, vivió entre el 460 y el 360 a. C.

«el aire interpuesto entre el ojo y el objeto recibía la *impronta* como consecuencia de la compresión ejercitada sobre él desde el ojo y desde el objeto».¹⁰

Aparece aquí por primera vez, dice Ronchi, la idea de un «medio de transmisión». Pero todavía antes de llegar a Demócrito, la escuela pitagórica había avanzado otras ideas, que iban a aumentar la variedad de aquellas que ya estaban circulando en aquel tiempo a propósito del gran misterio de la visión.

Apuleyo, Archita da Taranto¹¹ amigo y contemporáneo de Platón, exponente autoritario de la Escuela pitagórica, sostenía que la visión sucedía exclusivamente por medio de un «fuego» invisible, que salía de los ojos y iba a tocar a los objetos, descubriéndoles la forma y el color.

Se podría decir que la discusión portará con el tiempo a una definición de posiciones. En efecto mientras de una parte los atomistas se endurecían en las ideas del tipo de aquellas atribuidas a Leucippo, y los pitagóricos venían a negar toda influencia externa y reservaban al ojo la facultad de ir a ver los objetos, emitiendo un *quid* apto para hacer esto.

Esta idea de los pitagóricos ha tenido un séquito increíble. Hoy, al contrario, es precisamente sobre esta idea donde se han desencadenado las críticas de los físicos de los últimos siglos, los cuales han tratado argumentos para demostrar la modestia, por no decir la miseria, de las condiciones físicas del periodo helénico de la historia de la ciencia.

Nosotros en cambio no podemos dejar aparte la evolución de esta teoría, porque ha tenido una influencia grandísima sobre el desarrollo de la óptica. Encontramos estos conceptos vivos y fecundos en hombres como Euclides, Ipparco, Tolomeo y Eliodoro de Larissa, en un periodo de cerca de siete siglos. La dificultad está en precisar que entendía Archita con aquel: «fuego» invisible que sale de los ojos. Por otra parte hay que señalar que expresiones de este género, sin demasiadas pretensiones científicas, pero con significado no solamente sentimental, han sido utilizadas sin moderación por los poetas de todas las épocas, sin excluir aquella moderna, que habla de los efluvios que salen de los «ojos seductores» de las brujas y de las fieras, de las serpientes o de las enamoradas o de los cultivadores de la ciencias ocultas y que llena la literatura novelesca.

¹⁰ RONCHI, Vasco. op. cit. pág. 7.

¹¹ ARCHITA da Taranto, vivió entre el 430 y el 365 a. C.

No debemos excluir las consideraciones de las ideas de hombres de genio, ideas que han perdurado, aunque no concuerden con la manera de pensar del mundo físico moderno.

Sobre estas teorías debe haber habido una discusión intensa. Una confirmación del interés que todos los filósofos de la época demostraban por el tema, se obtiene de todo lo que se encuentra escrito en varios diálogos de Platón.¹²

En el *Menone* se encuentra la definición de la luz y del color, propuesta por Gorgia¹³:

«el color es el efluvio del cuerpo percible en correspondencia a la vista»¹⁴

sobre la vía indicada por Empédocles.

En el *Timeo* se encuentra una expresión de este género:

«De todo aquel fuego que no pudo quemar, pero produce la apacible luz del día, hicieron (los Dioses) de manera que existiera un cuerpo. El fuego puro que se encuentra dentro de nosotros y es de la misma naturaleza de este fuego del día, lo hicieron fluir liso y denso a través de los ojos, obligando a todas las partes, pero especialmente aquellas del medio, de los ojos, de manera que retuvieran todo aquello que fuera más graso y dejaran pasar sólo aquello puro. Cuando por lo tanto hay luz diurna alrededor de la corriente del fuego visual, entonces el símil encontrándose con el símil y uniéndose estrechamente a este, constituye un cuerpo único y apropiado en la dirección de los ojos, donde la luz que sobreviene desde el interior choca con aquella que se abate desde el exterior. Y este cuerpo hecho todo sensible a las mismas impresiones por las semejanzas de sus partes, si toca alguna cosa o si es tocado transmite los movimientos por todo el cuerpo hasta el alma, y produce aquella sensación por la cual nosotros decimos ver. Pero el fuego visual se separa de su afín, cuando este desaparece en la noche; en efecto saliendo fuera encuentra el desemejante, y se altera y se extingue, ni puede connaturarse con el aire circundante, porque éste no es más. Por lo tanto el ojo deja de ver...»¹⁵

También en el *Teeteto* encontramos un paso interesante:

¹² PLATÓN de Atenas, vivió entre el 428y el 347 a. C.

¹³ GORGIA de Lentini (Sicilia). Nace en el 480 a. C.

¹⁴ ENRIQUES, F e de SANTILLANA, G. “*Storia del pensiero scientifico*”. Vol. I: «Il Mondo Antico». Bologna: Zanichelli, 1932, pág. 162.

¹⁵ TIMEO, cap. 16, trad. de C. Giarratano, Laterza, Bari. cfr. también FORTI, U. *Le concezioni della luce da Demócrito a Cartesio*, «Periódico di Matematiche», 1928, pág. 92.

«Sócrates. –Mira bien alrededor, que ningún profano nos escuche. Entiendo por tales a aquellos que no creen que exista nada más fuera de lo que pueden aferrar con las manos y que no consideran como existente lo que se hace y lo que sucede, ni nada invisible.

Teeteto. –Con esto tu me indicas, o Sócrates una especie de hombres duros e intratables.

Sócrates. –Esos son efectivamente bien groseros, muchacho mío. Pero otros, y numerosos, de los cuales voy a revelarte los misterios, son más cultos. El principio de ellos (...) es que todo es movimiento en el universo, y que no existe nada más que esto. Hay dos especies de movimientos; cada uno es infinito en número, pero uno es activo y el otro pasivo. De sus combinaciones y de su choque mutuo se forman innumerables productos, subdivisiones en dos clases: el objeto sensible y la sensación; la cual coincide siempre con el objeto sensible y es generada en el mismo tiempo. las sensaciones son conocidas bajo el nombre de visión, oído, olfato, gusto, tacto, frío, calor, y también de placer, dolor, deseo, temor; sin hablar de muchas otras, de las cuales un gran número no tiene nombre y un gran número de ellas tiene uno solo. La clase de las cosas sensibles es producida por medio de cada una de las sensaciones, como los colores de cada especie con la visión de cada especie, los distintos sonidos con los estímulos del oído y las otras cosas sensibles correspondientes a las otras sensaciones. Esto quiere decir que todo esto está en movimiento y que este movimiento es lento o rápido, que este que es lento ejerce su movimiento en el mismo sitio y sobre los objetos cercanos, que se produce de esta manera; y que lo que es así producido tiene mayor lentitud, que al contrario lo que es rápido, desplazando su movimiento sobre los objetos lejanos, produce en esta guisa, y lo que es producido así tiene mayor velocidad, porque es transportado y porque su movimiento consiste en la translación. Cuando entonces el ojo y un objeto idóneo se han acercado y se produce el *claror* y la *sensación correspondiente*, que no se habrían nunca producido si el ojo se hubieran dirigido a otro objeto, o recíprocamente, entonces moviéndose estas dos cosas en el espacio intermedio, quiere decir: *el fuego visual partiendo de los ojos y el claror partiendo del objeto que produce el color*, junto con los ojos, el ojo se encuentra relleno del fuego visual, percibe y se vuelve no sólo fuego visual, sino ojo vidente: paralelamente, el objeto colaborando también a la producción del color, es relleno de claror y se vuelve, no ya claror, sino objeto claro; tanto si esto que recibe la tinta de este color sea madera, piedra o cualquier otra cosa. Hay que hacerse la misma idea de todas las otras cualidades, como la dureza, el calor etc., y hacerse el concepto que nada de todo esto es tal en mismo, (...) pero que *todas estas cosas así distintas nacen desde su acercamiento recíproco, que es una sucesión de movimientos*». ¹⁶

Aparte de que Platón se ocupa mucho del proceso sensitivo en general que de aquello visivo (que sirve para ver) en particular, es evidente que insiste sobre el lado psicológico de la visión. Él siente y expresa la necesidad de un agente externo (el resplandor, que parte del objeto y va hacia el ojo, o sea la luz) y de un agente interno (o sea el fuego visual) extendido fuera del ojo para dar vida y consistencia al objeto visto, el cual es así, en cuanto que es el resultado de todo este proceso.

¹⁶ TROUËSSART, op. cit. pág. 176.

Esta idea, de que la luz tuviera una naturaleza mecánica, antes que material, indicada por Demócrito, como se a podido ver, y ahora, ya tan avanzada por Platón, encuentra un desarrollo interesante, en la obra de Aristóteles.¹⁷

Aristóteles que parece pronunciarse por una teoría material de la luz, en la mayor parte de sus discursos, en los que trata de la visión ¹⁸ amplía y define la idea sólo abocetada por sus predecesores: que la luz sea un fenómeno de naturaleza mecánica. Acorde a las costumbres del tiempo, él no cita a aquellos entre sus predecesores que habían avanzado ideas en la misma dirección, sino que critica a aquellos que van en contra.

Aristóteles no acepta la hipótesis de la emisión de la luz del ojo, idea de la cual cree culpable a Empédocles. La critica con estos términos en el cap. II *Dei Sensi*:

«Pero si el ojo fuese de fuego, como dice Empédocles y como a escrito en el *Timeo*; si la visión tuviera lugar por medio de un fuego saliente del ojo, como por medio de la luz saliente de una linterna, ¿porqué no se puede ver en medio de las tinieblas? Decir que esta luz se extingue expandiéndose en las tinieblas, como dice en el *Timeo*, es un razonamiento completamente desprovisto de sentido. En efecto ¿cómo puede suceder la extinción de la luz? El calor y lo seco se extinguen en el frío y en lo húmedo, y como tales parecen ser el fuego y la llama que se forman en los carbones incandescentes. Pero ni el calor ni lo seco parecen pertenecer a la luz. Si se encontrasen y si fuesen invisibles a causa de su quietud, tendríamos por consiguiente que en una jornada de lluvia la luz se debería extinguir, y que en tiempo de hielo deberíamos tener las tinieblas más profundas. Porque tales son los efectos que sufren las llamas y los cuerpos incandescentes. Ahora ya, no sucede nada semejante».¹⁹

Culpa también a Demócrito, que había hablado de la huella de las imágenes sobre la pupila, tal vez engañado por las imágenes vistas por reflexión sobre la córnea. Y Aristóteles esto lo nota justamente, aunque usando términos menos modernos.

Se declara contrario también a la teoría contenida en el *Teeteto*:

«Es en absoluto absurdo sostener que se ve por alguna cosa que sale del ojo y que esta cosa se extienda hasta a los astros o hasta que encuentra alguna otra cosa que le viene en contra, como lo pretende alguno. Porque en el peor de los casos sería preferible admitir esta unión en un primer momento, en el ojo mismo. Pero aunque esto fuera una

¹⁷ ARISTÓTELES, de Stagira en Macedonia, vivió entre el 384 y el 322 a. C.

¹⁸ *Dell 'Anima*, Libro II, cap. VII; *Del Sensi*, cap. II y III; *Della generazione degli animali*, Libro V, Cap. I.

¹⁹ TROUESSART. op. cit. pág. 181.

necedad, porque no se entiende el significado de esta unión de luz a luz, y no se entiende como pudiera efectuarse».

Más adelante Ronchi nos comenta el caso de Euclides, que fue alumno de Platón y algo posterior a Aristóteles. En su *Óptica* y en la *Catóptrica* Euclides se declara a favor de la teoría pitagórica de la emisión del rayo del ojo.

La obra de Euclides sobre la óptica es verdaderamente importante desde el punto de vista histórico, porque nos permite reconstruir el modelo de la luz que se estaba formando en la época.

Euclides era un matemático, y su razonamiento tuvo una gran influencia sobre el desarrollo de la teoría de la luz.

Veamos los postulados que Euclides decía en su *Óptica*.

- 1º) El rayo emitido por el ojo va derecho.
- 2º) La figura comprendida por los rayos visuales es un cono que tiene el vértice en el ojo, y la base al margen del objeto mirado.
- 3º) Se ven aquellos objetos a los cuales llegan los rayos visuales.
- 4º) No se ven aquellos objetos a los cuales no llegan los rayos visuales.
- 5º) Los objetos que se ven bajo ángulos mayores, se juzgan mayores.
- 6º) los objetos que se ven bajo ángulos menores, se juzgan menores.
- 7º) Los objetos que se ven bajo ángulos iguales, se juzgan iguales.
- 8º) Los objetos que se ven con rayos más altos, se juzgan más altos.
- 9º) Los objetos que se ven con rayos más bajos, se juzgan más bajos.
- 10º) Los objetos que se ven con rayos dirigidos a la derecha, se juzgan a la derecha.
- 11º) Los objetos que se ven con rayos dirigidos a la izquierda, se juzgan a la izquierda.
- 12º) Los objetos que se ven con más ángulo, se distinguen más claramente.
- 13º) Todos los rayos tienen la misma velocidad.
- 14º) No se pueden ver los objetos bajo cualquier ángulo.

El primer postulado de la Óptica contiene tres conceptos importantísimos:

- 1º) El concepto de «rayo», como dirección de propagación de la luz; como hilillo elemental de luz.

2º) El concepto de la luz propagándose a lo largo de este rayo emitido por el ojo.

3º) El concepto de la propagación rectilínea.

Aquí se delinea el modelo de «luz» que todavía hoy constituye el alma de la Óptica Geométrica. Si Euclides se hubiese limitado al primero y al tercero de estos conceptos, habría lanzado la base de una construcción que ha perdurado siglos.

El segundo postulado contiene un complemento interesante del primero. Euclides pone el vértice del cono en el ojo. Esto constituye el fundamento de la perspectiva. El concepto perspectivo es que la visión viene por un cono o una pirámide que tiene el vértice en el ojo y la base en el sujeto observado.

Donde Euclides da un toque genial es a propósito del segundo postulado de la catóptrica: «Todo lo que se ve, se ve según una dirección rectilínea». Él había intuido la diferencia entre el rayo de luz y el rayo visual; se había dado cuenta del comportamiento diferente por el cual el primero se pliega en el espejo mientras la visual no se pliega nunca.

Pero lo que se ha de poner en evidencia es que Euclides insiste en considerar la luz emitida del ojo. Postula la *rectilinearidad* con observaciones y su experiencia, al menos por lo que dice el Prefacio de Teone. Es interesante que él establece dos tipos de luces ¿consideraba quizás que aquella emitida por el ojo y que iba a ver los objetos fuese de la misma naturaleza que la del Sol, que entraba en una estancia a través de una ventana?

Una mente humana, aunque sublime como la de Euclides, no pudo concretar los resultados que han sido el fruto del trabajo de una multitud de personas en cientos y cientos de años.

En conclusión, –dice Vasco Ronchi– Euclides tiene el mérito de haber creado el modelo geométrico de la luz, el *rayo* luminoso rectilíneo y privado de estructura física, lo que ha servido a la construcción de la Óptica geométrica, la misma de hoy. En otra parte de su obra encontramos los fundamentos de la perspectiva, las leyes de la reflexión y de la formación de las imágenes en los espejos plano y esférico. También encontramos, numerosas observaciones de óptica física, fisiológica y psicológica, a veces desordenadas y mal interpretadas.

Estamos cerca del siglo III de la era vulgar y la teoría de la emisión de la luz desde el ojo está todavía viva. Después de cerca de siete siglos de vida, se comienza a reconocer que aquello que había sido hasta entonces acertado era solamente el contenido geométrico y que este era el mismo sin que la luz fuera emitida por el ojo o que llegase

desde el exterior. Estas dos hipótesis no recibían ninguna confirmación o negación en el complejo estudio de la geometría.

Existía una corriente extremista que decía: la visión se producía por medio de estas emanaciones de los cuerpos a su semejanza, directa hacia el ojo. Ésta idea no debía tener mucho séquito. Uno de sus seguidores Lucrezio²⁰ dice en su famosísimo poema: *De rerum natura*:

Digo que de la superficie de todos los cuerpos emanan las *efigie* o *figure* liberadas, las cuales se llaman con el nombre de *membrane* o *scorze*, porque tienen el mismo aspecto y la misma forma que los cuerpos de los cuales se despegan para difundirse en el aire.

En toda la época (siglo II y III), la demolición de las ideas del contrario era lo corriente, lo más fácil para todo el mundo. Cuando se trataba de construir, Eustato, que se reía de las teorías de Lucrezio, debió de sudar un poco al admitir juntas las expresiones para publicar una teoría del tipo platónico, y para concluir:

Tres cosas son necesarias para que pueda realizarse la visión: la luz que nosotros emitimos de nuestro interior; el aire interpuesto que debe ser luminoso; y los cuerpos que de su parte terminan la *tensión*.

Como se ve aquí hay un poco de todo: también confusión de ideas.

Quiero hacer notar que quizás todo esto del “rayo de luz que sale del ojo” venga del antiguo sistema del yoga chino de las teorías de meditación orientales donde se habla del curso circular de la luz, de la luz que sale de los ojos. Tenemos la referencia en el libro del TA I GIN HUA DSUNG DSCHĪ traducido por R. Wilhelm, que nombra a la luz como a la Flor de Oro. Veamos lo que nos dice C. G. Jung sobre el libro:

Quizás sorprenda a muchos lectores europeos el que aparezcan en el texto locuciones que ya les son conocidas por las enseñanzas cristianas, mientras que, por otro lado, justamente esas cosas del todo conocidas, que en Europa por lo general solo se toman como metáforas eclesiásticas, ganen una perspectiva enteramente distinta en razón de las correlaciones psicológicas en que están introducidas. Encontramos ideas y conceptos como los siguientes (para tomar sólo unos cuantos en especial sorprendentes): La Luz es la vida de los hombres. El ojo es la Luz del cuerpo.²¹

²⁰ LUCRECIO CARO, Tito, romano, vivió entre el 97 y el 55 a. C.

²¹ JUNG, Carl Gustav. WILHELM, Richard. *EL SECRETO DE LA FLOR DE ORO. Un libro de la vida chino*. Barcelona: Paidós Studio, 1980. pág. 83.

Al final de este primer período de los estudios sobre la visión y sobre la luz, Ronchi considera que algunos resultados y algunos hechos merecen un subrayado especial:

1º) Un notable grupo de experiencias de óptica, en el sentido general de la palabra; preferentemente en el campo de la visión, pero también hacia afuera.

2º) El desarrollo de tres corrientes teóricas: la de la escuela pitagórica, que hace salir la luz del ojo; la de la escuela atomística, que hace emitir el simulacro de los cuerpos; la de la escuela platónica que tiente la combinación de las dos emisiones. Una cuarta hipótesis que no parece haber tenido seguidores, aunque sostenida por Aristóteles, consideraba a la luz como movimiento entre objeto y ojo.

3º) El predominio y mayor vitalidad de la teoría de la escuela pitagórica.

4º) El ingreso de esta teoría en la Geometría. Como consiguiente definición del “rayo luminoso” emitido desde el ojo, rayo rectilíneo, reflejable y refractable.

5º) El nacimiento de la “óptica geométrica” y de la “perspectiva” con la ley de la reflexión, y con predominio interesante de las leyes de la refracción y de la del recorrido óptico mínimo.

Ronchi argumenta que: «El carácter de este período de búsqueda es de gran complejidad. La heterogeneidad de las nociones, del lenguaje, de las observaciones, de las conclusiones; hacen que impere el desorden y la confusión. Período indispensable, porque de los estudios de este primer material experimental y racional, y (successori); pudieron pues recavar el ordenamiento, la clasificación, el encuadre, la especialización, la teoría»²².

En este complejísimo fenómeno óptico fundamental que es la visión, intervienen factores geométricos, físicos, fisiológicos y psicológicos, a los que corresponden otras tantas ramas de la óptica, vastas y ricas de teoría, de experiencia y, todavía hoy, de misterio.

En aquel primer período de la historia de la luz, asistimos a una miscelánea indistinta de estas cuatro ciencias y sobre todo a la separación de la geometría del resto: la óptica geométrica.

²² RONCHI, Vasco. op. cit. pág. 30.

El primer objeto de estudio fue el individuo mismo que estudiaba: su pensamiento matemático y su alma.

Necesitaremos otro grupo de escuelas para que la indagación se extendiese al mundo periférico del individuo y al mundo externo. Y, en consecuencia las ideas relativas a la luz se afinasen y se definiesen mejor.

La óptica en la Edad Media

Según Ronchi el primer pre-concepto que retardó y desvió durante mucho tiempo el desarrollo de las ideas fue el considerar la visión de un cuerpo como una operación global, unitaria e inseparable. Un objeto por grande o pequeño que fuese deberá ser visto en su conjunto. Todos los filósofos pensaban que era más fácil actuar para la visión cuanto más grande era el objeto, y todos ponían el ejemplo de la visión de una estrella o de un objeto minúsculo, como de un caso límite fuera de lo ordinario y digno de solución solamente después de haber resuelto el verdadero caso interesante: el de un cuerpo visible bajo un ángulo grande.

Todos repetían que la visión acontece por un cono o una pirámide que tiene el vértice en el ojo y la base en el objeto observado; la concepción perspectiva por excelencia.

Claro mientras se alarga la base de este cono perspectivo, se disminuye el vértice, hasta encontrar un punto en el interior del ojo. Esta simplificación matemática utilísima para la perspectiva, era mortífera para la teoría de la visión. En vez de indagar en la estructura del ojo, los filósofos vieron en el ojo solamente un órgano sensible *puntiforme*, de dimensiones y estructura despreciables para la función que estaba destinado a hacer.

Una contribución decisiva se aportó con los descubrimientos fisiológicos y anatómicos de Galeno,²³ no solamente por haber descrito la estructura del ojo sino por poner en evidencia la función del nervio óptico en la visión. Él lo consideraba como un canal a través del cual pasa el fluido visual proveniente del cerebro. El fluido visual, a través de la retina, que constituye el fondo ocular, se debe difundir en el humor vítreo, alcanzar el cristalino y hacerlo sensible; ósea apto para sentir la luz proveniente del exterior.

Sobre la luz Galeno no se pronuncia decisivamente; la considera un *fluido* difundido del sol en el aire igual que el cerebro emite el suyo en el nervio, así el aire hace para la

²³ GALENO De Pergamo, vivió entre el 130 y el 201 d. C.

luz externa como el nervio hace para el fluido visual. Sin pararse a considerar la naturaleza de este fluido externo, se limita a considerar la propagación rectilínea ahora ya consolidada en la óptica geométrica.

Galeno se apunta a la idea platónica: un fluido externo hacia el ojo y uno interno que no sale del ojo pero lo hace sensible y lo dispone para que sea impresionado por el fluido exterior. Por otro lado comienza a entrar en juego la estructura del ojo, es sin embargo con un concepto equivocado: que el cristalino no es la parte sensible.

En el período histórico que siguió a la época de Galeno no encontramos ningún adelanto definitivo y tenemos que salir del mundo grecorromano para encontrar en la obra de un físico árabe, Alhazen,²⁴ las consideraciones anatómico fisiológicas que han sido seguidas hasta nuestros días. Es el primero que intenta construir y pone fuera de juego la idea de que la luz sale del ojo para ir a buscar a los objetos.

Alhazen pasa a la fase constructiva superando la manía de la destrucción de las ideas del contrario que imperaba en el mundo grecorromano.

La primera proposición del primer libro de su obra dice así:

«Lux per se et color illuminatus feriunt oculos»

(La luz directa y los colores iluminados hieren los ojos).

Alhazen comienza la parte del color admitiendo la existencia de una luz extraña al individuo que siente. Pero al final de este primer enunciado resalta un elemento nuevo, contenido en la palabra: *feriunt*.

El autor demuestra esta tesis con este razonamiento:

«Hemos encontrado que los ojos cuando miran luces fortísimas sienten dolor y daño; en efecto un observador que quiera ver el sol, no lo podrá ver bien, porque los ojos le duelen a causa de su luz. Lo mismo le ocurriría si mira un espejo iluminado por el sol, con los ojos puestos en la cara de luz solar reflejada por el espejo: sentirá dolor a causa de la luz reflejada (...)»²⁵

²⁴ ALHAZEN es el nombre con el que fue llamado en occidente al científico árabe IBN-AL-HAITAM, nacido en Bassora hacía el 965 d. C. y murió en el Cairo en 1039 d. C.; pasó en Egipto la mayor parte de su vida.

²⁵ RONCHI, Vasco. op. cit. pág. 36.

Si el ojo sufre mirando un objeto resplandeciente, no se puede decir que exista algo que vaya del ojo al objeto, porque no hay ninguna razón para sufrir frente a un objeto más que frente a otro; pero es necesario admitir alguna cosa que va del objeto al ojo; y esta alguna cosa tiene la propiedad de reflejarse en el espejo.

En todo su libro el autor describe un notable número de experiencias de «sensitometría visiva». Nos explica como las estrellas se ven de noche y no de día porque de día estamos en medio del cielo iluminado. Si uno mira un objeto blanco «mundun» que esté bien resplandeciente, y lo mira fijo, verá lo mismo aunque mire a otra parte, el ojo está como cegado y sólo al pasar un poco de tiempo reemprende su facultad, que le permitirá ver las nuevas cosas que tiene ahora delante.

Alhazen separa la idea de luz de la de cuerpo luminoso o iluminado.

Demuestra la existencia de una impresión del exterior sobre el ojo, explica como la luz que entra dentro de una cámara oscura, a través de un agujero abierto mirando hacia el cielo, así no hay ningún objeto. Entonces el ojo no recibe aquella impresión persistente por algún tiempo, como cuando se mira un cuerpo iluminado bien claro. Debemos pues señalar esta experiencia nueva: cerrando los ojos ¡la impresión persiste todavía! Alhazen concluye «Todo esto demuestra entonces que la luz ejerce alguna acción sobre el ojo».

Después de haber efectuado el experimento con luz blanca repite la experiencia con objetos de colores y dice: Todo esto demuestra que los colores iluminados producen efecto sobre el ojo.

Según Ronchi este texto que corresponde al año 1.000 d. C. es de un físico operante con un criterio y un método experimental digno de la época moderna.

En el tercer capítulo del I libro demuestra, con muchas observaciones, que el tono de los colores de los cuerpos se modifica al cambiar la luz que los ilumina.

Con este primer grupo de experiencias y de consideraciones Alhazen ha intentado dejar fuera de juego la idea de que la luz pueda salir del ojo para ir a encontrar a los objetos. Es de señalar que contrariamente a sus numerosos predecesores, para los que demoler era fácil y construir resultaba imposible, él pasa a la fase constructiva, superando la dificultad principal contra la cual habían ido a romperse todos aquellos que en el siglo pasado, (siglo IX), pensaron en un “quid” que de los objetos entraba dentro del ojo.

En el capítulo cuarto de su obra describe la estructura del ojo, copiándola fielmente de Galeno, pasa a discutir el mecanismo de la visión en el capítulo siguiente: La visión se realiza por los rayos emitidos desde los objetos hacia los ojos.

En este enunciado hay un aire de novedad, casi de modernidad. Son los rayos de Euclides pero van del objeto hacia el ojo.

Alhazen con una lógica cristalina dice:

«Cuando el ojo se pone frente a un objeto, y éste está iluminado con una luz cualquiera, la luz debe llegar a la superficie del ojo. Y si como se ha demostrado que la luz tiene la propiedad de producir efecto sobre el ojo, y que es lo natural del ojo sentir la luz, debemos concluir que el ojo no puede sentir el objeto visto sino por medio de la luz que éste le manda».²⁶

También dice que las «*èidola*» e los «*scorze*» son finitos . La luz va de la fuente hasta los objetos y éstos la devuelven en todas direcciones y por consiguiente también sobre un ojo que esté de frente.

Alhazen lanza la idea fundamental de que la visión se puede explicar admitiendo que *a cada punto* del objeto observado corresponde *un punto* impresionado en el ojo. Esta idea es fundamental y un paso decisivo hacia adelante, casi profético.

En el tiempo de Alhazen, en la óptica de Euclides de Tolomeo y de Eliodoro, las nociones sobre la refracción eran todavía muy modestas, para que se pudiese trazar la trayectoria de la luz a través de la «membrana» transparente del ojo, solamente de forma esquemática.

Con la idea atribuida al rayo que conserva la correspondencia entre los puntos del objeto y los puntos impresionados del ojo, Alhazen superó los dos siglos en los que la teoría sobre la visión estaba estancada. Él no sólo había utilizado las contribuciones de Galeno y de Eliodoro para superar la idea que el ojo debe funcionar solamente como centro de perspectiva, sino que era penetrado en su interior minuciosamente; además desmenuzó el objeto visible en elementos *puntiformes*, haciendo perder a la visión del objeto el carácter de operación global inseparable.

Alhazen retoma el concepto de la *pirámide* perspectiva de Euclides, pero la reconstruye diciendo que el rayo que parte de cada uno de los puntos del objeto y llega normalmente sobre la superficie del ojo. No pone como consecuencia el vértice en el centro del ojo. Largamente (Lungo) estas redes que pasan por este centro, la luz y los colores de los diversos puntos del objeto deben caminar *ordenadamente* y siempre conservando el orden atravesando la córnea y la pupila, se imprimen sobre la primera

²⁶ RONCHI, Vasco. op. cit. pág. 39.

superficie del cristalino que los siente. La imagen ordenada, igual al objeto, ha entrado en el ojo acarreado todos los elementos para producir la visión.

Con errores pero es una estructura teórica que dejará detrás el pasado. Tenemos que reconocer en Alhazen el verdadero fundador de lo que hoy se llama «óptica fisiológica».

Resumiendo su teoría del mecanismo de la visión, él construye un modelo de luz, imaginando como un “alguna cosa” que se propaga según una trayectoria rectilínea y que es capaz de impresionar la parte sensible del ojo incluso hasta hacerla sufrir, y en algún modo dejándola impresionada e incapaz de ver ninguna cosa, en un tiempo más o menos breve.

Él demuestra todo esto por medio de la cámara oscura y otras experiencias. Más adelante dice que los colores de los cuerpos iluminados cambian al cambiar la luz que los ilumina.

No transcribo aquí todo lo que cuenta Ronchi sobre toda la clarividencia de Alhazen adelantándose a su tiempo. Hay que decir que su obra no llega a Europa hasta 1572. En 1271 aparece en Italia un tratado de óptica de un tal Vitellone o Vitellione, que fue estudiado mucho en la edad media. Desde el punto de vista físico explica las ideas, las demostraciones y las experiencias de Alhazen pero no cita la fuente.

Casi cuarenta años más tarde, en 1572, el manuscrito de Alhazen se tradujo al latín y fue publicado en un volumen en folio, seguido del libro de Vitellione.

Dante²⁷ representó para su época un pozo de ciencia, en su Divina Comedia viene a demostrar que conoce bien poco las leyes de la óptica y que en su época imperan todavía las ideas de los griegos.

De la lectura de la «Margarita Philosophica» parece evidente la inmovilidad de ideas que todavía al principio del 1500 reinaba a cerca del mecanismo de la visión y la naturaleza de la luz. Evidentemente la riqueza de las ideas y de los conceptos nuevos contenidos en la obra de Alhazen y Vitellione habían quedado, al menos en gran parte, incomprensidos y pasados por alto.

²⁷ DANTE ALIGHIERI. Nace en Florencia en 1265 y muere en Ravenna en 1321.

Ya se avecinaba el final de la Edad Media cuando se realizó un descubrimiento que señala el comienzo de una revolución profunda: el de las lentes para los ojos, las gafas. La historia de estos pequeños discos pulidos de vidrio es de lo más interesante.

Las lentes se dice que se usaban para la corrección de la presbicia²⁸. Pero en aquella época no se tenía ningún conocimiento de óptica, todavía estaban estancados en los conocimientos de Tolomeo, y tampoco se tenía la mínima idea sobre el envejecimiento del ojo y la pérdida de su facultad de acomodación, por la cual el ojo ve con igual nitidez los objetos cercanos y los lejanos.

La localización de la invención es incierta. Las lentes convexas se conocían ya desde hacía tiempo tanto en la antigua Grecia como en Roma y en el mundo árabe, pero es en el *Opus Majus* de Roger Bacon (1214-1294) publicado en 1267 donde encontramos la primera descripción de lentes para corregir ametropías (presbicia). En la misma época, en la corte de Kublai Khan, Marco Polo menciona la utilización de lentes para lectura utilizados en China aparentemente desde el siglo X. Es a Che Hang, carcelero chino, a quien se le atribuye la invención de los Ai-Ti o lentes de cristal de roca. Una de las primeras manifestaciones pictóricas en las que aparece el uso de los anteojos es el retrato de Hughes de Provence por Tomaso da Modena (Treviso 1352). En Italia la discusión de su aparición está entre el valle del Arno y la laguna Veneta. Ahora, Venecia todavía es famosa por su industria de vidrio. El nombre «lente» que significaba verdaderamente la legumbre lenteja, era el nombre vulgar, seguramente el verdadero nombre fue «lente de vidrio» o «lente cristalina».

Seguramente las lentes nacieron fuera del ambiente culto. En todo el largo período que va del 1300 al 1500, las alusiones a las «lentes de vidrio» se podían contar con los dedos de la mano. Aunque hay rarísimas alusiones sabemos sobre el uso de las lentes por Alhazen, por Ruggero Bacone, por Leonardo da Vinci, por Cardano y algún otro; mirando el empleo de la lente como medio de ampliación, pero nunca como medio de corrección de la vista.

En 1593 se escribe un libro particularmente importante, es el primer libro en el mundo en el que se intenta hacer la teoría de las lentes. Es el “De Refractione” de G. B. Della Porta.²⁹

²⁸ Presbicia. Defecto de la visión consistente en que los rayos luminosos procedentes de objetos situados a cierta distancia del ojo forman foco en un punto posterior a la retina.

²⁹ DELLA PORTA, G. B. Nace en Nápoles en 1553 y muere en 1615.

Entretanto Leonardo Da Vinci,³⁰ acaso en base a algunas indicaciones y quizá sobre el ejemplo de Alhazen y de Vitellione, construye la «cámara oscura» y pone en evidencia su analogía con el ojo.

Aquí concluye el período medieval de la óptica. En todo este milenio no existe una teoría nueva sobre la luz; hay que reconocer que después de la explotación del tema por parte de los antiguos filósofos no había mucho que hacer.

Las aportaciones de los estudios en el campo fisiológico han sido fundamentales. Por un lado para el mayor conocimiento anatómico de ojo. Por otro siguiendo nuestro argumento, para la aniquilación definitiva de la teoría del rayo emitido desde el ojo hacia el exterior.

El mecanismo de la visión no estaba todavía maduro para poder ser resuelto; pero el estudio de Alhazen era el embrión que pronto se convertirá en el definitivo. La comparación entre la cámara oscura y el ojo había comenzado y nos llevará bien pronto a la solución deseada.

Al final entramos decisivamente en el uso de las lentes de los ojos, unas convexas para la corrección de la presbicia y otras cóncavas para la corrección de la miopía³¹. Estos pequeños discos de vidrio, confeccionados y difundidos por modestos artesanos, del todo desconocedores de las difíciles elucubraciones científicas y filosóficas, se multiplicaban a millares bajo los ojos desconfiados de los matemáticos silenciosos y escépticos, preparando aquella revolución que debía cambiar radicalmente la mentalidad de los filósofos respecto de la óptica.

Porque en todo este estudio, en el cual es evidente y prevalece el carácter fisiológico, al lado de tantas observaciones, ahora ya podemos dar a la *óptica fisiológica* una mole y una autonomía digna de una ciencia presente. Mucha energía y demasiada atención fue dedicada a las «ilusiones ópticas», a las «decepciones de la visión». Estos manuales estaban llenos de errores. Entonces al encontrar el croquis de un ingenio, lleno de indicaciones erróneas o alteradas, ocurría que no se lograra construir el mecanismo, y

³⁰ LEONARDO. Nace en Vinci (cerca de Florencia) en 1452 y muere en el castillo de Cloux Francia (cerca de Amboise, Tours) en 1519.

³¹ Miopía. Defecto de la visión consistente en que los rayos luminosos procedentes de objetos situados a cierta distancia del ojo forman foco en un punto anterior a la retina.

esto llevaba necesariamente a la incredulidad. Este escepticismo, esta desconfianza era la gran tara de la óptica medieval.

La óptica antigua, siglo XVI

La primera mitad del siglo XVI pasó, según Ronchi, sin acontecimientos notables. Los matemáticos y los filósofos trabajaban teóricamente y experimentalmente entorno al problema de la refracción a través de una superficie plana y de una esférica, en particular atravesando una esfera de vidrio llamada «pila crystallina» (es decir «bola de vidrio»). Pero no consiguieron conclusiones dignas de comentario.

El primer acontecimiento digno de mención fue la publicación de la «Magia Naturalis» del napolitano G. B. Della Porta. Fue un libro extraordinariamente afortunado y difundido. Se hicieron veintitrés ediciones del original latino, diez traducciones italianas, ocho francesas y otras españolas, holandesas y también árabes.

La «Magia Naturalis» no es un libro serio (difícil); es un a recopilación de bromas, de juegos, de trucos, de magia. Pero Porta hizo bien en incluir las lentes. Esta cita tuvo consecuencias importantísimas que el autor nunca hubiera sospechado.

El capítulo VI contiene la descripción de la «cámara oscura» con una lente en el orificio, es el parangón de este dispositivo con el ojo. Este es el texto:

Si se aplica una lente de vidrio en el agujero, veréis todas las cosas más claras, las caras de los hombres que caminan, los colores, los vestidos, y todas las cosas, las observareis con esmero, y tendréis tanto placer, que lo que habéis visto os quedareis con las ganas de volver a mirarlo.³²

Aunque Cardano³³ ya había aplicado la «lente de vidrio» al agujero de la cámara oscura, la gran difusión de la «Magia Naturalis» de Porta en cambio divulgó la noticia por todas las partes del mundo y por esto Porta ha sido siempre considerado el inventor de este dispositivo. Aunque la comparación entre la cámara oscura y el ojo fue de Leonardo.

Porta en su «Magia Naturalis» usa casi siempre el término «lens crystalina», porque esta obra no tenía miras científicas, estaba dedicada al público en general. Cuatro años

³² DELLA PORTA, G. B. *Magia Naturalis*, Ed. 1589, Salviani, Nápoles, Libro XVII, Cap. VI.

³³ CARDANO, Girolamo. (Hieronymus Cardanus). Nace en Pavia 1501 y muere en Roma en 1576. Medico, matemático y astrólogo.

más tarde reemprende el estudio de las lentes en otra obra, «De Refractione», esta vez con intenciones serias. Naturalmente ahora usa solamente el termino noble y ampuloso de «specillum».

En el capítulo X del libro XVII de la «Magia Naturalis» explica la construcción del antejo de lentes divergentes:

Las lentes cóncavas hacen ver clarísimamente las cosas lejanas; las lentes convexas las cosas que están cerca; de donde os podéis aprovechar de esto para comodidad de la vista

El «De Refractione» fue publicado en el año 1593, cuatro años después de la edición de la «Magia». Es muy interesante porque es el primer libro que intenta hacer la teoría de las lentes.

El autor estudia a fondo la refracción de la luz, estudia también el ojo y el mecanismo de la visión, en el libro VIII intenta hacer la teoría de las lentes convexas y cóncavas. El libro IX, lo dedica a los colores y al arco iris, acabando así este precioso volumen.

En 1604, sólo once años después de la publicación «De Refractione» de Porta, aparece el volumen «Ad Vitellionem Paralipomena» en el que Kepler,³⁴ bajo un título modesto expone muchos conceptos fundamentales. Él investiga la construcción de anteojos o lo que hoy llamamos telescopios para sus investigaciones astronómicas. Por este instrumento se interesó un hombre que ha dejado profundas huellas en el desarrollo de la ciencia: Galileo Galilei,³⁵

1610 fue, (siempre según Ronchi), el año de la catástrofe de la óptica antigua. Aunque el «Paralipomena» de Kepler, no fue comprendido cuando apareció. Hay un hecho que modificó profundamente la situación, fue la gran polémica sobre los satélites de Júpiter. Galileo con su antejo por un lado; y por el otro todo el mundo académico. Todo el mundo se despierta, asiste y participa en la lucha. Es una lucha de gigantes, por la vida o la muerte de los principios científicos. La victoria de Galileo cambia la mentalidad y el estado de ánimo de los estudiosos que ponen atención en el ojo y se dan cuenta de la importancia de los mecanismos ópticos; se comprende que la excesiva diferencia era fruto de la ignorancia y que por mucho tiempo fue tenido inactivo un medio de indagación potente y precioso.

³⁴ KEPLER, Johann. o KEPLER. Nace en Dorf Magstaff, fue preso en Weil en Württemberg, en 1571, y muere en 1630 en Regensburg.

³⁵ GALILEI, Galileo. Nace en Pisa en 1565 y muere en Florencia-Arcetri en 1642.

Con este cambio de directrices, la óptica, dejada al principio en manos de cualquier esporádico cultivador, pasó a ser el centro de atención de los filósofos y de los investigadores, convirtiéndose en un tema de actualidad.

La «luz» ahora tenía una consistencia mucho más definida que en el pasado. Existía un «lumen» emitido por los focos luminosos, que se propagaba en rayos rectilíneos emitidos en todas las direcciones desde cada punto del foco mismo. Los rayos eran absorbidos por los cuerpos opacos y reflejados por los cuerpos pulidos, difusos por los rugosos y traspasados por los transparentes. La luz llevaba calor seco. La luz cuando era pura era blanca, pero al contaminarse con un cuerpo coloreado, cogía el color de este. Se propaga con velocidad finita según unos. Grandísima según algunos, y directamente infinita según otros. Este «lumen» penetra en el ojo se concentra sobre la retina e impresiona el nervio óptico, dando origen a la visión.

Acerca de la naturaleza de este «lumen», algunos lo consideraban puro movimiento, otros veían corpúsculos pequeñísimos lanzados a gran velocidad y haces de rayos.

La cuestión presentaba así aspectos geométricos, fisiológicos y físicos.

Como hemos visto, *la óptica geométrica* estaba formada ya desde la antigüedad; *la óptica fisiológica* se comenzó a desarrollar a partir de la mitad del medievo; ahora a estas dos ciencias se le tendría que añadir una tercera, *la óptica física* para estudiar la naturaleza y las propiedades del «lumen».

Es interesante poner de relieve que la luz nació en la visión y que no hubiera sido posible de otra manera. Si no hubiera sido la vista, quizás ninguno hoy hablaría de la luz. Antiguos filósofos que habían afrontado el estudio de este sentido y de los estímulos relativos, acabaron por dividirse en dos corrientes: una objetivista y otra subjetivista: casi como repercusión de la eterna lucha entre el idealismo y el materialismo.

El choque entre las dos corrientes ocurrió precisamente en el órgano del sentido de la vista, esto es en el ojo. De este debió venir la prueba crucial en favor de una o de otra tesis.

El siglo XVII todavía existe mucha perplejidad y mucha confusión a propósito del «color»; todavía los filósofos insisten sobre la ilusión óptica, sobre el engaño de la vista; pero al afirmarse en la filosofía natural y en las indagaciones experimentales harán callar a estos «laudatores temporis acti» (que alaban el tiempo pasado) y empujarán a los físicos llenos de fe y de entusiasmo a la búsqueda de la naturaleza del «lumen» y al estudio de sus propiedades.

De Cartesio al Padre Grimaldi

El contenido de las obras de Cartesio³⁶ del P. Grimaldi³⁷ y de Hooke,³⁸ tuvieron una influencia decisiva sobre el curso de nuestra historia. Todos los escritos reflejan el fervor de la discusión de la época acerca de la naturaleza de la luz y manifiestan la perplejidad general. Cartesio propone un nuevo método matemático en donde el análisis constituye un arte inventivo y representa la principal incitación del método cartesiano. La primera condición para su realización consiste (*Discurso*, II) en “no admitir como verdadera cosa alguna que no se sepa con evidencia que lo es”, evitando la precipitación y aceptando sólo lo que se presenta claramente al espíritu; la segunda en “dividir cada dificultad en cuantas partes sea posible y en cuantas requiera su mejor solución”; la tercera, “en conducir ordenadamente los pensamientos”, empezando por los objetos más simples y fáciles de conocer para ascender gradualmente a los más compuestos, y la cuarta, “en hacer en todo unos recuentos tan integrales y unas revisiones tan generales que se llegue a estar seguro de no omitir nada”. Estas cuatro célebres reglas resumen todos los caracteres esenciales del método,³⁹ Utilizando su método Cartesio combina todas las hipótesis más discordantes, sobre la naturaleza de la luz. El Padre Grimaldi después de tanto indagar y analizar descubrió el fenómeno de la difracción de la luz. Hooke declara estar preparado para explicar todos los colores del mundo, encuentra el argumento poco importante, e intenta exponerlo del modo más conciso. Ideó un dispositivo para medir el índice de refracción de los líquidos.

³⁶ DESCARTES, René du Perron. Nace en La Haye, en Turena 1596 muere en Estocolmo en 1650. Filósofo y científico francés, considerado como el padre de la filosofía moderna. Construyó la primera teoría mecánica general del Universo. Descubrió la ley de la refracción de la luz. “*Discours de la méthode*” (1637), “*Principia philosophiae*” (1644), “*Les passions de l’âme*” (1649). Y otras de publicación póstuma: “*Le monde ou Traité de la lumière*” preparado desde 1633 que la condena de Galileo le disuadió de publicar; y el dialogo “*La recherche de la vérité par la lumier natural*” de fecha incierta.

³⁷ P. GRIMALDI, Francesco Maria. Nace en Bolonia en 1618 y muere en 1663.

³⁸ HOOKE, Robert. Nace en Freshwater, isla de Wight, Inglaterra en 1635 y muere en Londres en 1703.

³⁹ FERRATER MORA, José. *Diccionario de Filosofía*. Buenos Aires: Ed. Sudamericana. 1951, 1971. Tomo I, pág. 423.

Para Grimaldi los colores no son ya «especies visuales intencionales», son modificaciones de la luz. La ley de la refracción encuentra la forma casi definitiva, representará un arma formidable en las manos de los ópticos geométricos y de los investigadores. Se conoce la difracción de la luz, algunos investigadores empiezan a reclamar sus derechos sobre el descubrimiento de la naturaleza de la luz.

El horizonte se presenta agitado: Galileo lo discute en el *Saggiatore* aparecido en 1619; Marco Antonio de Dominis, Arzobispo de Spalato; Marcus Marci de Kronland que publicó en 1648 una obra que lleva por título “*Thaumantias Iris, liber de arcu coclesti, deque colorum apparentium natura, orlu et causis*”; Isacco Voss da Leyda, que publicó en 1648 “*De lucis natura et proprietate*” y otros de menor importancia concurren en la discusión acarreado su contribución de raciocinio, de experiencia y de fantasía, para intentar deshacer este formidable enigma de la naturaleza.

Un resultado clarificador fue la medida de la velocidad de la luz, conseguida por Ole Römer⁴⁰ de Aarhus en 1676; pero el descubrimiento de la «doble refracción» del espato de Islandia que realiza Erasmus Bartholin⁴¹ de Roeskilde, añade nueva perplejidad y más misterio al grupo de físicos y filósofos. Erasmus Bartholin siendo profesor de medicina (1657-98) en la universidad de Copenhague, observó que las imágenes vistas a través del espato islandés (calcita) se doblaban y que, cuando el cristal se giraba, una imagen seguía siendo inmóvil mientras que la otra rotaba con el cristal. La luz que pasaba a través de la calcita se dividía en dos rayos, él llamó a la imagen inmóvil el “rayo ordinario” y la imagen móvil el “rayo extraordinario”. Aunque Bartholin no podía explicar la doble refracción, su descubrimiento fue una seria contradicción a las teorías ópticas de Isaac Newton.

En este ambiente se desenvuelve la obra de dos grandes, Newton y Huygens, que con su nombre dan mucha sombra a sus predecesores.

⁴⁰ Römer, Ole. Nace en Aarhus en 1644 y muere en Copenhagen en 1710. Partiendo de las observaciones de los planetas (las lunas de Júpiter) determinó la velocidad de la luz en 225.000 km por segundo. Las medidas modernas la han establecido en 299.792 km por segundo.

⁴¹ BARTHOLIN, Erasmo. Nace en Roeskilde en 1625 y muere en Copenhagen en 1698. Médico, matemático, y físico danés.

Newton, Huygens, Young, Fresnel.

Newton⁴² reemprende los trabajos sobre la luz sentando el “modelo corpuscular”, que fue discutido desde un principio. Para Newton la luz estaba constituida por *partículas materiales* que, lanzadas a gran velocidad por los cuerpos emisores, se propagaban en línea recta constituyendo los rayos de luz. Los colores, que hasta entonces se creían consecuencia de que la luz blanca se “contaminaba” al atravesar o chocar con los objetos coloreados, fueron interpretados por Newton después de descubrir la dispersión en el prisma. Para él la luz blanca se componía de luces simples de distintos colores, y éstos eran consecuencia de que las partículas de luz correspondientes a cada color tenían distinta masa.

Con su modelo corpuscular explicó la refracción, suponiendo que las partículas eran atraídas hacia la superficie de separación con lo que aumentaba su velocidad normal, mientras la componente tangencial quedaba inalterada, lo que conducía a la relación de Descartes: $\sin e / \sin e' = v / v' = \text{cte}$, pero le implicaba que la luz en el medio más denso debía tener mayor velocidad.

Esta contradicción con el sentido común no tuvo mayor trascendencia, toda vez que las leyes de la refracción en lo que a direcciones respecta eran acordes con la experiencia y no se desmintió, a pesar de que, como ya he comentado antes, el danés Ole Römer había medido la velocidad de la luz por la ocultación de los satélites de Júpiter en 1676. No fue hasta que en 1849 el francés Jean-Bernard-León Foucault (1819-1868), midió la velocidad en el laboratorio por el método del espejo giratorio, cuando puso de manifiesto que la velocidad de la luz era menor en los cuerpos más densos. Al contrario de lo que decía Newton.

El modelo corpuscular de luz, que pudiéramos llamar “geométrico”, estuvo vigente, pese a sus contradicciones, por espacio de un siglo, durante el cual la óptica geométrica alcanzó un desarrollo completo sobre la base del principio de Fermat (1601-65) declarado en 1658.

Christiaan Huygens⁴³ era 13 años más viejo que Isaac Newton, fue el primero que se ocupó de la teoría de la luz aunque ya en edad avanzada. Anteriormente se dedicó a

⁴² NEWTON, Isaac. Nace en Woolsthorpe el 4 de enero de 1643 y muere en Londres el 31 de marzo de 1727.

⁴³ HUYGENS, Christiaan Nace en la Haya el 14 de abril de 1629 y muere el 8 de julio de 1695.

cuestiones de óptica geométrica y técnica. Su tratado de la luz es del 1684. Huygens propuso el “modelo ondulatorio”. Para él, la luz era un fenómeno ondulatorio de tipo mecánico, como el sonido, que se propagaba en un medio muy particular: el *éter*, especie de fluido impalpable que todo lo llenaba, incluso el vacío, donde la luz también se propagaba (Traité de la Lumière, 1690). Debido a la gran autoridad científica de Newton, ya que la obra de este sabio inglés fue considerada una construcción científica acabada y perfecta, irrefutable, de una vigencia definitiva. La teoría ondulatoria no pudo progresar hasta el primer cuarto de siglo XIX en que el inglés T. Young⁴⁴ en 1802 hizo pasar la luz a través de dos pequeños orificios y observó en una pantalla franjas alternadas de luz y de sombra, como en el caso de las ondas sonoras o las ondas de agua. Midiendo por primera vez y por este medio las longitudes de onda correspondientes a distintos colores espectrales. Estos estudios no fueron bien vistos por los científicos ingleses porque estaban en contra de la teoría corpuscular de Newton, y correspondió a los franceses Fresnel y Arago desarrollar la teoría ondulatoria de la luz. A. Fresnel⁴⁵ explicó la difracción descubierta por el P. Grimaldi (1618-1663) y los fenómenos de propagación y polarización en los medios anisótropos basándose en la misma teoría, en 1816 el principio llamado de Huygens-Fresnel que permite explicar los fenómenos de la difracción de la luz y que es una modificación del de Huygens. Consiste en suponer que las ondas secundarias del principio de Huygens se propagan en todas las direcciones, pero con una amplitud A que depende del ángulo a entre la dirección de propagación de la resultante y la dirección considerada, de manera que A es máxima cuando $a = 0$ y va disminuyendo hasta que, cuando $a \geq 90^\circ$, $A = 0$. Fresnel estableció definitivamente la naturaleza ondulatoria de la luz.

Fresnel fue para la óptica lo que Newton para la mecánica, claro que hubo otros gigantes que lo precedieron, como Huygens, que inició y construyó las bases de esta teoría siglo y medio antes, así como Grimaldi y Young que observaron la difracción y la interferencia de la luz. Huygens supuso que las ondas luminosas eran longitudinales, como las sonoras en el aire, en cambio Fresnel supuso a las ondas transversales, es decir que las vibraciones eran perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. Existía un fenómeno que no podía explicarse ni por la teoría corpuscular ni por la teoría

⁴⁴ YOUNG, Tomas. Nace en 1773 en Milverton (Inglaterra) y muere en Londres en 1829. Se doctoró en medicina en Göttingen en 1795.

⁴⁵ FRESNEL, Augustin Jean. Nace en Borglie, departamento del Eure, Normandía en 1788; muere en Ville d'Avray, Isla de Francia 1827. Inventa el biprisma de franjas, que tiene su utilidad en la lente Fresnel.

ondulatoria con vibraciones longitudinales y era que si se miraba un escrito a través de un cristal de espató de Islandia (calcita), las letras se veían dobles.

La teoría ondulatoria, que, aún cuando tuvo grandes éxitos, apareció llena de contradicciones en sus principios básicos, fue finalmente afirmada por el inglés J.C. Maxwell⁴⁶ en 1864 al descubrir que se trataba de ondas electromagnéticas en lugar de mecánicas, dando así origen a la teoría electromagnética de la luz, que fue confirmada experimentalmente por Hertz⁴⁷ en 1888.

El estudio de otros fenómenos como la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y los espectros atómicos, pusieron de manifiesto la impotencia del modelo ondulatorio para explicarlos. En 1900 Max Planck pudo dar la ley matemática de la radiación del cuerpo negro suponiendo que la luz no es emitida de modo continuo, sino por *cuantos* discretos de energía $h\nu$. La ley de Planck de distribución espectral de la radiación del cuerpo negro coincide perfectamente con la experiencia. La drástica suposición de Planck que resolvió el problema encontró en el mundo científico y filosófico de la época la más violenta oposición, ya que implicaba la emisión de luz en forma de gránulos o *cuantos* de energía $h\nu$, lo que chocaba fuertemente con la idea de la continuidad de los fenómenos físicos y, sobre todo, porque esta nueva idea corpuscular de la luz irrumpe en la Física en un momento en que la teoría ondulatoria se consideraba suficientemente probada. Las consecuencias de la teoría de Planck se consideraron tan alejadas de la realidad física que más bien se pensó que simplemente se trataba de una argucia matemática sin más trascendencia. Estudios y experiencias posteriores confirmaron el carácter corpuscular de la luz y ello trajo como consecuencia una profunda modificación en las ideas y en las teorías físicas.

La teoría cuántica de Planck; sirvió para que A. Einstein⁴⁸ en 1905 explicara el efecto fotoeléctrico, que ya había sido descubierto por Hertz en 1887 y no pudo ser explicado por los métodos de la física clásica. Siguiendo la teoría de Planck Einstein explica el efecto por medio de los cuantos de luz, corpúsculos energéticos que él llamó *fotones*, Einstein dice que un haz de luz es un chorro de corpúsculos, *fotones*, de energía $h\nu$. N. Bohr en 1912, ampliando las condiciones de cuantificación, explicó el espectro de

⁴⁶ MAXWELL, James Clerck. Nace en Edimburgo en 1831 y muere en Cambridge en 1879.

⁴⁷ HERTZ, Heinrich Rudolph. Nace en Hamburgo en 1857 y muere en Bonn en 1894.

⁴⁸ EINSTEIN, Albert. Nace en Ulm en Württemberg en 1879, muere en Nova Jersey en 1955.

emisión del átomo de hidrógeno, y A. H. Compton, en 1922, el efecto que lleva su nombre.

Apareció así en esta ciencia un grave estado de incomodidad al encontrar que la luz se comporta como onda electromagnética en los fenómenos microscópicos de propagación, interferencias y polarización, y como corpúsculo en los microfísicos de emisión, absorción e interacción con los átomos.

La cuestión fue resuelta en el año 1925 admitiendo una idea original de L. de Broglie, quien supuso que el movimiento de todo corpúsculo viene regido por una onda asociada de longitud $\lambda = h/mv$. La confirmación experimental de esta suposición dio lugar a una nueva ciencia, la Mecánica Cuántica, que es la más potente herramienta de la física contemporánea.

En el momento actual, la óptica, con los progresos recientemente realizados y la interconexión establecida con otras ciencias, tiene abiertos importantes y sugestivos campos de trabajo.

En el campo de la óptica fisiológica, la problemática de la visión tiene todavía muchas e importantes incógnitas que despejar, y es una parcela en la que actualmente se desarrolla un gran volumen de investigaciones.

La determinación de estructuras aplicando los métodos difraccionales a rayos X, electrones y neutrones, así como las propiedades ópticas del estado sólido son temas del momento presente.

El almacenamiento de información por señales luminosas con fundamento en la holografía o en alteraciones de las redes cristalinas, abre panoramas insospechados.

En el campo de la óptica de partículas cargadas y microondas se desarrolla actualmente una gran actividad, lo que en unión a los modernos métodos espectroscópicos de alta resolución establece una importante conexión con la astrofísica.

En detectores de radiación se hacen a diario progresos notables así como en intensificadores de imágenes débiles u obtenidas con luz invisible.

1. 2. ¿QUÉ ES ENTONCES LA LUZ?

Ronchi, en el resumen del último capítulo de su obra dedicada a la historia de la luz, comienza diciendo que en la escuela donde se forman las mentes de los jóvenes y la opinión general. Ahora (refiriéndose al año 52 cuando se reedita esta obra de 1936) se impartía la noción inconclusa e indiscutible de que la luz era un complejo de ondas de longitud variable de 0,4 a 0,8 micras y que estas singulares ondas de la más corta a la más larga constituían la escala de los colores del arco iris desde el violeta hasta el rojo.

Esta afirmación sostenía la teoría de los newtonianos con la única variación de que los corpúsculos de diversas dimensiones eran sustituidos por ondas de diferente longitud. La opinión general estaba acostumbrada a la idea del rayo newtoniano: un rayo rojo era como unos polvillos rojos propagados a la velocidad de 300.000 km por segundo, (exactamente a 299.792 km por segundo) esto es que los colores fuesen siempre un polvillo. Cuando las ondas desentronizaron a los corpúsculos, una concepción materialista del color se volvía directamente grotesca, pero ahora la costumbre de considerar el rojo como alguna cosa física, externa al observador se volvía así profunda y natural, igual que si hablamos de ondas rojas, o amarillas, verdes, azules o violetas. Con mucha más razón pues la longitud de onda se podía medir fácilmente, o sea que el color era una característica física de la luz; mientras en la teoría corpuscular era una pura hipótesis porque nadie había medido las masas de los diferentes corpúsculos, ahora en cambio era una constatación experimental.

Sabiendo pues que la luz y el color son fenómenos físicos de los cuales se conocen perfectamente sus mecanismos, de manera que se puede predecir el más pequeño detalle. Se realizan cada vez experimentos más complicados, el estudio sobre la luz y el color prosigue infatigable para definir siempre mejor la naturaleza de la luz y de sus leyes.

Ronchi dice que para explicar mejor el desarrollo de su indagación la dividirá en tres partes: Una que sigue los estudios sobre «la naturaleza de la luz»; otra sería sobre «la medida de la luz»; y por último «la medida del color».

La naturaleza de la luz

En la primera mitad del siglo XIX las ondas de Fresnel eran ondas elásticas, transversales. El medio en el que se propagaban era el éter, aquel misterioso fluido inalcanzable, que rellena todo el universo y penetra los cuerpos materiales.

Un cambio profundo ocurre en la segunda mitad del siglo que nos referimos. El desarrollo de los estudios electromagnéticos culminó, en la teoría de Maxwell, que en 1873 llegó a considerar las ondas luminosas como ondas electromagnéticas idénticas, a parte de la longitud de onda, de todas las otras ondas obtenibles por radiaciones de circuitos dotados de las oportunas características inductivas y de capacidad. Las experiencias de Hertz en 1888 señalaron el principio de la «óptica de las ondas electromagnéticas» así llamada porque estas ondas fueron obtenidas con un oscilador electromagnético. Fue posible observar la reflexión, la refracción, la difracción, la interferencia, la polarización, verdaderamente con las mismas leyes que en la óptica habían sido definidas para la luz.

Así desaparece toda consideración hacia la naturaleza elástica de las ondas luminosas y es sustituida por el modelo electromagnético.

En 1900, por obra de Max Planck, se instauró el concepto cuántico de la energía. En 1905 A. Einstein con su teoría de la relatividad ponía bajo el proceso los conceptos de tiempo y de espacio, destruyendo toda aquella euforia que en el siglo XIX suscitó tanta confianza en la búsqueda científica y en la indagación experimental.

La medida de la luz

Es evidente que el propósito de «medir la luz» sólo pudiera nacer en la mente de una persona convencida de que la luz era una entidad mensurable; pero para ser medida, debía ser objetiva, externa al observador; por lo que si alguien hubiera considerado la luz como una entidad subjetiva, psíquica, no se habría propuesto medirla con medios físicos.

En otro campo de la física tenemos la prueba de lo que estamos diciendo. En la térmica se hace una distinción bien clara entre caliente o frío. El calor y el frío son entidades subjetivas, son sensaciones sentidas por un observador. Hay quien las siente de un modo, hay quien las siente de otro; uno siente calor cuando otro siente frío y aun siendo el mismo agente externo, el mismo observador a veces siente calor a veces siente frío. Esto es lo que no interesa a la física. La física se ocupa solamente de aquello que existe en sí, independientemente del observador. Nos encontramos aquí que el hombre, como revelador o indicador del calor es un instrumento muy incierto y muy restringido. La medida de la temperatura se ha dejado a los termómetros; del calor y del frío en física no se ha hablado nunca.

Ésta es la manera justa de razonar de los físicos. Lo extraño en cambio es que para la luz (y también para el sonido) este método claro e inequívoco no se había aplicado nunca. Para esto nació y se desarrolló la fotometría.

La fotometría fue una ciencia indefinida, provisional durante mucho tiempo. Hasta el tiempo de Bourguer⁴⁹ el método de medida fotométrica fue el «método de cero»,⁵⁰ porque se había constatado que a ningún observador se le podía pedir un juicio sobre el informe de intensidad luminosa que diese alguna confianza.

Se pensó entonces en crear un ojo ficticio, establecido por convención y por consiguiente invariable. Para no depender de las variaciones fisiológicas y psicológicas de el ojo humano.

Por mucho tiempo se habló de fotometría en luz blanca, y de fotometría en luz monocromática y de fotometría electromagnética. La verdadera era la que se hacía en la luz blanca. Pero faltaba la definición de «luz blanca». Ésta fue definida por convención mediante ciertos patrones llamados iluminantes.

En la fotometría de la luz blanca, se definieron los patrones de intensidad y las magnitudes de las unidades fotométricas: cantidad de luz, flujo, intensidad y resplandor. Centrándonos en las magnitudes, ¿qué quiere decir «cantidad de luz»? Está definida como el flujo luminoso multiplicado por el tiempo para que suceda la distribución. Y ¿el «flujo»? Es la intensidad multiplicada por el ángulo sólido en el que se produce la emisión. Y ¿la «intensidad»? Es el número de candelas de una fuente, determinado mediante la comparación con el patrón.

Ronchi se pregunta: pero, si fuera de nosotros lo que vemos son ondas, o corpúsculos, o fotones, ¿es eso la luz?

Este es un punto crucial. La fuente emite ondas o fotones, es decir expulsa: esto no es «luz», es movimiento, es energía. Para que exista la luz tiene que llegar al fondo del ojo impresionarlo y hacer transmitir los impulsos nerviosos al cerebro, a una psique. Esto

⁴⁹ BOURGUER, Pierre. Nace en 1698 en Croise, Bretaña, y muere en Praga en 1758. Fue considerado el científico que después de Newton, obtuvo mayores resultados en el estudio de las propiedades de la luz.

⁵⁰ El método «medida de cero» consistía en medidas en las cuales variando uno de los elementos a comparar, ver si es igual a aquel otro, de manera que al observador sólo le queda decidir si la igualdad se alcanza o no, y no debe hacer ninguna valoración de las eventuales diferencias restantes.

es igual para el rojo, para el verde, el violeta y también para el blanco. Aquí es donde está el error del “*rubrifico al rosso*” de la newtoniana memoria que fue el origen de una equivocación que ahora ya dura siglos que mina los fundamentos de la fotometría.

Hoy aunque la fotometría está consolidando sus propias bases, antes de llegar a las conclusiones definitivas, conviene hacer una breve reseña de la evolución de la colorimetría.

La evolución de la colorimetría

Sin resumir el largo y difícil trabajo de los antiguos en torno al concepto del color, arrancamos de las demostraciones del P. Grimaldi donde los colores no son algo distinto de la luz y no están en los cuerpos, «ut vulgo putatur», como generalmente se cree.

Esta afirmación es importantísima. Él avanzó la idea de que los colores fuesen debidos a una vibración de las partículas constituyentes de la luz; anticipando así el embrión del concepto que después se afirmó en la teoría ondulatoria.

Pero fue uno de los grandes métodos de Newton el haber encontrado la correspondencia entre la refrangibilidad de los variados rayos y su color. El descubrimiento de la dispersión del prisma y la rica cosecha de experiencias lleva con éxito su análisis complejo de la luz.

Newton en la Proposición VII, Libro I, Parte II, escribe:

En todo este tratado, cuando digo color, debes siempre entender aquel que tiene origen efectivamente en la luz. Bien no son en efecto aquellas que tienen origen en otra causa: como cuando por fuerza de la imaginación vemos en los sueños los colores delante de nosotros; o al loco le parece ver aquello que no existe; o cuando a uno, por un golpe sobre un ojo, ve como un fuego; o como cuando comprimiendo el flanco de los ojos, mientras se vuelve la mirada a otro lado, vemos los colores que llamamos la luneta de la pluma de pavo real. Cuando estas causas u otras afines no intervengan, cada color corresponde siempre a la especie o a las especies de los rayos, de los cuales está compuesta la luz

En los primeros años del siglo XIX encontramos una persona que tiene el coraje de hablar mal de Newton.

Merece ser señalado a este propósito el gesto extraño de W. Goethe,⁵¹ famoso letrado, que en 1810 publica un grueso volumen de 1.400 páginas “*Zur Farbenlehre*” («Sobre la teoría del color») para arrojar violentamente contra Newton y para vindicar la naturaleza subjetiva del color, contra la prepotencia de los newtonianos que la habían reducido a un simple mecanismo físico y que no toleraban ninguna duda o reserva a su propósito, oprimiendo en un absoluto silencio a todo aquello, y no era poco, que pudiera molestar a su manera de considerar las cosas. La convicción de Goethe debía ser muy profunda, y él mismo debió haber sentido la necesidad de combatir en esta batalla como el solo vidente en un pueblo de ciegos, porque solamente así se explica y se justifica su gesto. No podía tener ningún beneficio para él dedicar tanto tiempo y tanta actividad, a escribir un volumen de tal tamaño. Él que era un autor famoso en el campo literario, y que por otra parte, en la lucha contra Newton, se encontraba ciertamente en gran inferioridad en el campo de la ciencia.

Si él lo hizo, debe haber estado empujado por la convicción de ser él solo para poderlo hacer y quien lo debía de hacer.

Efectivamente él estaba solo pensando de aquel modo. Su voz fue escuchada y comprendida solamente por otro ilustre filósofo, Schopenhauer,⁵² este remacha los conceptos de Goethe en un pequeño volumen “*Ueber das Sehen un die Farben* “ («Sobre la visión y los colores») en 1816.⁵³

El efecto de la protesta goethiana fue muy modesto. Porque ésta era una llamada al pasado, era un retorno al subjetivismo, en una época en la que imperaba el objetivismo. El retorno al pasado en el siglo XVIII y XIX estaba visto con conmiseración, como la cosa más estúpida que se pudiera imaginar.

Young que había estudiado medicina y tenía un espíritu rebelde y anti-dogmático, se vuelve decididamente anti-newtoniano.

A Young se debe el concepto fundamental de la tricromía, es el inicio de la moderna colorimetría.

⁵¹ GOETHE, Wolfgang Johann. Nace en Frankfurt en 1749 y muere en Weimar en 1832.

⁵² SCHOPENHAUER, Arthur. Nace en Danzica en 1788 y muere en Frankfurt en 1860.

⁵³ En el capítulo sobre el arco iris, concretamente en la parte referente a los románticos y en “colores prismáticos y armonía”, comento la separación que acontece al conocerse las ideas de Newton entre los románticos y sus antecesores.

El fenómeno fisiológico tomaba la delantera al físico. Young avanza la hipótesis que en la retina existen tres especies de receptores, atentos a responder cada uno a los tres colores fundamentales.

Una de las conclusiones más interesantes de la Comisión Internacional de la Iluminación es precisamente que cada color se caracteriza por su brillo, por el tono del color y por la saturación. El brillo es aquella característica de un cuerpo por la cual se dice que es más claro o más oscuro, pero teniendo el mismo color, como cuando se ilumina más o menos; el tono de los colores es aquello que se expresa con los consiguientes términos de rojo, verde, amarillo, etc.; la saturación es el elemento por el cual un rojo difiere de un rosa, un verde puro de un verdecito claro. Cada color ha sido considerado como la mezcla de un color puro o espectral, o «saturado», y de una cierta dosis de «blanco», que atenúa la saturación. Dado un color complejo cualquiera, se llama «longitud de onda dominante» a aquella del color espectral correspondiente.

Para que los que medían el color, partieran con el objeto de «medir el color de un cuerpo», independientemente del observador, como debe hacer cada persona que opere con sentido físico, se tuvo que concluir que el efecto cromático, aquello que uno ve cuando mira un cuerpo, depende de tres elementos:

- 1º) la composición espectral de la luz iluminante;
- 2º) las propiedades físicas (de reflexión, o de transmisión) del cuerpo en examen.
- 3º) las propiedades sensitivas del aparato visual del observador.

Porque el detector óptico y en definitiva la visión o el proceso visual de cada observador no puede ser objetivo. Ronchi no cree que se pudiera medir el color:

Y era inevitable que se llegara a esta conclusión. Porque el color como la luz no es una entidad física, y no se puede medir con medios y con métodos objetivos.

Ronchi acaba así su trabajo:

pero la luz es un “quid” muy evanescente. Hasta el punto que si uno insistiese en la pregunta: ¿qué es entonces la «luz»? , estaríamos constreñidos a confesar que no hay nada definido, a lo que se pueda razonablemente dar este nombre.

Porque, excluido que este nombre se pueda dar al agente externo que se debe llamar «radiación», no creo que sea verdadera luz la manipulación que puedan hacer los “fotometristi” de la radiación, para sus fines experimentales y técnicos, y que debemos buscar en el mundo psíquico el “quid” al que dar este nombre.

En el mundo psíquico que aquí miramos nos encontramos solamente con esto: fantasmas dotados de un brillo dado, de un tono de color dado y de una cierta saturación. No hay nada que fluya, entre psique y fantasma, que pueda llamarse luz.

Así que a esta palabra no queda más que el significado de «ausencia de vacío»; aquel mismo significado que le habían atribuido los filósofos de dos milenios antes. Siendo así, luz significa solamente que la psique no está inactiva y crea sus fantasmas.

Acaso, solamente en sueños.⁵⁴

⁵⁴ RONCHI, op. cit. pág. 282. La traducción es mía.

1. 3. FÍSICA DE LA LUZ Y PERCEPCIÓN

Para entender como podemos usar la luz para nuestros propósitos, debemos saber algo a cerca de sus características y como funciona. La luz es un fenómeno físico, sensorial y psicológico.

La física de la luz

La luz es singular en la naturaleza. Es de naturaleza dual, es tanto una partícula (fotón) como una onda, masa y energía. Es una forma de energía que consiste en radiaciones electromagnéticas que se extienden desde los rayos cósmicos a las ondas de radio más largas, con frecuencias desde tan solo unos pocos ciclos por minuto a 1×10^{22} ciclos por segundo (1×10^6 es un millón). Estas radiaciones electromagnéticas se propagan en línea recta con un movimiento ondulante en todas las direcciones a la velocidad de 299.792 km por segundo.

Las ondas del espectro electromagnético se pueden medir por dos parámetros: la longitud de la onda y la frecuencia. La *Frecuencia* se define como el numero de ondas completas o ciclos por segundo. Ciclos por segundo también se expresa por hercios (Hz). La *longitud de onda* se define como la distancia lineal ocupada por una onda completa o ciclo, medida horizontalmente. Las dos no son independientes, ya que son inversamente proporcionales; varían en proporción inversa a la otra. Cuanto más pequeña sea la distancia entre las dos crestas de las ondas, tanto mayor será el numero de ellas que entraran en un espacio de un segundo de tiempo.

La luz visible es tan solo una pequeña parte del espectro electromagnético. La longitud de onda de la luz se mide en nanómetros (nm), una unidad igual a una millonésima de milímetro (10^{-9} metros), y tiene una frecuencia de 10^5 a 10^6 giga-hercios (GHz) o un billón de ciclos por segundo. El ojo humano sólo alcanza a percibir la onda comprendida entre 380 nm que corresponde al color violeta y 780 nm que corresponde al color rojo. El conjunto de radiaciones comprendidas entre estos valores constituye la luz solar percibida como luz blanca o incolora. En ambos lados del espectro visible están las longitudes de onda infrarrojas y ultravioletas, que son invisibles al ojo humano pero perceptibles a las emulsiones fotográfica y a los fotómetros. En algunos animales, sobre todo en los insectos, por ejemplo la abeja, los rayos ultravioletas los perciben como luz.

Las variaciones en longitud de onda en el espectro visible son percibidas por el cerebro como diferencias en color, variando desde el violeta en los 380 nm hasta el rojo en los 780 nm. Los colores del espectro que se muestran más claramente al ojo son los siguientes⁵⁵ (en este orden): violeta, añil (azul-violeta), ciano⁵⁶ (cyan-verde), verde, amarillo, naranja y rojo. Como se ve, en la luz blanca refractada, los rayos de onda corta experimentan una desviación mayor que los de onda larga.

Es imposible considerar la luz como un fenómeno meramente electromagnético. Más que ninguna otra fuerza de la naturaleza, lo que la luz es y hace está unido inexplicablemente con la manera en que nuestro ojo la procesa y como la percibe nuestro cerebro.

El sistema óptico del ojo

El ojo humano presenta la forma de una esfera con un diámetro transversal de cerca de 22 mm y anteroposterior de cerca de 26 mm. Está constituido por una membrana externa llamada **esclerótica**, es resistente opaca y de color blanco que, en su parte anterior, se transforma en otra transparente llamada **córnea**. La córnea más convexa que la esclerótica, completa la envoltura del ojo y a través de ella penetran los rayos luminosos. Sobre la superficie interna de la esclerótica se encuentra la **coroides**, rica en vasos sanguíneos que nutren la estructura del ojo y los pigmentos pardos, casi negros, que tiñendo el interior del ojo de negro desempeñan el papel de cámara oscura eliminando los reflejos inconvenientes de los rayos luminosos. La parte anterior de la coroides, provista de unos músculos llamados ciliares que sostienen el cristalino, termina con el **iris**. Este presenta una apertura circular, la **pupila**, que se muestra negra a causa del fondo oscuro del ojo. La esclerótica y la coroides son atravesadas en la parte posterior por el nervio óptico que comienza en la cavidad ocular de una membrana delicadísima: la **retina**. Ésta, que contiene las células receptoras, reviste a modo de copa los dos tercios posteriores de la coroides avanzando hasta la conjunción de esta última y el iris. Sobre la retina, frente a la pupila y muy cerca del nervio óptico, se encuentra una pequeña área de 2 mm de diámetro denominada **mácula lutea** (mancha amarilla)

⁵⁵ DE GRANDIS, Luigina. *Teoría y uso del color*. Madrid: Ediciones Cátedra S. A. 1985. pág. 13.

⁵⁶ Luigina De Grandis, utiliza este nombre “ciano” que yo para no complicar el tema llamaré como casi todos los manuales “cyan”, aún que reconozco que el cyan tiene diferencias según en que campos, ya que a veces tira hacia el azul y otras al verde.

que rodea una depresión ovalada, la **fóvea central**, que es la parte más sensible de la retina: en ella se tiene la visión distinta. La parte donde las fibras nerviosas de las células retínicas confluyen para formar el origen del nervio óptico, al estar privada de fotorreceptores, se denomina **punto ciego** o también **papila del nervio óptico**. Los rayos luminosos, antes de alcanzar la retina, atraviesan sucesivamente la córnea, el humor acuoso, el cristalino y el humor vítreo; cada uno de estos medios posee una diferente densidad, siempre más elevada que la del aire, que influye sobre la velocidad de la luz aumentando la convergencia de los rayos sobre la retina.

El **humor acuoso** ocupa la cámara anterior del ojo situada entre la cornea y el cristalino. El líquido es límpido e incoloro y se renueva cada cuatro horas.

El **cristalino** que es transparente y tiene forma de lente biconvexa, al presentar una mayor convexidad sobre la superficie posterior, está colocado verticalmente y separa los otros dos medios refringentes del ojo: el humor vítreo y el humor acuoso. La membrana elástica que lo contiene está fijada a los músculos ciliares. La convexidad de la lente varía según las contracciones de los músculos ciliares: así se modifica la distancia focal con la finalidad de tener imágenes nítidas sobre la retina cualquiera que sea la distancia de los objetos observados. Con el paso de los años la lente pierde elasticidad a causa del creciente endurecimiento de las células que la componen y consecuentemente aumenta la dificultad de enfocar las imágenes.

El **humor vítreo** es un líquido gelatinoso contenido en una cápsula delgadísima denominada membrana amarillenta unida por los músculos ciliares; ocupa la cámara posterior del ojo que es la más amplia.

Estos aparatos son los medios refringentes y constituyen el sistema óptico del ojo.⁵⁷

Fundamentos de como vemos: el cerebro y el ojo

El ojo enfoca la imagen de un objeto visto en un área pequeña al fondo del ojo: la retina. La retina está compuesta por dos tipos de receptores: bastones y conos. los bastones son mucho más sensibles a la luz, pero no pueden percibir el detalle con exactitud. Son insensibles al color excepto al azul del final del espectro. Los conos están concentrados en una pequeña área de la retina llamada *fóvea*. Son menos

⁵⁷ DE GRANDIS, Luigina. *Teoría y uso del color*. op. cit. págs. 69, 70.

numerosos que los bastones y menos sensibles a la luz pero mucho mejores a la hora de discernir el detalle, el color, la forma y la posición.

Los colores pueden ser individualizados porque los rayos específicos a los que corresponden excitan de manera diferente los tres tipos de conos del ojo encargados de la percepción cromática (teoría de Young-Helmholtz⁵⁸). Entonces los conos están divididos en tres tipos según su sensibilidad al color: unos responden al azul / violeta, otros al verde / amarillo y otros al rojo / naranja, con sus respectivas gamas más o menos centradas en 480 nm, 540 nm y 610 nm

Por ejemplo, la luz amarilla de 570 nm genera una respuesta más o menos igual en los conos de sensibilidad rojo y verde, con una respuesta mucho más pequeña en los conos azules, como veremos más adelante, mezclando la luz roja y verde producimos amarillo. El ojo funciona de manera análoga: si dos longitudes de onda distintas alcanzan los conos pongamos 550 nm (verde) y 640 nm (rojo), esto produce la misma respuesta que una luz de 570 nm (amarillo).

La percepción por los bastones se llama visión **escotópica** y por los conos, **fotópica**. Las diferencias entre los bastones y los conos depende de los muchos y distintos aspectos de la percepción del color, uno de los factores por ejemplo cuando casi no hay luz, y de aquí viene el dicho popular: “De noche todos los gatos son pardos”, ya que bajo la luz de la luna todas las imágenes son grisáceas. Los bastones, al ser más sensibles pero al no registrar el color, son la fuente principal de una imagen en situaciones de luz tenue donde no hay la energía espectral suficiente para estimular a los conos. En resumen, vemos en blanco y negro en aquellas situaciones donde hay luz tenue.⁵⁹

El misterio de nuestra percepción del color de la luz de la luna también se explica por este funcionamiento de bastones y conos. La luz de la luna es percibida por la mayoría de la gente como un tono ligeramente azul. En el teatro y en el cine se utiliza el azul en distintas intensidades para representar la luz de la luna. De hecho, la luz de la luna es luz solar blanca, reflejada por un gris neutro que es el color de la superficie lunar. Es el mismo color que la luz del sol. ¿Por qué parece azul? La respuesta la tiene el llamado el efecto Purkinje. La intensidad de la luz que refleja la luna está en lo que recibe el

⁵⁸ HELMHOLTZ, Hermann. Nace en 1821, muere en 1849. Científico alemán se ocupó especialmente de la fisiología y de la óptica.

⁵⁹ BROWN, Blain. *Motion Picture and Video Lighting*. Boston, Londres: Focal Press, 1992. pág. 8.

nombre de zona gris (*twilight zone*), zona crepuscular, que es aquel nivel en donde el ojo empieza a cambiar de la visión fotópica a la escotópica (crepuscular). En este cambio el ojo pierde la sensibilidad rojo / naranja de los conos y gana en sensibilidad azul / verde de los bastones. El resultado es que experimentamos la luz de la luna como azul. La iluminación es arte, no ciencia, y es por lo tanto legítimo hacer la luz de la luna azul, aunque no lo sea.

La percepción logarítmica

En 1890, el fisiólogo alemán E. H. Weber descubrió que los cambios en la sensación física (sonido, brillo, dolor, calor) son menos perceptibles a medida que el estímulo aumenta. El cambio en el nivel del estímulo que producirá una sensación diferente es proporcional al nivel en todo su contexto. Si tres unidades de luz crean una percepción de brillo que es notablemente más brillante que las otras dos unidades, entonces el incremento menor perceptible de las 20 unidades de luz requerirán 30 unidades.

Para producir una escala de pasos que *parezcan* uniformes, es necesario multiplicar cada paso por un factor constante. De hecho, la percepción de brillo (luminosidad) es logarítmica.

Los logaritmos son una forma simple de expresar grandes cambios en un sistema numérico. Los logaritmos se usan en la iluminación la fotografía y el vídeo.

La percepción del brillo

Nuestra percepción de la luminosidad es logarítmica, y podemos ver que ésta tiene unas consecuencias que alcanzan mucho más en todos los aspectos de la iluminación para el cine y el vídeo. Si hacemos una tabla de la percepción humana del brillo en etapas que sean uniformes para el ojo, podremos seguir su naturaleza logarítmica. Es obvio que cada paso que se incrementa en una escala aparentemente proporcionada de tonos grises, en lo que se refiere a su reflectancia ya medida, esta espaciada logarítmicamente.

La adaptación del color

Técnicamente, la *luz blanca* es una mezcla de todos los colores del espectro. De hecho hay una gran variación en lo que llamamos luz blanca. La luz del medio día, la luz de una bombilla normal y la luz de el tubo fluorescente son, en todos los aspectos apreciables, diferentes colores de luz, y sin embargo los experimentamos como luz blanca. Es solo cuando los vemos juntos, uno al lado del otro, cuando las diferencias se aprecian.

La razón de esto es la adaptación, un fenómeno perceptivo y psicológico por el cual el cerebro compensa las variaciones de color. En gran medida, la luz parece blanca porque nosotros *creemos* que es blanca como resultado de un condicionamiento ambiental.

Otros dos fenómenos están asociados con la adaptación del color en general, la adaptación local y lateral. La adaptación local (contraste sucesivo) ocurre cuando miramos a un color fuerte durante varios minutos. Los receptores del color se sobrecargan y retendrán la imagen del color durante unos segundos incluso cuando apartamos la mirada. Esta imagen es, sin embargo, un negativo y aparece en el color complementario.

La adaptación lateral (contraste simultáneo) ocurre entre un área coloreada y su fondo. Un objeto altamente coloreado parecerá que induzca a su matiz complementario en su fondo neutro. También, los colores parecerán más claros cuando los vemos expuestos sobre un fondo negro y más oscuros sobre un fondo blanco.

La adaptación del brillo

De la misma manera que el cerebro se ajusta para los cambios en el color, también compensa las variaciones de nivel en brillo. Parte de ello es, por supuesto, físico. El iris del ojo se expande y contrae exactamente de la misma manera que el iris de las lentes fotográficas, admitiendo más o menos luz. (El ojo es básicamente una óptica $f/2$, con una mira (límite) de tan solo $f/10$). También, la sensibilidad fotoquímica de la retina cambia, del mismo modo que se cambia de una película lenta a una rápida.

Otro factor es la adaptación psicológica, que recibe el nombre de constante de brillo (luminosidad). Ansel Adams, en su libro *The Negative*, expone un ejemplo excelente que es fácil de probar. En una habitación iluminada tan solo por una ventana, coloque varios trozos de papel blanco a distancias que varíen de la ventana, pongamos 1, 2, 3 y 4 m. Claramente aquellos que estén más cerca de la ventana recibirán más luz y aquellos

que estén más lejos (de hecho, debido a la ley del cuadrado inverso sus luminancias reales son 1, 1/4, 1/9 y 1/16). Para un fotómetro y para la emulsión fotográfica varían del blanco al gris, los que están más cerca de la ventana son los más claros y los que están más lejos son los más oscuros pero nuestro cerebro los conoce como trozos de papel blanco y por lo tanto los percibimos como blancos.

Constante de color

Además de la constante de brillo, hay una constante de color, que afecta mayoritariamente a los objetos familiares. “Sabemos” que las manzanas son rojas y las vemos como tales incluso cuando los colores de la luz cambian. “Sabemos” que las sombras son negras incluso cuando pueden ser de cualquier color.

También estamos afectados por el tamaño de la constante, que nos ayuda a entender que un coche que está a 100 metros no es en realidad más pequeño que el que está más cerca. La constante de la forma nos ayuda a reconocer objetos incluso cuando estos están distorsionados por la perspectiva.

La percepción del espacio

Hay varias maneras en que percibimos la distribución espacial relativa de los objetos.

Binocular. La forma más importante es la visión estereoscópica o binocular. El cerebro calcula la diferencia en la visión de los dos ojos e interpreta a partir de ello la distancia del objeto.

Superposición, Atrás / adelante. Obviamente, las cosas que se ven como que están detrás son interpretadas como que están más lejos que las cosas que están delante.

La constante del tamaño. La constante del tamaño, como veríamos la perspectiva de los postes de un tendido eléctrico, nos ayuda a determinar la distancia. La constante de tamaño es un factor importante para percibir la distancia y la perspectiva

Inducción espacial. Los objetos iluminados son percibidos por el cerebro como más grandes y más cercanos que los objetos oscuros.

Resolución. La diferenciación del detalle preciso afecta la percepción de la distancia.

Neblina. Relacionada con la diferenciación del detalle tenemos a la neblina atmosférica. Una montaña cuyos detalles estén oscurecidos por la neblina parecerá más lejana que una que esté claramente definida.

Encima / debajo. Lo que está encima es percibido como más distante y las cosas que están debajo como cercanas. El ejemplo más claro es el de la pintura medieval, antes del descubrimiento de la perspectiva óptica, utilizada por Brunelleschi y Alberti.

Como la luz forma nuestra percepción

- La luz es la influencia más importante en nuestra percepción visual del mundo; vemos mucho más de lo que podamos tocar u oler.
- La luz nos revela la *forma*. En conjunción con la perspectiva y los efectos de constante podemos entender la forma del mundo físico por la manera en que cae la luz y proyecta la sombra.
- Sin tener que tocar un objeto, su *textura* se nos revela por la manera en que toma la luz, en su reflectancia relativa o en el grado de suavidad o rugosidad.
- La percepción de la *distancia* y la perspectiva están afectadas por la calidad de la luz.
- El *color* funciona en muchos niveles, pero en este contexto debemos mencionar el poder psicológico del color, que está llegando a convertirse en una ciencia en si misma. Los valores culturales (la oscuridad asociada al mal, la claridad al bien), los efectos psicológicos (el rojo es caliente, el azul es frío) y la memoria (el color magenta intenso para las puestas de sol, el color ámbar parpadeante para la luz del fuego) todos juegan un papel crucial en la formación de nuestra percepción. Para aquellas personas que quieran usar la luz para un propósito específico, estas asociaciones pueden ser la fuente de un estudio constante.
- La luz dirige nuestro *foco* dando énfasis o quitando énfasis a objetos o espacios y guiando nuestro ojo.
- La luz es el factor clave en establecer el *estado de ánimo*, es decir el humor, el tiempo, la hora y el ambiente.
- La luz puede ser visualmente *unificante* o *separadora*, delineando las relaciones de composición.

1. 3. 1. Una teoría del color

Azul y amarillo.

Los colores que para Goethe son los arquetipos de las tinieblas y de la luz.

El color es uno de los temas más importantes y más difíciles que tratamos con la iluminación. El control de la teoría del color es esencial incluso cuando se rueda en blanco y negro. El uso consciente del color ha de tener presente el carácter polivalente y cambiante de los aspectos que entran en juego, tanto es así, que escapan a una precisa definición. Efectivamente la sensación cromática nos viene dada por múltiples factores⁶⁰:

- A. **Factores físico-químicos**, la materia y la luz como realidades físicas. La materia , por su construcción molecular, absorbe o rechaza las radiaciones luminosas; la percepción de este fenómeno explica el origen de varios colores (rojo, naranja, amarillo, verde,)
- B. **Factores de técnica y práctica pictórica**: los modos de pintar y los procesos ópticos que derivan de cada procedimiento pictórico.
- C. **El receptor óptico humano**: transforma los rayos luminosos en sensaciones cromáticas con sus diferentes cualidades de color, luminosidad, saturación, tonalidad.
- D. **Elementos perceptivos** dependientes de la diferente colocación de los colores: de ellos procede la continuidad y calidad de la percepción. Un determinado color disminuye o potencia su intensidad luminosa, modificando su tonalidad, pureza y luminosidad, según las tintas que lo rodean.
- E. **Factores psicológicos**: se ocupan de los diferentes efectos provocados por un mismo color en observadores diversos.

En este apartado me limitaré a explicar la relación del color en lo referente a los factores que son más específicos en la iluminación.

Hasta el año 1666 en que Isaac Newton comprobó que el color es una propiedad de la luz, se consideraba que el color era una propiedad de los materiales. Es muy conocido su experimento de hacer pasar un rayo de luz blanca a través de un prisma. La

⁶⁰ DE GRANDIS, Luigina. *Teoría y uso del color*. Madrid: Ediciones Cátedra S. A. 1985. pág. 11.

genialidad de Newton es indiscutible, pero, ¿eran tan tontos que nunca habían metido un prisma en un rayo de luz?

Por supuesto que no, pero antes de él, se creía que el mini-arco iris era el resultado de una imperfección en el vidrio. Newton fue más lejos y pasó la luz descompuesta a través de un segundo prisma, con lo que reconstruyó a partir del arco iris la luz blanca, probando con esto que la luz blanca está compuesta de componentes cromáticos separados. Si en lugar de un prisma colocamos una lente convergente o un espejo cóncavo obtenemos el mismo fenómeno de reunión, los siete colores se recomponen dando la luz blanca. También demostró que cada uno de los colores del espectro no puede ser descompuesto en otros, (color monocromático), pues cada color está formado por una sola modalidad de onda. Hizo esto al mismo tiempo que descubría la gravedad, formulando las leyes básicas del universo e inventando el cálculo.

El color de la luz es el resultado de su longitud de onda. Las ondas de luz no tienen color por sí mismas; esto es un efecto fisiológico que se produce en los conos del ojo. Las longitudes de onda más largas se perciben como colores cálidos, las longitudes de onda más cortas como colores fríos. La diferencia entre las longitudes de onda visibles más largas y las más cortas solamente es de aproximadamente 0,3048 milímetros pero dentro de esta gama tan pequeña hay unos 1.000 matices distinguibles. La subdivisión en siete colores no es pura, pues el espectro presenta una serie continua de gradaciones entre un color y otro. Cada una de ellas constituye una tonalidad en sí misma determinada por mínimas modificaciones de la extensión de la onda y en ningún caso por combinaciones de colores; se acostumbra a enumerar a aquellos que se perciben con mayor evidencia. Por otra parte, no existen nombres específicos que nos permitan nombrar a todos los colores.⁶¹

Color	long. de onda (nanómetros)	Frecuencia
Rojo	800-650	400-470
Naranja	640-590	470-520
Amarillo	580-550	520-590
Verde	530-490	590-650
Azul	480-460	650-700
Añil	450-440	700-760
Violeta	430-390	760-800

⁶¹ DE GRANDIS, Luigina. op. cit. pág. 13.

Dentro del espectro electromagnético la luz visible para el ojo humano ocupa la banda que se extiende desde los 380 nm hasta cerca de 760 nm (un milímetro es 10^9 , 1/1.000 de milímetro, 10 nm es igual a 1 ángstrom). Las emulsiones fotográficas y los fotómetros tienen una captación ligeramente más amplia desde cerca de 300 nm hasta más de 800 nm

$$1 \text{ nm} = 0,0000001 \text{ mm}$$

La infrarroja es el área justamente por encima de 700 nm y la ultravioleta está justo por debajo de 390 nm

El color de una superficie se debe al hecho de que absorbe unos colores y refleja otros. Por ejemplo, una manzana «parece» roja porque absorbe todos los colores menos el rojo, que refleja. En términos físicos, la luz es a la vez onda y partícula (fotones). El color de un objeto es el resultado de esta naturaleza dual. Una superficie absorbe luz porque ciertos fotones son capturados por las moléculas del objeto. La mayoría de los colores son mezcla de muchas longitudes de onda; lo que vemos es la sensación que esta mezcla produce en nuestro cerebro.

La película de color y el vídeo no funcionan precisamente de esta misma forma. El registro directo del color es demasiado dificultoso para el proceso fotográfico; depende de la mezcla de los colores primarios y secundarios, los cuales producen exactamente el mismo efecto en la percepción del color.

Ordenar los colores

Con el desarrollo de las ciencias exactas en el siglo XVII, aparecieron modelos sofisticados para ordenar los colores. Las matemáticas que estudia el color como problema estructural, ordena la multitud de colores según parámetros objetivos, en los que cada matiz tiene su lugar. El primero de estos modelos fue obra del sueco Sigfrid A. Forsius, en 1611. El primer modelo lógico y que proporcionó una imagen visual clara se debió a Philipp Otto Runge, pintor de la escuela romántica alemana.⁶² Este modelo tiene la forma de una esfera, que se puede ver como si fuera un globo terráqueo. El polo norte corresponde al blanco, el polo sur al negro y el ecuador al círculo de colores en tintes puros, del amarillo al rojo, al azul, al verde y de nuevo al

⁶² GERSTNER, Karl. *Las Formas del Color. La interacción de elementos visuales*. Madrid: Hermann Blume, 1988. págs. 13, 15.

amarillo. Los polos están conectados por meridianos que cruzan el ecuador y los paralelos. Estas intersecciones definen campos ocupados por tonalidades intermedias, de tal modo que permite incluir cualquier número de tonalidades. Runge ordenó en su esfera todos los colores con una relación bien definida basada en tres parámetros: color, blanco y negro. Se publicó en 1810 el mismo año de la muerte de su autor y los principios en que se basa aún siguen siendo válidos. La ventaja de el modelo de Runge, que fue elogiado por el propio Goethe, está en su atractivo visual inmediato. Y en esto reside también su inconveniente. Pues si se llenan todos los campos, se verá que algunos colores están muy juntos y otros muy separados. Desde entonces, todas las investigaciones se han basado en un criterio básico: diseñar un modelo en que todas las distancias de color a color sean iguales, como entre las notas de la escala musical.

El pintor americano Albert H. Munsell, en 1898 ideó un nuevo modelo de espacio de colores.⁶³ Partió del sistema de Runge, pero no se basó en la forma de la esfera. Dos importantes observaciones que había hecho como pintor le convencieron de que es imposible lograr una métrica uniforme en la esfera de colores. En primer lugar, las tonalidades puras varían en luminosidad y no se pueden colocar en el mismo plano. El amarillo es más claro y se acerca más al blanco (norte); el azul es más oscuro y se acerca más al negro (sur). En segundo lugar, el rojo es un color más vivo, puro y saturado que el verde. Por tanto debe estar más separado del eje gris (ecuador) que el verde. Munsell desarrolló su espacio de colores, al contrario que Runge, no de fuera adentro, sino de dentro a fuera, como si fuera un árbol. El tronco del árbol es la escala de grises, de la cual salen ramas de longitud variable, que son los colores con diferente saturación, cuanto más se alejen del tronco más puro y saturado es el color.

El sólido de colores de Munsell está aceptado por todos los científicos, se utiliza en todo el mundo aunque no satisface las exigencias científicas. Los estudiosos del color consideraron que más valía tener criterios realistas que criterios ideales e inexistentes. Se sigue buscando un modelo que no presente dudas.

Parámetros del color

También Munsell definió los colores según tres parámetros: tonalidad, tono o matiz, igual que el de Runge y otros dos diferentes: pureza o saturación y luminosidad o brillo.

⁶³ MUNSELL, Albert H. *A Color Notation*. Boston: Ellis. 1905.

Tono o matiz

Tono es el color (rojo, naranja, amarillo, verde, azul-verde, azul, violeta, magenta). Estos corresponden a las estrechas bandas de las longitudes de onda visibles. Un matiz puro, es por tanto una fuente fuertemente concentrada en una zona particular del espectro.

Pureza o saturación

Entendemos por saturación el estado de pureza absoluta de un color. Es la variación entre el color fuerte de una longitud de onda y una condición neutra o acromática. Son colores acromáticos o neutros el blanco el negro y el gris. La saturación también se denomina intensidad, pureza, o croma, por extensión de la dilución por adición de luz blanca.

Los colores del espectro (las estrechas bandas del espectro) tienen 100% de saturación, mientras que el negro, blanco y gris (colores acromáticos) tienen 0% de saturación..

Por ejemplo, el rojo es puro mientras el rosa es de una pureza menor que el rojo. Además el rojo es un color más vivo, puro y saturado que el verde. Los tonos menos puros se llaman tonos altos (cuando se ha añadido el blanco), medios (un matiz agrisado) y bajos (un matiz mezclado con negro).

Luminosidad

Es un indicador de la cantidad de luz. También se denomina luminancia o brillo. La luminosidad del color-pigmento depende de la estructura espectral de la luz reflejada por el pigmento mismo; en este caso el amarillo se muestra el más luminoso de ellos por ser el más cercano al blanco; el azul es más oscuro ya que se acerca más al negro. La escala descendente de luminosidad de los colores es la siguiente: amarillo, naranja, magenta, verde, cyan⁶⁴ y violeta. Goethe atribuyó simbólicamente al blanco el valor luminoso de 10 y al negro el valor de 0, estableciendo la siguiente secuencia numérica: amarillo 9, naranja 8, magenta 6, verde 5, cyan 4, violeta 3.

⁶⁴ Cyan es el nombre que se da al color azul-verde que ocupa en el espectro de la luz blanca las longitudes de onda desde 490 a 494 m. En el trabajo de Luigina de Grandis, op. cit.. Al cyan lo llama ciano y comenta que: ciano es el color que por convención del AIC, viene denominándose “ciano-azul”.

1. 3. 2. Sistemas de color

La diferencia entre los colores primarios del físico y del pintor ha sido puesta de relieve creando una diversidad de resultados. Cuando por ejemplo se aplica una superposición de luces de colores rojas y verdes, da lugar a una luz amarilla, ésta sería la síntesis aditiva. En cambio la mezcla de los pigmentos rojo y verde (complementarios⁶⁵ entre sí) producen un gris oscuro o un negro, ésta sería la mezcla sustractiva. La explicación de todos estos resultados nos la proporcionó Helmholtz hacia 1855 con sus leyes de adición y sustracción sobre la composición de luces y pigmentos.

El sistema aditivo

En la síntesis aditiva se suman entre sí radiaciones de distinta longitud de onda. Es espectro electromagnético se divide en los tonos mayores: violeta, añil, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Pero todos los tonos no se crean de la misma forma. Si repasamos el rojo, el azul y el verde tienen propiedades especiales. Mezclando distintas combinaciones de estos tres, puede reproducirse cualquier color conocido. Por este motivo, se conocen como colores primarios. Todos los colores que son combinación de dos primarios se llaman complementarios o colores secundarios:

SINTESIS ADITIVA

Rojo + Azul = Magenta

Azul + Verde = Cyan

Rojo + Verde = Amarillo

SINTESIS PARTITIVA

Magenta + Cyan = Azul

Cyan + Amarillo = Verde

Amarillo + Magenta = Rojo

MEZCLA SUSTRACTIVA

⁶⁵ Cada pigmento determina su color en cuanto absorbe selectivamente algunas radiaciones de la luz y refleja otras. Dos pigmentos se llaman complementarios cuando uno de ellos absorbe todas las

Rojo + Cyan = Gris neutro
Azul + Amarillo = Gris neutro
Verde + Magenta = Gris neutro

El sistema sustractivo

Podemos aproximarnos a esta noción desde otro punto de vista, comenzando con la luz blanca. Si sustraemos amarillo a la luz blanca obtenemos el azul. Si sustraemos magenta a la luz blanca nos quedamos con el verde. Por eso, los colores complementarios son conocidos también como los primarios sustractivos. La combinación de tres colores sustractivos produce el negro: toda la luz queda absorbida.

Amarillo (Rojo + Verde) = Blanco - Azul
Magenta (Rojo + Azul) = Blanco - Verde
Cyan (Verde + Azul) = Blanco - Rojo

El uso del sistema sustractivo tiene bastantes ventajas en la película fotográfica, sobre todo por su eficiencia. Para conseguir blanco por el método aditivo, necesitamos tres filtros (rojo + azul + verde), cada uno absorbe una gran cantidad de luz. En el sistema sustractivo no necesitamos nada para producir blanco. No se necesita poner ningún filtro delante de la luz blanca.

De la misma forma, para obtener el amarillo en el sistema aditivo, necesitamos dos filtros (rojo + verde), lo cual absorbe dos tercios de luz del espectro, mientras que en el sistema sustractivo sólo necesitamos un filtro (amarillo o menos azul) el cual absorbe solamente un tercio de la luz del espectro.

Se comprobó que algunos sistemas de filtros de color usados al principio con el sistema aditivo, eran muy ineficaces. Actualmente todas las películas de color usan el sistema sustractivo: están contruidos con capas sensibles al rojo, verde y azul que dan colorantes cyan, magenta y amarillo.

Se da bastante confusión debido a las aparentes diferencias entre los sistemas de color en iluminación y en pintura. Los artistas que trabajan en pintura dicen que los colores primarios son el rojo, amarillo y azul. Esto no cambia en las características de los dos sistemas pero si es una desviación de la nomenclatura. Los colores de los pintores rojo,

radiaciones reflejadas por el otro y viceversa. Por ello, de su mezcla resulta el negro en cuanto todas las radiaciones son absorbidas y ninguna reflejada.

amarillo y azul de hecho son el magenta, amarillo y cyan. Los pintores actúan como los filtros, su amarillo y azul (cyan) se mezclan formando el verde, de la misma forma que la combinación de los filtros amarillo y cyan produce el verde.

1. 3. 3. ¿Que es el blanco?

El ojo aceptará como blancas una amplia gama de luces, dependiendo del ambiente exterior y de la adaptación. El fenómeno es doble, psicológico (adaptación) y ambiental. El termocolorímetro y la cámara de vídeo –que es muy objetiva para estas cosas–, nos indicarán que hay una gran diferencia en el color de la luz de una sala iluminada con luz de Tungsteno, otra iluminada con fluorescentes normales y otra iluminada al mediodía con luz del sol. Nuestra percepción nos dice que las tres son luz blanca, sobre todo porque estamos condicionados psicológicamente a pensar que los tres espacios son blancos. Sin una comparación objetiva, el ojo es un indicador poco fiable para determinar cuál es la temperatura exacta de la luz blanca. Las cámaras de vídeo y las emulsiones fotográficas son muy sensibles y rigurosas. Son las que nos dan la referencia del blanco.

Temperatura de color

En la producción cinematográfica y en vídeo, el sistema más usado para describir el color de la luz es la temperatura de color. Esta escala deriva del color de un cuerpo negro teórico (un objeto de metal que no tiene color en si mismo, técnicamente conocido como un radiador Planckiano). Si lo calentamos hasta que esté incandescente, el cuerpo negro irradia luz y cambia de color según la temperatura. La temperatura de color es una cuantificación de términos, como rojo brillante, blanco brillante etc. Descubiertos por Lord Kelvin, el primer científico británico del siglo XX, se expresan en grados Kelvin en su honor. En la escala Celsius el punto de congelación del agua es de 0°. La escala de Kelvin toma el cero absoluto como punto cero. El cero absoluto es de -273° Celsius y en la escala Kelvin, los 5.500 Kelvin son realmente 5.227° Celsius. Los grados Kelvin se abrevian con la K y el símbolo de grados se omite.

Ya que un filamento de Tungsteno calentado hasta la incandescencia es muy semejante a un radiador Planckiano, la equivalencia de la temperatura de color es muy próxima para las lámparas incandescentes y las de Tungsteno-halógenas, pero no para las de HMI, CID y las fluorescentes.

En esta tabla están algunas temperaturas de color, de las luminarias más habituales:

Vela	1.500 K
Puesta de sol o amanecer	2.000 K
Tungsteno de baja potencia	2.900 K
Tungsteno-halógeno	3.200 K
Lámparas fluorescente luz día	4.000 K
Sol mañana o tarde	4.400 K
Arco de carbón	5.000 K
Sol mediodía	5.500 K
HMI	5.600 - 5.800 K
Mediodía luz del sol + luz del cielo	6.500 K
Cielo nublado	6.800 K
Cielo azul	10.000 - 20.000 K

La representación gráfica de la generación de varias longitudes de onda se llama Distribución espectral de la energía. Cuando un objeto metálico (como un filamento de Tungsteno de una lámpara) se calienta hasta la incandescencia, tiene una distribución espectral de energía muy parecida a la del radiador Planckiano y pasa suavemente a través de todas las longitudes de onda aunque algunas sean más fuertes que otras. Esto no es necesariamente cierto para todas las fuentes luminosas. Los tubos fluorescentes por ejemplo tienen muchos picos de emisión, lo que hace que tienda a ser muy densa en el verde.

Las temperaturas de color pueden estar muy desplazadas respecto a la curva Planckiana: para muchas fuentes (especialmente para las que tienen una distribución espectral de energía discontinua) esto es sólo una aproximación y se denomina temperatura de color correlativa. Como hemos visto la temperatura de color indica mucho acerca del componente azul / naranja y muy poco acerca del componente magenta / verde, lo cual puede producir indeseables dominantes en la película aunque el termocolorímetro indique una temperatura de color correcta.

Una medida aproximada de lo cerca que está de fuente de un cuerpo negro es el índice de rendimiento cromático (CRI), en una escala de 1 a 100, que nos da una indicación de la respuesta cromática de una fuente. Para fines fotográficos, generalmente solamente las fuentes de luz con un CRI de 90 o superior, se consideran aceptables.

1. 4. EL SIMBOLISMO DE LA LUZ

Ya en algunos de los pueblos primitivos había aparecido lo que puede llamarse modernamente la *metáfora de la luz*. Según indica Franz Cumont ⁶⁶ esta metáfora se halla presente en las viejas creencias sobre el destino de los muertos, ligadas a la concepción o, mejor dicho, a la imagen del universo. Se vincula el destino individual con una estrella en el cielo y con su luz “brillante o pálida”; se desarrolla la idea de la inmortalidad astral desde Persia y Babilonia hasta los pitagóricos; se identifica la luz con la vida; se transmiten los ritos de la purificación, concebida como una iluminación.

La idea de una luz infinita situada más allá de los límites del mundo visible y en donde las almas gozan de eterno reposo fue propuesta por varios filósofos, especialmente después de Aristóteles, así como por Padres de la Iglesia, como San Basilio y San Agustín. Este último comparó a Dios con una luz incorpórea infinita. Según Cumont, la idea del «cuerpo glorioso» o «cuerpo vestido de luz» –distinto de la idea del «cuerpo de fuego»– forma asimismo parte de una historia de la idea de la luz.

Platón usó la noción de la luz en diversos pasajes de su obra. Como ya hemos visto antes por Ronchi, en su “*Storia della Luce*”, también Werner Beierwaltes⁶⁷ menciona a este respecto las referencias a la luz como medio que hace posible la percepción. Tal luz no es sólo «física». La luz procede tanto de una fuente exterior –el Sol– como de una «fuente interior» –el ojo– (*Timeo*, 68 A). Hay que tener en cuenta, además, las referencias de Platón al Sol como ejemplo del Bien, al conocimiento como “visión” y a la mera opinión como “ceguera” (*República*, 508 D, 518 A; cfr. también 473 E, y 515 E). La idea de la luz como fuente o como medio de conocimiento, así como la concepción de la luz como manifestación del conocimiento o de la verdad, ejerció gran influencia en la teología cristiana, especialmente la de inspiración platónica y neoplatónica.

⁶⁶ CUMONT, Frank. La obra referida es: *Lux Perpetua* de 1949, reelaboración de su obra *Afterlife in Roman Paganism* de 1923, o *Les religions orientales dans le paganisme romain*, 3^o edic., París 1929.

⁶⁷ BEIERWALTES, Wenner. *Lux intelligibilis. Untersuchungen zur Lichtmetaphysik der Griechen*, 1957.

La religión maniqueísta, fundada por Mani ⁶⁸ según la cual había al principio dos sustancias (o dos raíces, fuentes o principios): la Luz (equiparada con el Bien y a veces con Dios) y la Oscuridad (equiparada con el Mal y a veces con la Materia). Las dos sustancias son eternas e igualmente poderosas. Nada tienen en principio de común y residen en diversas regiones (La Luz, al Norte; la Oscuridad al Sur). Cada una de las dos sustancias tiene a su cabeza un rey: La Luz, el Padre de la Grandeza; la Oscuridad el reino de las tinieblas. La región de la luz está envuelta en un éter luminoso, hecho de las cinco moradas o miembros de Dios: Inteligencia, Razón, Pensamiento, Reflexión y Voluntad. Cada uno de estos miembros está acompañado de numerosos eones. La religión de la Oscuridad contiene cinco abismos: Humo, Fuego (destructor o devorador), Aire (destructor), Agua (en forma de barro) y Tinieblas, dirigidos por cinco jefes o arcontes, con forma de: demonio, león, águila, pez y serpiente. Ahora bien, aunque los dos reinos están en un principio enteramente separados, y aún se definen por no ser cada uno su contrario, se oponen entre sí en una forma dinámica. Cada principio tiende a la expansión: el Bien tiende a lo alto, al Norte, Este y Oeste; el Mal a lo de abajo y al Sur. Al chocar en una zona fronteriza, la Luz queda obstaculizada por la Oscuridad (y viceversa). Este choque da origen al tiempo y al mundo, los cuales son el resultado de la ruptura de la primitiva dualidad y de la mezcla de las dos fuerzas contrarias.

En esta gran lucha entre la Luz y la Oscuridad, el triunfo sobre el Mal no requiere la aniquilación de éste, sino su relegación al reino que le es propio; una vez allí definitivamente confinado, no hay temor de que invada de nuevo el reino de la Luz. Por eso la purificación es un motivo central en la ética maniquea, ya que ella contribuye al deslinde entre los dos reinos a la vez opuestos e indiferentes entre sí.

Consideremos ahora como la noción de luz aparece en varios pasajes de las Escrituras. En *Salmos XXXV*, 10 se lee:

«Por tu luz veremos luz» *In lumine tuo vidibimus lumen.*

En *Salmos XXVI*, 1 se dice:

⁶⁸ MANI. (abreviatura del sirio Mânî hayyâ, Mani el viviente). Nace en 216 en Mardîdû o en Afrûnya (Babilonia), falleció flagelado, en 277. Funda la religión maniquea que tuvo enorme influencia tanto en Oriente como en Occidente. Se extendió mucho por África del Norte, donde tuvo, de 373 a 382, el más ilustre de los adeptos: San Agustín. Tal difusión se debe, según Henri-Charles Puech, a que el maniqueísmo es una verdadera religión universal.

«Yahvé es mi luz».

En *Isaías* IX,1 se habla de que:

«el pueblo que marcha en las tinieblas ha visto una gran luz (...) una gran luz ha resplandecido».

Dios aparece aquí como luz. Lo mismo en el Evangelio de San Juan (I, 1-9): Dios es descrito como la vida, y ésta como la luz de los hombres.

Juan vino justamente como testigo para rendir «homenaje a la luz»; no era la luz misma sino «el testigo de la luz». Y «el Verbo era la verdadera luz que ilumina a todo hombre».

En el Evangelio de San Mateo (VI,22) se dice que:

«la lámpara del cuerpo es el ojo». Cuando el ojo está sano, todo el cuerpo está en la luz. Cuando está enfermo, todo el cuerpo está en las tinieblas. Pero si hay tinieblas «en la luz que hay en ti» (la luz espiritual del alma), entonces habrá ceguera completa, mucho mayor que la ceguera del ojo.

En la Epístola a los Efesios (V, 8-9) se lee:

«Antaño erais tinieblas, pero ahora sois luz en el Señor; obrad como hijos de luz, pues el fruto de la luz consiste en toda bondad, justicia y verdad».

En la Epístola a los Romanos (XIII, 11) se dice:

“Despojémonos de las obras de tinieblas y revistamos las armas de la luz».

Hay otras referencias a «los hijos de la luz» (en San Lucas, XVI, 8) una expresión que tiene relación con la secta descrita por los Manuscritos del Mar Muerto, identificada por muchos con los Esenios.

Con estas referencias se muestra que la importancia que adquirió el concepto de luz en la teología cristiana tenía un amplio fundamento en las Escrituras. La importancia creció cuando se incorporaron a las especulaciones teológicas conceptos derivados del pensamiento griego. Fundamental fue en este respecto el platonismo y el neoplatonismo, pero no debe olvidarse que en ciertas elaboraciones posteriores el motivo de la luz arrancó asimismo de Aristóteles, sobre todo en cuanto que el entendimiento activo fue comparado por el Estagirita con una luz. Se puede añadir a eso la concepción de una «luz natural», de lo que Cicerón llamó *naturae lumen*, identificada

con «las simientes innatas de las virtudes» (*semina innata virtutum*).⁶⁹ Tenemos cruzándose muy diversos motivos en esas concepciones de la luz o que usan la noción o la metáfora de la luz. En la mayor parte de los casos la base es la comparación de Dios con la luz, con una infinita e inextinguible fuente luminosa. Orígenes⁷⁰ escribió que la luz «es el poder espiritual de Dios». En otros casos, pero íntimamente ligada con la anterior concepción, se insiste sobre «la luz del alma», la cual puede cegarse con las tinieblas. Pero Dios ilumina el entendimiento de los que son capaces de recibir la verdad. La luz aparece en este caso como condición de visión (espiritual). La luz en suma, «deja ver».

Muchos padres y doctores de la iglesia concibieron el Espíritu como un foco de luz que crea un ámbito luminoso, el cual alcanza a todos los seres, un foco inagotable que –al modo de la unidad neoplatónica– es concebido por analogía con los rayos solares. El Espíritu irradia luz inteligible e ilumina las almas vueltas hacia él por su verdadera naturaleza. Esta iluminación está ligada también con la purificación; solamente ésta permite al alma situarse en el ámbito de la verdad y , al mismo tiempo, de la vida. Por eso el Espíritu Santo es llamado Luz inteligible.

Abundantes fueron asimismo durante la Edad Media las referencias a la luz. Así, por ejemplo, Abengabirol⁷¹ consideró en su *Fuente de la Vida* la luz y su difusión como modelos de producción de la realidad. Roberto Grossatesta⁷² considera en su tratado

⁶⁹ FERRATER MORA, José. :*Diccionario de filosofía*. Buenos Aires: Ed. Sudamericana, 1971. Tomo II, pág. 100.

⁷⁰ ORÍGENES. Nacido probablemente en Alejandría en 185 o 186 y muere en 254. Maestro en la escuela de catequistas de esta ciudad. Fue discípulo de San Clemente y acaso también de Ammonio Saccas, el maestro de Plotino. Las obras filosóficas capitales son sus libros *Acerca de los principios* y *Contra Celso*, apología del cristianismo frente a la crítica de este filósofo.

⁷¹ ABENGABIROL, AVICEBRÓN, AVENCEBROL, son los diversos nombres que desde la Edad Media se han dado al filósofo, teólogo, gramático y poeta de linaje judío. Nació en Málaga en 1020 , de familia cordobesa, y se formó en Zaragoza. Murió aproximadamente en 1059 aunque según algunos autores murió en 1070. Es conocido por su obra *La fuente de la vida*, escrita en árabe con el título de *Yanbu' al-Hayya*.

⁷² GROSSATESTA, Roberto. *Metafísica della luce, opuscoli filosofici e scientifici*. Milano Ed. Rusconi, 1986 (traducción e introducción de Pietro Rossi). Recopilación de diversos escritos: *El arte liberal*. - *La luz* - *La línea el ángulo y la figura* - *El arco iris ...* . Nace en Stradbroke, Suffolk, en

Sobre la luz que la luz es algo creado por Dios después de la materia prima. Esta luz se difundió por sí misma produciendo el espacio y las cosas que se encuentran en él. Grossatesta llama *lux* a la fuente de la luz y *lumen* a la luz irradiada. La luz de la que habla Grossatesta es una luz simple, que carece de dimensiones, pero que se multiplica a sí misma infinitamente a fin de engendrar cantidades finitas. De ahí la importancia de la óptica, que examina la luz como una forma de lo corporal (*forma corporietas*) y como primer principio efectivo del movimiento de las cosas naturales. Según Roberto Grossatesta, la luz se propaga instantáneamente. En su doctrina óptica, es importante la correlación matemática que establece entre la intensidad de la luz y la densidad de la materia extensa.

De las concepciones teológicas y metafísicas hemos pasado a las físicas. Las doctrinas físicas y propiamente científicas de la luz tienen un papel más destacado en la Edad Moderna. De todas formas, en la Edad Media el asunto es complejo, porque a veces parece que se habla de luz en sentido físico en un lenguaje parcialmente procedente de la teología (Grossatesta) y a veces parece que se habla de luz en sentido casi exclusivamente teológico –luz divina, iluminación, irradiación inteligible, Fuente de luz,...– en un lenguaje en parte prestado de descripciones de índole física (Abengabirol, y muchos escolásticos). Por si la complejidad fuera poca, a los aspectos teológico y físico se añaden los aspectos gnoseológicos; estos últimos, además, predominan al hablarse de la luz como conocimiento. Como la noción de iluminación de la tradición agustiniana o en relación con las concepciones tomistas.

El simbolismo de los colores

En la antigüedad la luz y el color eran fenómenos afines pero diferentes, pero ¿cuál era el color de la luz, y más específicamente cuál era el color de la luz divina?

Patrik Reuterswärd se planteó esta pregunta en un interesante ensayo y llegó a la conclusión de que este color es el rojo o el azul⁷³. «Pero si observamos un grupo de iglesias bizantinas muy parecidas unas a otras, cuyos programas iconográficos brindan

1175 y muere en Leicester en 1253. Enseñó filosofía a los franciscanos y es considerado por ello como uno de los fundadores de la “Escuela de Oxford” del siglo XIII

⁷³ REUTERSWÄRD, Patric. “*What color is Divine Light?* ”, en HESS, T. B. y ASHBERY, J. :*Light from Aten to Laser (Art News Annual, XXXV)*, 1969.

oportunidades para el despliegue de la luz Divina»⁷⁴, –Hosios Lukas (c. 1020), Nea Moni de Quío (medianos del siglo XI) y Daphni (antes del 1080)– nos damos cuenta que su concepción cromática es mucho más compleja. Hosios Lucas (monasterio de la Fócida, Grecia, cerca de Delfos) en su iglesia de planta netamente bizantina contiene el ciclo de mosaicos más completo, incluye una escena del Pentecostés en su cúpula, en la que las llamas rojas del Espíritu Santo aparecen enmarcadas por rayos blancos de borde gris azulado. Los rayos que descienden hacia el Niño Jesús en la natividad de Hosios Lukas son dorados mientras que en Daphni se usa la plata; en la escena de la Transfiguración de Nea Moni, el brillo deslumbrante de Cristo es de color dorado, mientras que en la representación de este tema en la cripta de Hosios Lukas y en el mosaico de Daphni es azul blanco y plateado. En Daphni (monasterio situado a 10 km al oeste de Atenas; su iglesia del siglo XI con mosaicos del siglo XII) se halla también una de las evocaciones más elocuentes de la luz divina: la luz ocupa el espacio, de superficie curvada, que hay entre el arcángel Gabriel y la Virgen en el momento de la Anunciación, en una escena cuya desnudez figurativa resulta sorprendente si la comparamos con la abundancia de figuras de las otras tres pechinas de la cúpula. Mientras que en los ejemplos anteriores la luz baña las figuras de Cristo y del Espíritu Santo, representado como una paloma, aquí su presencia queda implícita por la luz reflejada. La emanación del Espíritu Santo se plasma simplemente con un reflejo luminoso sobre el mosaico dorado. De hecho, esta luz ocupa el lugar reservado al Niño Jesús o a la paloma del Espíritu Santo en las anunciaciones de Mani (al sur del Peloponeso) y en un icono muy conocido del Sinaí. El bello color dorado pálido es, sin duda, la luz divina.

El artista alto-medieval, como hemos visto, se ocupa más de la luminosidad que del tono; tal vez esté mal formulada la pregunta «de qué color es la Luz divina». Ciertamente, podía ser de color rojo, sobre todo en la Baja Edad Media. Es importante señalar que la luz milagrosa que apareció en el Santo Sepulcro de Jerusalén en la Víspera del Viernes Santo era descrita en el siglo XII «no como una llama vulgar, pues brilla de un modo maravilloso y con un brillo indescriptible, rojo como el cinabrio». Seguramente el rojo era importante no tanto por su tonalidad sino porque en él residía el tipo más puro de luz.⁷⁵

⁷⁴ GAGE, John. *Color y Cultura. La práctica y el significado del color de la antigüedad a la abstracción*. Madrid: Ed. Siruela, 1993, pág. 58.

⁷⁵ GAGE, John. op. cit. pág. 58.

La Luz divina puede ser también azul: se creó que los fondos azules aparecieron antes que los dorados en los primitivos mosaicos murales, y el azul era el color dominante en muchas mandorlas que rodean a Cristo en las escenas de la Transfiguración y en la *Anastasis*⁷⁶ desde el siglo VI, como también en la aparición de la mano de Dios en las iglesias bizantinas. La morfología de estas apariciones y mandorlas es muy curiosa; en su mayoría, invierten la secuencia de zonas brillantes que podríamos esperar en un cuerpo luminoso, desde la oscuridad central, alrededor del cuerpo de Cristo o de la mano de Dios, a la luz en sus extremos. Este hecho está descrito claramente por Plotino⁷⁷ en su comentario sobre la emanación divina en sus *Enéadas* IV, 3,17. En Sinaí, en el monasterio de Santa Catalina el mosaico absidal contiene la Transfiguración de Cristo, del siglo VI; en la Transfiguración la luz que emana de la mandorla de Cristo se hace más blanca a medida que se aleja de su fuente. Cristo está sobre una mandorla azul oscura, que se hace más clara a medida que se aleja de él y en este caso concreto de Sinaí llega incluso a teñir las vestiduras de los Apóstoles. Esta inusual característica sobre el funcionamiento de la luz, puede ser reflejo del punto de vista difundido en el siglo VI por el teólogo Pseudo-Dionisio,⁷⁸ según el cual:

Dios es la Luz que ilumina todos los seres, los cuales son solamente en la medida en que están bañados por esa Luz que se desparrama por todos los entes. Al desparramarse, sin embargo, esa luz no se pierde, divide o sume en la oscuridad.⁷⁹

En el siglo XII, Nicolás Mesaretas razona las causas de esta inversión, de la Luz en oscuridad, al describir la escena de la Transfiguración en la iglesia (hoy destruida) de los Santos Apóstoles de Constantinopla, que debe haberse ajustado al modelo más frecuente de representación:

⁷⁶ Designación primitiva, (en griego quiere decir resurrección), y conservada por el Oriente cristiano, de la rotonda del *Santo Sepulcro*.

⁷⁷ PLOTINO. Nace en 205 en Licópolis (Egipto) y muere en 270

⁷⁸ DIONISIO, el Areopagita. Es el nombre dado al autor de una serie de escritos que ejercieron gran influencia sobre el pensamiento medieval. “*De divinis nominibus*” la “*Teología mística*”, la “*Jerarquía celeste*”, ... las traducciones al latín de sus obras fueron editadas en Florencia, 1516; Basilea, 1539; Venecia, 1558; París, 1561 (ed. Morel); París 1565 (ed. Lansellius); ...

⁷⁹ FERRATER MORA, José. “*Diccionario de filosofía*” Tomo I, pág. 464, Ed. Sudamericana. Buenos Aires 1971.

El espacio aéreo soporta una nube de luz que en su centro contiene a Jesús, más brillante que el Sol, generado como otra luz desde la luz del Padre, que está unida cual nube a la naturaleza humana. Pues, está escrito, alrededor de Él se extendían la oscuridad y una nube, y la luz produce ésta [nube] por medio de la transformación de la naturaleza superior en naturaleza inferior, debido a esta unión que sobrepasa todo entendimiento y es de naturaleza indescriptible⁸⁰

De esta manera, cuando la Luz divina alcanza la carne surge la oscuridad; pero hay otra dimensión en el comentario de Mesarettes que él relacionaba con la tradición bíblica de la oscuridad divina.

El ancestral concepto judaico basado en la idea de que Dios habitaba en una oscuridad inefable fue asimilado por la doctrina cristiana gracias a una serie de textos probablemente escritos por un monje sirio, pero atribuidos a Dionisio Areopagita, el filósofo pagano al que San Pablo convirtió en Atenas y que, según una leyenda representada a menudo en el arte bizantino, había atendido a la virgen en su tránsito. Pseudo-Dionisio, uno de los teólogos más citados de la Alta Edad Media, afirmaba en *“De divinis nominibus” “Sobre los nombres Divinos” VII, 2*, que:

defendemos la oscuridad intangible e invisible de esa Luz, a la que no se puede acceder, pues rebasa, con mucho, la luz visible

y comenta en una carta que:

la oscuridad divina es aquella “luz inalcanzable” en donde se dice que vive Dios

Los cuerpos oscurecidos de los tres discípulos situados alrededor de Cristo indican que durante la Transfiguración emanaba oscuridad de Él, aspecto especialmente claro en la primera representación monumental que se conoce de este tema, en el ábside de Santa Catalina del Sinaí, en donde las túnicas de los santos Pedro y Santiago de color marrón y púrpura claro respectivamente, se tornan azul intenso en las áreas donde son alcanzadas por los rayos de Cristo.

El azul es el color de la oscuridad divina que rebasa la luz, de acuerdo con el sentido confuso que comunican los relatos evangélicos sobre la Transfiguración. El mosaico de Sinaí es la representación más temprana de este tipo y también la que mejor se adecua a la interpretación de Pseudo-Dionisio sobre la naturaleza divina, puesto que en Sinaí fue el lugar donde Moisés «penetró en aquella oscuridad en la que habitaba Dios» (Éxodo 20, 21), episodio representado en otro mosaico de Santa Catalina y ejemplo claro de la

⁸⁰ MESARETTES, Nicolás. Se refiere al salmo 97,2.

«oscuridad verdaderamente mística de lo desconocido» a la cual Pseudo-Dionisio presta atención en su *“Teología Mística”*.

El rojo y el azul no sólo eran colores de la Luz Divina, sino también de la luz y la oscuridad terrenales tal como se muestra en los mosaicos de la Creación, del siglo XII, conservados en el atrio de San Marcos de Venecia.

Los pintores alto-medievales agrupaban los colores según su afinidad con la luz y la oscuridad, no contaban con los medios necesarios para desarrollar un lenguaje muy complejo de simbolismo cromático. El papa Inocencio III intentó codificar los colores litúrgicos de la iglesia occidental a finales del siglo XII, el verde era, siguiendo a Aristóteles, el color «intermedio entre el blanco, negro y rojo», y podía ser usado durante las festividades de carácter menos definido; el rojo se asimilaba al blanco para las fiestas gozosas, y el índigo y el violeta al negro para las fiestas de luto y penitencia. La iglesia oriental nunca tuvo un canon cromático, pero mostraba su preferencia por el blanco y los colores brillantes, incluso para ocasiones fúnebres. Para ambas iglesias, el blanco y el negro se mantuvieron como los puntos más importantes de la escala cromática.

Las descripciones islámicas de edificios destacan los materiales que proyectan luz y su capacidad para aturdir al espectador de un modo muy parecido a los ejemplos occidentales. El papel de la luz era análogo tanto en el misticismo islámico como en el cristianismo primitivo y se derivaba probablemente de una misma teoría de la percepción que incluía las ideas de Platón y Plotino.

El rojo, el color de la luz, era un elemento importante en los interiores de los edificios religiosos romanos. En las excavaciones de Pompeya aparecieron paredes pintadas en rojo y pulimentadas con objeto de intensificar su brillo. El rojo combinado con negro a su alrededor aún lo hacía más luminoso. El rojo era el símbolo de la luz. Los antiguos trataban de tomar la luz, de imitar la luz del sol, intentaban que los espacios coloreados tuvieran luz por ellos mismos, fueran emanadores de la luz que era símbolo de la vida.

Los fenicios vieron que un color que descomponía la luz de una manera muy especial era el color púrpura, el auténtico púrpura tirio de doble tinte era, como el oro, extremadamente valioso debido al alto coste de su producción, y los fenicios guardaron el secreto de su elaboración durante muchos siglos. Era además un color especialmente duradero: Cuando Alejandro Magno regresó con el botín de la campaña de Persia, se encontró con que gran cantidad de telas de color púrpura griegas habían conservado durante más de dos siglos todo su lustre y frescura. Esta perdurabilidad hizo que los emperadores Diocleciano y Constantino lo utilizaran en sus mortajas.

El color púrpura era muy codiciado en la antigüedad, tenemos referencia según Plinio de que el color púrpura estaba reservado a los más altos dignatarios del estado: sólo un general triunfante podía vestir una túnica púrpura y dorada. Los senadores podían llevar anchas tiras de color púrpura alrededor de las aberturas de sus túnicas, y los caballeros y otros altos oficiales tiras más estrechas. Cicerón y otros escritores del siglo I hablaban de la «púrpura real» y en la época de Diocleciano, a principios del siglo IV d. C., llegó a asociarse exclusivamente con el emperador. Para cualquier otra persona, vestir de púrpura equivalía a conspirar contra el estado.

En su “*Historia Naturalis*” Plinio hace una descripción de los diferentes matices del púrpura. Sobre el púrpura tirio obtenido a partir de *murex* comenta, que confiere lustre a cualquier prenda de vestir y en la época romana se convirtió en objeto de una especial veneración:

ese precioso color que reluce [*sublucens*] con un tono rosa oscuro (...) Éste es el púrpura al que las *fascas* y las hachas romanas abren paso. Es la divisa de la juventud noble; distingue al senador del caballero; es invocado para apaciguar a los dioses. Da lustre [*illuminat*] a cualquier vestidura, y comparte con el oro la gloria del triunfo. Es por ello por lo que debemos disculpar el loco deseo de púrpura, pero ¿por qué pagar un precio tan alto por un tinte con tan desagradable olor y con un tono apagado y verdoso, como el del mar cuando está revuelto [*color austerus in glauco et irascenti similis mari*] ? ⁸¹

Como hemos visto en los comentarios de Plinio y de muchos otros escritores, lo que más se valoraba en el color era el brillo y el lustre; puede que, al igual que en el barniz oscuro de Apeles, se apreciara la milagrosa capacidad del púrpura para incorporar en su interior la oscuridad y la luz y por lo tanto toda la gama cromática.

Era muy difícil identificar el auténtico color púrpura, el púrpura destinado tan sólo al uso de la familia imperial, entre multitud de imitaciones adquiriría fuerza de ley, y su infracción estaba penada con la muerte. Los múltiples edictos de los emperadores Graciano, Valentiano, Teodosio y Justiniano sugieren que se trataba de un problema persistente. La terminología que utilizan, se refiere más a la materia colorante (*sacri murici*, buccino sagrado, o *triti conchyli*, molusco triturado) que a la tonalidad (a la que siempre se denomina *púrpura*), es un ejemplo del recurso a los materiales claramente identificables frente a las apariencias inciertas como criterio de juicio. El código legal de Ulpiano, del siglo III, llegó a definir como púrpuras todas las sustancias rojas excepto aquellas que contenían *coccum* el otro tinte rojo de origen animal, que se obtenía del

⁸¹ PLINIO. “*Historia Natural*”, IX, xxxvi, 126.

insecto *coccus illicus*. Esto nos demuestra la asombrosa variedad de antiguos pigmentos púrpura.

Pero si el púrpura podía incluir tantas tonalidades, ¿en qué se basaban los importantes significados que sin duda se le atribuían al final de la Edad Antigua? En primer lugar, en que se le relacionaba por lo general con el rojo. El rojo era la representación cromática del fuego y de la luz. Desde tiempos remotos y en muchas culturas, el rojo se asociaba con la divinidad.⁸² En la antigua Grecia se utilizaba para santificar las bodas y los funerales, y tanto en Grecia como en Roma se le consideraba un color militar que imponía respeto al enemigo. Con anterioridad al siglo V, el fondo de las estelas funerarias griegas se pintaba en rojo, como podemos observar en los fondos de color rojo-púrpura de algunas estelas helenísticas de Volvos, aunque posteriormente se pintaran en azul.

Además el rojo también tenía una especial afinidad con el dorado, el otro color «imperial» por antonomasia en la antigüedad y en los primeros tiempos medievales. Era una afinidad que influyó en los procedimientos de elaboración de mosaicos y pinturas sobre tabla. Aristóteles relacionó el rojo con la luz en su escala cromática, una relación en la que debemos insistir, pues nos remite, a través del púrpura, a nuestro inicial interés por la luz.

En el mundo grecorromano, no había duda acerca del lugar que ocupaba la luz. La luz y la vida eran conceptos emparentados; estar vivo era ver la luz del sol. Zeus, dios de dioses, era la personificación del cielo, fuente de la luminosidad y del día. Desde los tiempos micénicos la luz era signo de la epifanía de Dios; las estatuas de los dioses, como por ejemplo el Palladium, podían incluso cegar a los mortales. Quizás a ello se deba a la frecuencia con que aparece el tema del rapto del Palladium en las joyas antiguas, al ser las propias joyas depósitos de luz.⁸³ Dión Crisóstomo (*Oraciones* XII, 25.52) describía la estatua criselefantina de Zeus realizada por Fidias en Olimpia como una emanación de luz y gracia: era un signo radiante (*phasma lamprou*). El nimbo o halo de luz se convirtió en un atributo de la divinidad, y aparece en muchas estatuas de la época de Alejandro Magno.

⁸² CUMONT, F. op. cit. DELCOURT, M. *Pyrrhos et Pyrrha : Recherches sur les valeurs du feu dans les légendes helléniques*, (1965).

⁸³ Sobre la luz que se concentra en las piedras, Plinio XXXVII, xi, 37.

Pero no fue hasta la antigüedad tardía cuando la luz comenzó a adquirir un carácter trascendental en Occidente. Grecia es un caso excepcional entre las culturas antiguas, ya que no rindió un culto desarrollado a divinidades solares o lunares, ni otorgó un lugar prominente a las leyendas relacionadas con el sol y la luna en su mitología; los griegos consideraban este tipo de cultos, especialmente los de los antiguos egipcios, como bárbaros. Más adelante, en el siglo II d. C., dos orientales helenizados, Julián el Caldeo y su hijo Julián el Teúrgo, publicaron una serie de oráculos que iluminaron algunas cuestiones centrales de la religión en el mundo antiguo tardío. En dichos oráculos el sol era el centro del cosmos y el elemento a través del cual se revelaba la divinidad. El sol tenía poderes purificadores y catárticos y sus rayos descendían sobre la tierra para elevar el alma del iniciado hacia sí. Las prácticas mágicas teúrgicas derivadas de estos oráculos estuvieron de moda hasta el siglo V. Entre ellas se encontraba la posibilidad de conjurar al dios a través de un espíritu mediador; esta manifestación era acompañada frecuentemente por una configuración luminosa o más a menudo por una iluminación informe.

La discusión más importante sobre estas ideas figura en las *Enéadas* de Plotino. Se han debatido arduamente las conexiones de Plotino con los Teúrgos; es cierto que compartía muchos conceptos e imágenes con ellos. Plotino nos interesa especialmente porque es el pensador más importante sobre la luz y el color en la Antigüedad tardía y porque, como sus maestros Platón y Aristóteles, demostró un vivo interés por la teoría e incluso por la práctica artística. Era un filósofo religioso interesado sobre todo en explorar la naturaleza del alma y las formas de unificación de ésta con lo Uno Supremo. Describió una y otra vez lo Uno como luz y lo identificó específicamente con el sol (V, 3.12, 17), debido precisamente a que para Plotino la propia luz era una imagen perfecta de unidad, de totalidad. Utilizó esta imagen en un bello pasaje en el que describe la unión del alma con lo Uno:

Por un momento, dejamos a un lado todos nuestros conocimientos previos; llegado este punto, instalados en la belleza, el que busca deja al margen el entendimiento y, súbitamente, arrastrado al más allá por la gran cresta de la ola del Intelecto que surge desde abajo, sin saber cómo, se eleva y contempla; la visión inunda sus ojos de luz, pero no se trata de la luz que proyecta otro objeto, sino que la visión en sí misma es luz. No existe ya la cosa vista y la luz que proyecta, no existe un Intelecto y un objeto de Intelección; es este mismo brillo lo que ha introducido en el ser para su uso ulterior tanto el Intelecto como el objeto Intelectual, lo que ha permitido que éstos ocupen la mente del que busca. Él mismo llega a identificarse con ese brillo cuya función es engendrar el Principio Intelectual [VI,7.36]

También la belleza se identifica para Plotino con lo Uno y con la luz; en principio, Plotino, parecía aceptar los colores bellos «simples» del *Filebo* de Platón, «carente de partes» (aunque más que colores, todos los ejemplos que utiliza Plotino son sustancias

luminosas: el oro, el relámpago, el fuego, las estrellas) (I, 6.3): «La belleza del color es también el resultado de una unificación: deriva de la forma, de la conquista de la oscuridad inherente a la materia al penetrar en ella la luz, lo incorpóreo, que es un Principio Racional y una Forma Ideal». Más a menudo, Plotino consideraba los colores como modalidades de luz (II, 4.5), engendradas por la reflexión luminosa (IV, 4.29) o por efecto de la incidencia de la luz sobre la materia (IV, 5.7). Al hablar de pintura, admitía que el color debía distribuirse de acuerdo con las funciones de las diferentes partes (II, 2.11): «La gente (...) que no sabe nada de pintura (...) se queja de que los colores no son igual de bellos en toda la pintura; el artista, sin embargo, ha aplicado el pigmento apropiado en cada parte». Aquí nos está señalando la valoración de partes más luminosas, o más vistosas; en la composición se trata de destacar más unas partes de otras, para que el espectador sea guiado por el artista en un recorrido por el cuadro.

El pensamiento estético de Plotino llegó hasta la Edad Media a través del *Hexaemeron* de san Basilio (II, vii, 9f), pero dudamos que tuviera un gran efecto en la estética medieval. En verdad, su plena identificación del color con la luz no encontró demasiado eco en los siglos posteriores, más dispuestos a aceptar la distinción peripatética entre ambos (*Sobre los colores*, 793b).

La antigua tradición de interpretar el valor los colores de acuerdo con su mayor o menor contenido de luminosidad era muy persistente. La caracterización de Plinio del púrpura tirio se conocía muy bien en la Edad Media. En las descripciones que Isidoro de Sevilla, Beda el Venerable y Marbod de Rennes hicieron de la amatista, se relaciona esta piedra, cuyo color había sido comparado por Plinio con el de los más refinados tintes Púrpuras (*Historia Natural*, IX, xxviii, 135), con el tono rosa oscuro, tal como él había planteado (*nigratis rosae colore sublucens*, IX, xxxvi, 126). La insistencia en el lustre que caracteriza los comentarios románicos sobre el púrpura parece tener su origen tanto en cierta literatura técnica de la Antigüedad tardía griega como en la del Occidente medieval. El Papiro Estocolmo (fines del siglo III o principios del siglo IV después de Cristo) incluye tres recetas para lograr el color púrpura con tintes sucedáneos, y en todos habla del brillo; precede a uno de ellos una advertencia sobre la necesidad de «mantener este asunto en secreto, debido a que el púrpura posee un brillo extremadamente bello». En el siglo XI, un artesano conocido como el Anónimo Bearnés afirmaba que la preparación del temple al huevo lograría que el rojo adquiriese un brillo «similar al del más preciado púrpura». Isidoro de Sevilla estableció que la palabra *púrpura* derivaba de *puritate lucis* «pureza de luz»; esta derivación pervivió durante mucho tiempo en el pensamiento medieval hasta el renacimiento.

En la historia de la vestimenta oficial de la Iglesia Romana, las diferentes tonalidades del traje de san Jerónimo tampoco eran en absoluto triviales. El Papa Inocencio IV

decretó en el siglo XIII que sus cardenales llevaran un sombrero rojo, emblema del martirio por la fe, y conservaron su tradicional capa púrpura hasta 1464, cuando Pablo I les permitió que vistieran de escarlata. Se trataba de una consecuencia directa del cierre del mercado bizantino de la púrpura tras la invasión turca de 1453 y del descubrimiento de un importante yacimiento de alumbre, un ingrediente esencial en el tinte con *kermes* originariamente importado de Turquía, en los territorios papales en 1462. ¿Por qué entonces muchos pintores representan antes de 1464 a los cardenales con sus vestidos del mismo color que el sombrero o bien, de un tono rojizo vagamente purpúreo? Como ya hemos visto en muchas otras ocasiones, la respuesta debe estar en que a los primeros renacentistas todavía les resultaba ajena nuestra moderna distinción entre el púrpura y el rojo, y en que, como en el caso del manto de la Virgen, el escarlata, el púrpura, el bermellón, el laca carmesí y el azul ultramar eran colores afines, simbólicamente unidos por su belleza, su excepcionalidad y su alto coste.

La moralidad del color

La obra que Goethe publicó en 1810, su *Farbenlehre* (Teoría de los colores), muy discutida, hizo que tanto los científicos como el público en general prestaran atención a una serie de fenómenos de cromáticos, físicos y psicológicos a lo largo del siglo XIX y principios del siglo XX. Goethe intentaba explicar todos los colores de acuerdo con combinaciones de luz y sombra y rechazaba toda explicación totalmente física, fuese atomista o fuese ondulatoria. Su *Teoría de los colores* contribuyó al desarrollo de la ciencia de la fisiología de la percepción.

Los filósofos románticos como Schelling, Schopenhauer y Hegel, aceptaron la teoría de Goethe como la “verdadera teoría” frente a la newtoniana.

Hasta los oponentes científicos de Goethe reconocían a veces que pese a su escasa aplicación en el campo de la física óptica, su teoría resultaba muy útil para los pintores. El gran interés de Goethe por el color estimuló el viaje que realizó en la década de 1780 y que las conversaciones que mantuvo con los pintores durante ese viaje le proporcionaron material para la *Teoría de los colores*.

Sólo dos artistas se interesaron en profundidad por la teoría de Goethe a principios del siglo XIX. Uno de ellos fue Turner⁸⁴ y el otro fue Runge.⁸⁵ Al igual que Goethe, Runge esperaba ejemplificar pictóricamente las funciones del color; su proyecto más importante, incompleto a su muerte, era una serie de cuatro «fases del día» en las que pretendía articular alegóricamente el universo del color. Sólo pudo empezar a colorear dos, *La mañana* y *El día*. Paralelamente a estas alegorías, Runge escribió *Farben-Kugel (La esfera cromática)*, empezado en 1807 y publicado en 1810. El libro era una «figura matemática» que mostraba las relaciones de los colores entre sí y ayudaba a comprender la armonía cromática. La referencia a las matemáticas distanciaba el enfoque de Runge del de Goethe. En cambio en las pinturas planteaba una consideración casi mística del color como una potencia natural, como manifestación de la revelación divina a través de la división básica en azul (el Padre), rojo (el Hijo) y amarillo (el Espíritu Santo).

A Turner, por su parte, siempre le había interesado la interrelación entre la luz y el color, y hacia 1820 había estado intentando, igual que Runge, adaptar el esquema de tres colores primarios rojo, amarillo y azul a los distintos momentos del día, aunque se dio cuenta, también como Runge, que era necesario jugar con distintas soluciones alternativas, entre ellas el rojo del amanecer del ocaso el «amarillo de la mañana». Igual que Runge y Goethe, Turner deseaba insistir en la polaridad entre claridad y oscuridad y quería organizar una escala en la que se tuviera en cuenta el valor cromático. A Turner le interesó especialmente un pasaje de la *Teoría* de Goethe, fue la tabla de las polaridades en la que el poeta parecía haber intentado demostrar que el color, a diferencia de la luz, era «siempre específico, característico, significativo»:

Más	Menos
Amarillo	Azul
Acción	Negación

⁸⁴ TURNER, Joseph Mallord William. Nace en Londres en 1775 y muere en Chesea en 1851. Paisajista y pintor de marinas. Intenta captar la luz y la atmósfera: *Salida del sol en medio de la niebla* (1807, National Gallery de Londres); y expresar las vibraciones de la luz y el movimiento, como en *Tempestad de nieve en la mar* (1842, National Gallery de Londres). Su obra es expresión de un fuerte romanticismo, es una búsqueda del movimiento y la luz.

⁸⁵ RUNGE, Philipp Otto. Nace en Wolgast, Pomeránia en 1777 y muere en Hamburgo en 1810. Pintor romántico, su obra más difundida, *Reposo durante la huida a Egipto* (1805-06; Kunsthalle, Hamburg), sintetiza su concepción del color y la luz.

Luz	Sombra
Brillo	Oscuridad
Fuerza	Debilidad
Calor	Frío
Proximidad	Lejanía
Repulsión	Atracción
Afinidad con los ácidos	Afinidad con los alcalinos

Junto a su copia de esta tabla, Turner anotó «Luz y Oscuridad».

A Turner le interesaba la fuerza moral del color, un asunto al que Goethe dedicaba una amplia sección al final de su libro y que resultaría ser la parte más perdurable de sus teorías.⁸⁶

El romanticismo hizo revivir el simbolismo del color. Un esquema cromático arbitrario, publicado por Lairesse a finales del período barroco, fue reintroducido en la Inglaterra romántica por el último editor de Lairesse; este esquema cromático era la representación de los valores morales: –amarillo para la gloria, rojo para el poder y el amor, azul para la divinidad, púrpura para la autoridad, violeta para la humildad y verde para la servidumbre–. Pero los pintores intentaban una búsqueda de una nueva «moralidad del color» tendiendo a adquirir un matiz más psicológico. Turner que intentaba fundamentar una secuencia «natural» de los colores primarios en las distintas fases del día, descartaba las equivalencias de Lairesse afirmando que «Deben dejarse para aquellos que las convierten en conceptos y alusiones emblemáticas». Humbert de Superville, atribuía a Aristóteles el esquema heráldico bajo-medieval de los colores de los planetas, afirmaba hacia 1820 que el significado de los colores era universal y que las mujeres estaban especialmente capacitadas para interpretar sus connotaciones morales. Humbert conocía la *Teoría de los colores* de Goethe, en cuya sección final de la «Parte Didáctica» aparecía la más influyente formulación de una teoría moral de los colores.

A finales de la década de 1790, Goethe diseñó, con ayuda de su amigo el poeta y dramaturgo Friedrich Schiller, un esquema de correspondencias basado parcialmente en el sistema cuatripartito medieval de los cuatro elementos. Los cuatro humores, los cuatro puntos cardinales, las cuatro estaciones, las cuatro fases del día, las cuatro edades del hombre, las cuatro fases de la luna y así sucesivamente. Aquí el rojo se relacionaba

⁸⁶ GAGE, John. op. cit. pág. 203.

sorprendentemente con el aire, la medianoche, el norte, el invierno y la vejez, así como con la melancolía, la razón, el humor, el juicio, el ideal y la unidad.⁸⁷

En su *Teoría*, Goethe había llegado a distinguir entre el color «simbólico», «coincidente con la naturaleza», y el color «alegórico», en el que «tenemos que conocer previamente lo que un signo quiera decir para que tenga sentido»; esta distinción se basaba en la creencia de que los colores tenían un efecto directo, sin mediaciones, en la mente y en los sentimientos. Gauguin comentaba que los colores, no sólo eran misteriosos sino que afectaban directamente a los sentimientos:

Al ser las sensaciones que nos produce el color enigmáticas en sí (*nota*: para curar la locura se realizan experimentos médicos basados en los colores⁸⁸), lógicamente no podemos emplearlo sin tener en cuenta este carácter enigmático; nunca lo utilizamos para definir la forma [*dessiner*], sino para producir sensaciones musicales que de él emanan, de su potencial interno, su misterio, su enigma

Se descubrió que la luz roja producía un efecto excitante y que la luz azul era tranquilizante, conclusiones que no resultaban extrañas para cualquiera que hubiese leído la *Teoría* de Goethe.

También como los poetas los pintores influenciados por Goethe se preocuparon por encontrar un lenguaje simbólico de los colores. La pintura expresionista alemana, como la poesía, liberaba al color de su tradicional función en la identificación de los objetos; se pretendía, al igual que en la psicología experimental, desvincular plenamente los efectos cromáticos de todo tipo de recuerdos o asociaciones. Resulta irónico que Arnold Brass, uno de los pocos científicos que apoyaba los aspectos físicos de la *Teoría* de Goethe, criticara los «cielos verdes», los «prados violetas» «ríos amarillos» de esta tendencia del arte moderno. Seguramente se refería a las obras de Wassily Kandinsky, que conoció la *Teoría* de Goethe bastante tarde, después de publicar la primera edición de su manifiesto *Sobre lo espiritual en el arte* (1912), en el que se daba una formulación clásica a la más detallada teoría expresionista del color. El acceso de Kandinsky a la obra de Goethe se produjo a través del teósofo Rudolf Steiner; estudios

⁸⁷ GOETHE, J. W.. *Zur Farbenlehre. Historischer Teil*. 1957, ed. D. Kuhn (Lepoldina Ausgabe der Schriften zur Naturwissenschaft).

⁸⁸ El fisiólogo francés Charles Féré, en la década de 1880 trataba pacientes histéricos sometiéndolos al efecto de distintos tipos de luz coloreada, en un programa de investigación que más adelante se conocería como cromoterapia y que alcanzaría su máximo desarrollo en la década posterior especialmente en Alemania.

recientes sobre la teoría de Kandinsky han insistido en la presencia de elementos ocultistas y espiritualistas relacionados con Steiner. Las intenciones de Kandinsky eran ciertamente espirituales, pero la taxonomía de su espiritualidad en sus manifestaciones visibles debía mucho al debate psicológico contemporáneo.

En aquella época se mantenían discusiones sobre el círculo cromático entre Kandinsky, Franz Marc y August Macke del grupo “Der Blaue Reiter” fundado en 1911; Marc escribió:

El *Azul* es el principio *masculino*, incisivo y espiritual; el *amarillo* es el principio *femenino*, suave, alegre y sensual; el *rojo* lo material, brutal y pesado, el color al que los otros dos colores siempre deben resistirse y al que deben superar. Si mezclas el serio y espiritual azul con el rojo, entonces das al azul un aspecto insoportablemente lúgubre que hace indispensable el uso del amarillo reconciliador (¡la mujer consoladora, no amante!), el color complementario del violeta. Si mezclas el rojo con el amarillo, proporcionas al pasivo y femenino amarillo un efecto sensual, que a su vez hará indispensable la aplicación del frío y espiritual azul (el hombre), y ciertamente el azul está situado justo frente al naranja. Los colores se aman unos a otros: azul y naranja, un acorde [*Klang*] considerablemente afortunado. Pero si ahora mezclas el azul y el amarillo con el verde darás vida al rojo, la materia, la «tierra», y en este caso yo como pintor siempre percibo una diferencia: junto al verde no se debe disponer el rojo eternamente material, brutal, como ocurre con otros acordes cromáticos (¡no hay más que imaginar los objetos decorados con rojo y verde!). De nuevo son el azul (el cielo) y el amarillo (el sol) los colores que vienen en ayuda del verde, a *sojuzgar la materia*. De lo cual se deduce que (...) el azul y el amarillo no son equidistantes respecto al rojo. pese a lo que demuestran todos los análisis espectrales, sigo creyendo que el amarillo (la mujer) está más cerca del rojo terrenal que el azul, principio masculino⁸⁹

En la década de 1920, Kandinsky consideraba el amarillo masculino y el azul femenino.⁹⁰ Su obra *Cursos de la Bauhaus* está llena de referencias a Goethe y realiza varias posibilidades de clasificación del color según su simbolismo.⁹¹ Hemos de decir que casi todos los planteamientos cromáticos de los miembros de Der Blaue Reiter encuentran paralelos en las publicaciones técnicas de la psicología experimental del momento.

⁸⁹ Carta de Franz Marc a August Macke, del 12 de diciembre de 1910. GAGE, John. op. cit. pág. 207.

⁹⁰ KANDINSKY, Wassily: *Cursos de la Bauhaus*. Madrid: Ed. Alianza Editorial, S. A. Primera edición en «Alianza Forma»: 1983, pág. 52.

⁹¹ KANDINSKY, Wassily. op. cit. págs. 48 y 49.

Los símbolos del color que hasta el siglo pasado tenían sentido en la vida cotidiana, hoy no funcionan de la misma manera. Hoy existe una lectura comercial del color, en la que cada producto por motivos prácticos se identifica con un color. Este color en el envase del producto determina su contenido y hace más fácil su identificación y localización. Se ha creado un código de colores que identifica y posiciona cada producto; por cuestiones de marketing se cuida mucho el diseño de los envases, colocando la tipografía y el color que corresponde a cada producto. Este código «simbólico» es el mismo para comunidades grandes pero varía dependiendo de los países; los jabones en Europa y EEUU tienen colores diferentes, cuando aquí el envase es blanco con notas azules, tipografía roja y naranja, en EE UU el envase es naranja con tipografía en azul marino. Se ha ido estableciendo un código de colores para clasificar los productos. Este tema corresponde a la semiótica y a la pragmática ciencias que están en auge hoy, dejaremos pues a ellas que estudien e investiguen en este campo que ya se sale del alcance de nuestra tesis.

1. 5. LOS MITOS DE LA SOMBRA

«En la sombra de un hombre que camina hay más enigmas que en todas las religiones del mundo»

Vita Sackville-West.

Entre los fenómenos naturales que el hombre ha sabido convertir en símbolos, pocos son tan ricos en significados como el de la sombra. Símbolo del mal y de la muerte, del doble, del alma y del espíritu. José María Parreño selecciona en su libro “*Cuentos de Sombras*”,⁹² una serie de documentos en los que la literatura refleja el sentido de la sombra en diferentes épocas y culturas. En la introducción comenta los variados y diferentes significados de la sombra:

Símbolo del mal y de la muerte, del doble, del alma y del espíritu, de lo pasajero y lo irreal, del castigo de la ignorancia, del cobijo. Noche en miniatura, abreviatura de la oscuridad, pero también dedo que señala el día. Yin Yang cósmico que gira sin cesar. Cada cultura y cada época le ha atribuido un símbolo específico, hasta acabar por ser el símbolo mismo de la fantasía.

Al final la sombra aparece como una fantasía. Nosotros vivimos en una sociedad que ya no está regulada por la luz del sol, por los ciclos naturales. Es una sociedad que crea su propia luz, podemos crear nuestra propia energía. Es una sociedad que no depende de la luz ni de la energía del sol, hemos alargado el ciclo natural de la luz del día, que varía siendo más corto en invierno que en verano, haciéndolo igual. Podemos tener luz todo el día, una luz de calidad y en cantidad, en tanta cantidad que hemos anulado las sombras. En nuestras casas la sombra está muerta o mejor dicho matada por la luz. Antiguamente las luces centelleantes de las velas y lámparas, creaban sombras en movimiento sombras vivas. En nuestra cultura la sombra sólo existe en la fantasía y en la memoria de los cuentos.

El episodio de la caverna, en “*La República*” (380 a. C.) de Platón, proporciona una de las metáforas germinales de la cultura occidental. La sombra, símbolo de irrealidad y conocimiento imperfecto, alude a su vez a otra instancia de la que es mero anuncio y degradación. El platonismo subrayó el primer aspecto, el neoplatonismo el segundo. La escolástica terminó convirtiendo la sombra en el símbolo del símbolo.

⁹² PARREÑO, José María. *Cuentos de Sombras*. Madrid. Ed. Siruela, SA. 1989.

La sombra simboliza lo ilusorio, pero como una connotación de importancia: es como humo que señala al fuego. La sombra será siempre lo irreal con relación a lo real, siempre se presentará como lo que existe con respecto a otra cosa. Podemos concebir la oscuridad sin luz, pero la sombra sin luz no. La sombra aparece siempre por gradación o por contraste, nunca por exclusión. De este modo el idealismo se sirvió de la sombra para negar la realidad y el neoplatonismo, para afirmar la existencia de planos de realidad diferentes al nuestro. Pero si la sombra es la gran metáfora de aquello que no es, el nombre de una ausencia, lo es también de lo que se confunde con lo real. Si tanto se insiste en su irrealidad es por lo fácil que es confundirla, y no sólo en la sofisticada fábula platónica. La tradición popular lo refleja también, en una leyenda hindú que habla de una sombra apaleada al ser confundida con un ladrón. La Biblia, los clásicos griegos, el budismo, el taoísmo y la mística musulmana emplean la sombra como metáfora de la mera apariencia sin sustancia. Los “*exempla*” medievales recogen la idea en la historia del tonto que ataca a su sombra con un palo.⁹³

El abuso de la luz eléctrica nos ha hecho olvidar cualidades intrínsecas de la iluminación natural, una de las cuales es la sombra. También la variación de la luz, de su color y de su intensidad por medio de su difusión y reflexión, originada al atravesar las diferentes capas de la atmósfera y reflejarse en los materiales opacos de la naturaleza.

Con el uso de la luz eléctrica hemos pasado de ser iluminados a iluminar, pero sin seguir ninguna ley natural, intentando eliminar por completo la sombra incluso la nuestra, negando nuestra identidad.

La sombra hace que el hombre se pueda ver a sí mismo, el hombre no se ha podido ver hasta que no contempla su silueta en la sombra. La sombra nos da la tercera dimensión.⁹⁴ Cuando vemos una figura, un hombre por ejemplo, de espaldas frente a una pared y el sol hace que su sombra se proyecte en ésta, estamos viendo, por un lado

⁹³ Un eco de esto se puede escuchar en “*La nave de los locos*” de Brant, o en “*El sueño de una noche de verano*” de Shakespeare, o en el “*Entremés de la sombra*” Anónimo (1790), en el que un sacristán se hace pasar por la sombra del marido para no ser descubierto.

⁹⁴ GROSSATESTA, Roberto. : *Metafísica della luce, opuscoli filosofici e scientifici*. Milano Ed. Rusconi, 1986 (traducción e introducción de Pietro Rossi). Recopilación de diversos escritos: *El arte liberal. - La luz - La línea el ángulo y la figura - El arco iris ...* (1175-1253) Canciller de la universidad de Oxford. En su conocida teoría sobre la luz viene a decir que la luz por su propiedad fundamental que es su difusión crea la corporeidad de la materia creando así la tercera dimensión. La luz se convierte en la “primera forma corpórea”.

la dimensión de la espalda de esta persona y por otro lado, suponiendo que el punto luminoso del sol situado a unos 45 grados proyecta la sombra de la silueta de esta persona sobre la pared, estamos viendo el perfil de esta persona. La propia persona que produce la sombra podrá ver su perfil y un observador verá la espalda de la persona y su perfil en la sombra sobre la pared. José María Parreño, nos dice:

«La sombra junto con el reflejo en el agua fue la más antigua imagen que el hombre contempló de sí mismo. En el alba de la conciencia, sombra y reflejo, inasibles y fieles, semejantes y distintos de su dueño, debieron producir en el hombre emociones que se han grabado en lo más hondo de su inconsciente.»...

La primera sospecha que nos puede asaltar al ver, la sombra o el reflejo, es que vemos a otro, otro como yo que no soy yo. En segundo lugar podemos suponer que vemos a «otro yo», aquello que somos y que no conocemos. Lo segundo es mucho más inquietante que lo primero, mucho más peligroso.

Si dibujamos siguiendo la silueta de la sombra nos podremos hacer nuestro retrato o el retrato de un compañero. Plinio el joven cuenta en el libro XXXIV de su Historia Natural cuál fue el origen de la pintura:

«...consistió en circunscribir con líneas el contorno de la sombra de un hombre».

La creencia de que en la sombra se hacen visibles rasgos inmateriales de su dueño está muy arraigada. La antropología recoge testimonios de la convicción que tienen pueblos muy distintos y distantes de que la sombra de objetos, hombres y animales encarna su dimensión espiritual.

La sombra en las tradiciones, se podría clasificar en cuatro apartados:

- A la muerte del individuo, aparece la sombra desligada del cuerpo,
- Desaparición temporal o definitiva de la sombra en vida de su dueño.
- Importancia de la sombra como prueba de la humanidad de su dueño e identidad funcional de sombra e individuo, (lo que le acontece a uno de los dos repercute en el otro).
- Comportamiento independiente de sombra y de cuerpo.

En el primer caso, esa forma visible y personalizada, que sobrevive a la muerte del cuerpo, es lo que los griegos denominaron *psyché*. Aparece ya en los poemas homéricos (*Odisea*, canto XI). Cuando Ulises desciende al Hades para pedir consejo al sabio Tiresaias se encontrará con la *psyché* de su madre, trata de abrazarla pero se escapa entre sus brazos «como sombra inasible que era». La *psyché* homérica no tiene nada que ver con lo que acostumbramos a llamar espíritu y nosotros contraponemos al

cuerpo. Se trata de una imagen que reproduce su contorno, que hurta al tacto de los seres vivos y que permanece intacta cuando el cuerpo muerto se convierte en «tierra insensible» y se destruye. Pero también las potencias del querer, el pensar y el sentir se habrán desvanecido. La apariencia de la *psyché* en el mundo de los vivos asume los rasgos del fantasma. El alma a diferencia de la *psyché* presenta connotaciones religiosas y la suerte de su existencia ultraterrena está determinada por el comportamiento en vida de su dueño. En nuestra cultura, a causa de la influencia del cristianismo, el alma se ha convertido en la instancia hegemónica de la dimensión inmaterial del ser humano. Ha secuestrado la *psyché* y el espíritu para convertirse en pareja de un cuerpo reducido a la monogamia.

José Miguel de Barandiarán, comenta en su ensayo “*Mitología Vasca*” que en la tradición vasca existe la sombra de los antepasados llamada GERIXETI que también es su alma, y a las que se tributa un culto doméstico. Esta creencia existe principalmente en Vizcaya. En otros lugares del país vasco las almas son concebidas como luces y como ráfagas y golpes de viento.

Desde el momento de la muerte su mansión ordinaria son las regiones subterráneas. Regresan frecuentemente a la superficie durante la noche, sobre todo a su ETXE (su antiguo hogar), a ayudar a sus familiares vivos, a consumir las ofrendas, a divertirse en sus hogares respectivos y a poner en regla cuentas que, al morir, dejaron pendientes.⁹⁵

Las tribus indias del Canadá consideran que a la muerte del hombre la sombra y el alma, diferentes una de otra, se separan ambas del cadáver.

El alma parte al reino del lobo y la sombra en cambio, mera *psyché*, vaga por las proximidades de la tumba y será quien mantenga relaciones con los vivos.⁹⁶

Al destino invariable de la *psyché* se contraponen el juicio al que se verá sometida el alma. El «devorador de sombras» es en *El libro de los muertos* egipcio quien se ocupa de castigar a las almas condenadas, en lo que constituye el primer relato escrito del juicio final. En todo caso, la identificación entre sombra y espíritu, ya hemos dicho que parece ser una intuición universal.

Entre los Fang, los Bakelos y otras tribus africanas, sombra y alma son sinónimos; entre los indígenas de América del Sur la misma palabra designa alma, sombra e imagen; para los Yakutos la sombra es una de las tres almas del hombre, por lo que es muy respetada y se prohíbe a los niños jugar con ella(...). La tradición occidental, por su

⁹⁵ BARNDIARÁN, José Miguel. *Mitología Vasca*. San Sebastián. Ed. Txertoa, 1979, pág. 67.

⁹⁶ PARREÑO, José María. op. cit. pág. 14.

parte, considera la sombra como “el cuerpo del alma”. En este sentido su desaparición significa la pérdida del alma y por tanto «el cuerpo del condenado no hace sombra».⁹⁷

La sombra es privativa de los seres plenamente humanos. La semejanza y la inseparabilidad de la sombra y el objeto que la proyecta determinan una suerte de dependencia esencial de una y otro. En las culturas primitivas se ha visto en ello una fuente de peligros. Cualquier daño que sufriera la sombra lo padecería su dueño en carne propia. Así la sombra deberá ser protegida de forma tanto mágica como material. La sombra constituye una suerte de espíritu o esencia que da vida a su cuerpo. Las tradiciones son explícitas en este sentido:

Los indígenas de Florida no se atreven a pasar junto a ciertos estanques cuando el sol pueda proyectar su sombra sobre la superficie de éstos. En China se tenía gran cuidado de no dejar la sombra de los presentes dentro del féretro cuando se cerraba la tapa, y cuando se hacía descender el ataúd, los enterradores se aseguraban sus propias sombras al cuerpo con tiras de tela firmemente atadas a sus cinturas.⁹⁸

En sentido contrario y siendo la sombra sinónimo o prolongación de su dueño, gozará de sus facultades. Por esto las jóvenes hindúes temen quedar embarazadas si la sombra de un hombre las cubre mientras se bañan desnudas. En los hechos de los Apóstoles (5,14-15) se lee que a san Pedro le bastó dejar pasar su sombra sobre los enfermos de las calles de Jerusalén para que quedaran sanados. En este pasaje la sombra opera concretamente como uno de sus sentidos primordiales en la Biblia: la protección, el efecto benéfico.

«El ángel le contestó y dijo: el Espíritu Santo vendrá sobre ti y la virtud del Altísimo te cubrirá con su sombra...», Lucas 1, 35.

Pero debemos llamar la atención sobre una peculiaridad de la sombra menos evidente y por tanto más reveladora de su potencia simbólica: su dimensión como rasgo de humanidad. La mentalidad popular cree que los seres de otro mundo, la «gente pequeña» de la tradición celta –hadas, elfos y ogros, y el mismo Diablo–, carecen de sombra, siendo éste un indicio que permite descubrir su verdadera naturaleza. La sombra está vinculada al paso del tiempo y eso la convierte en el símbolo adecuado para que su ausencia indique que su dueño ha alcanzado la inmortalidad y la juventud eterna. También carecen de sombra los santos según las leyendas persas, Buda y el propio Mahoma. Entre nuestros textos el que desarrolla esta tradición de forma más concreta

⁹⁷ PARREÑO, José María. op. cit. pág. 15.

⁹⁸ PARREÑO, José María. op. cit. pág. 18.

es *La mujer sin sombra* de Hugo von Hofmannsthal. Fue estrenada en 1919 con música de Richard Strauss. La Emperatriz carece de sombra no por su esterilidad, sino por ser hija de Keikobad, rey de los espíritus. Por lo mismo no podía tener descendencia con un mortal. La búsqueda de su sombra es la renuncia a sus atributos mágicos y la aceptación de las limitaciones y los sentimientos humanos. «Es proyectando sombra con lo que pagan su existencia en la tierra» dirá la Emperatriz. La sombra está sujeta al perfecto ser humano imperfecto por un eslabón de sombra.

Jung escribe lo siguiente:

La función insuficientemente diferenciada y la actitud poco desarrollada son nuestra parte de sombra. Aquellas disposiciones primordiales (...) que por razones morales, éticas u otras cualesquiera se mantienen reprimidas por hallarse en contradicción con nuestros principios conscientes y a todo individuo síguele una sombra y cuanto menos se halle ésta materializada en su vida corriente, tanto más oscura y densa será.⁹⁹

Jung califica pues de sombra los aspectos de la personalidad inconsciente que nos negamos a conocer y aceptar. Algunas versiones de la leyenda de Juan sin Miedo cuentan que fue su propia sombra lo único capaz de asustarle. La narración que resulta extraordinariamente adecuada a las tesis de Jung es la breve novela de Pérez Galdós, titulada *La Sombra* (1870). En ella su autor cuenta la historia fantástica de un enamorado celoso que persigue al joven con el que le engaña su mujer. Pero el joven no es más que una sombra, la que proyecta su propio temor no reconocido a la infidelidad de su esposa. El mismo joven se lo dice: «Yo soy lo que usted piensa, su idea fija, su pena íntima. Esa desazón inexplicable soy yo». Lo que sucede es que la sombra jungiana, como la material, es complementaria de la luz.

En el cuento de Cristina Fernández Cubas, *El vendedor de sombras* (1982) recoge uno de los significados más imprevistos entre los tradicionalmente atribuidos a la sombra. En él se dice que los presumidos «se miran en la sombra». El origen del cuento podría ser una leyenda hindú en la que se narra que el zorro gusta de verse en el crepúsculo, cuando su sombra alargada le halaga la vanidad, haciéndole parecer tan majestuoso como un elefante.

La sombra, que es una referencia a otra presencia, en ocasiones suplanta a dicha presencia. El teatro de sombras, (al que hago referencia en la segunda parte en 2.1. El

⁹⁹ PARREÑO, José María. op. cit. pág. 22. JUNG, Carl Gustav. Nace en Kesswil Suiza en 1875 muere en 1961. El tema principal de la investigación de Jung es la psique, o lo psíquico, como totalidad, sin tratar de reducirlo a lo orgánico o a uno de los aspectos de lo psíquico (como la libido).

teatro de sombras), tiene su origen en el siglo II a. C.. Se cuenta que tras la muerte de su esposa el emperador Wu Ti, de la dinastía Han, entró en una apatía de la que nada podía sacarle. Desconsolado por la pérdida de su amada, había perdido la afición por la vida hasta la llegada de Shao Wong. Éste le prometió hacer revivir a su adorada. Colocó al Emperador ante un lienzo tensado entre dos postes e hizo aparecer en él, noche tras noche, la sombra de su amada. Wa Ti se acostumbraría a charlar con ella durante horas, hasta que en una ocasión violó la condición impuesta por Shao Wong de no mirar tras de la pantalla. Al hacerlo le descubrió afanándose entre la tela y una lámpara, con una figurita recortada en piel que imitaba el perfil de su esposa. Los estudios en lo que se refiere a la datación de los hechos difieren, porque unos los sitúan en la época T'ang (618-907) y otros en el reinado del emperador Jong Tsing (1023-1065). En el siglo XVIII el teatro de sombras llegó a Europa y se llamó sombras chinescas. Su última y única aparición consistirá en las creaciones de la cineasta alemana Reiniger, que en los años veinte filmó películas con las técnicas del teatro de sombras. (Sobre este tema hablaré en la tercera parte.)

En nuestro siglo se hacen realidad las metáforas más terribles. En Hiroshima se enseña a los visitantes un lugar en el que la sombra de un hombre se perfila sobre el suelo en unas escaleras.¹⁰⁰ La explosión de la bomba fulminó el cuerpo, y un extraño efecto fotoquímico imprimió en el suelo su sombra asustada para siempre.

¹⁰⁰ Se vio, con motivo del 50 aniversario de la explosión de la bomba, en los reportajes que se emitieron por TV3. el 4-8-95.

