

La naturaleza de la luz

The nature of light

Carolina A. Ortiz-Hernández^a

Abstract:

An introduction to the nature of light is given and the long battle of man to light up at night is described, as well as the profound influence of twentieth century physics (relativity and quantum mechanics) on our conception of light. Finally, commenting on some issues related to our perception of color.

Keywords:

Particle, wave, electromagnetic wave, photon, spectrum

Resumen:

Se da una introducción a la naturaleza de la luz y se describe la larga batalla del hombre por alumbrarse de noche, así mismo se habla sobre la influencia profunda de la física del siglo XX (la relatividad y mecánica cuántica) en nuestra concepción de la luz, para terminar, comentando sobre algunos temas relativos a nuestra percepción del color.

Palabras Clave:

Partícula, onda, onda electromagnética, fotón, espectro

Introducción

Hoy en día tenemos a la luz tan a la mano, tan cercana, que en ocasiones no visualizamos la importancia de ella, pero si analizamos con cuidado la historia de la humanidad, no se sabía ¿Qué es la luz? ¿De dónde surgen los colores? ¿Por qué no se puede sujetar la luz entre los dedos, aunque se siente el calor que ésta dispensa?

Nuestro antepasado les preocupó aprender a producir luz, para su sobrevivencia, debido que hace cuatro mil millones de años, en la Tierra sólo brillaban el Sol, la Luna y las estrellas, de los cuales hasta ahora se puede decir que el Sol es la fuente más importante de energía en nuestro planeta, ya que toda forma de vida en la Tierra depende de su presencia, directa o indirectamente, hace que las plantas produzcan el oxígeno que respiramos y fabriquen nuestros alimentos y el de los animales, pero no era suficiente para vencer el frío y la oscuridad por lo que nuestros antepasados crearon fuentes de luz y calor.

Iniciando con el hombre de las cavernas que cientos de miles de años sólo contó con fogatas y más tarde con

antorchas para calentarse, iluminarse y alejar los peligros de la noche.

Con el paso del tiempo, hace apenas 13 000 años aparecieron las más primitivas lámparas de aceite de llama abierta, en conchas y recipientes similares. Se dice que apenas 500 años antes de la era común se inventaron en Roma las lámparas de aceite con recipiente de reserva –de barro, piedra o metal, simples o elegantes. Poco tiempo después apareció la vela de cera de abeja, la cual iluminó los grandes salones de baile de los palacios reales. Van ya 2 500 años de fabricar velas de cera. En la actualidad se emplean en la decoración y ambientación, ya su uso como fuentes de luz es ya muy menor y circunstancial.

En el transcurrir del tiempo, científicos se sumaron a las diferentes innovaciones de instrumentos luminosos, en el siglo XVI Leonardo da Vinci dotó a la lámpara de aceite de una chimenea para aumentar su brillo y estabilidad; en 1800 Humphrey Davy inventó en Inglaterra la lámpara de arco, en la que arden dos barras de carbón entre las que salta un arco eléctrico continuo, siendo la primera lámpara eléctrica, poco después, en 1814, apareció la lámpara de gas, que continuó iluminando las calles por casi un siglo,

^a Carolina Ángela Ortiz Hernández, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0001-7775-9443> Email: carolina_ortiz6463@uaeh.edu.mx

y en 1853 comenzaron a emplearse también lámparas de keroseno. Para entonces los faros de los puertos ya habían adoptado la lente de Fresnel (una lente convergente plana y ligera), lo que fue un paso importante para la seguridad de los barcos: un faro dotado con una lente de Fresnel señalaba con una luz más intensa los lugares de riesgo para la navegación. En todo ese tiempo las casas, los castillos y los palacios continuaron calentándose con leña producida con energía proveniente del sol.

Pero en 1879 Thomas Edison (en Estados Unidos) y Joseph Swan (en Inglaterra) llegaron independientemente a un invento que transformó nuestra vida: la lámpara eléctrica incandescente, la que nosotros conocemos como foco, que de inmediato comenzó a alumbrar casas y calles. A finales del siglo XIX llegó la luz de neón y de otros gases (y otros colores), producida al ionizarse el gas con la ayuda de una corriente eléctrica. Poco después se eleva la eficiencia de la lámpara incandescente por un factor de tres al llenarla con un gas inerte.

Diez años después se generalizó la lámpara fluorescente de mercurio por su alta eficiencia. A mediados del siglo llegó la fibra óptica, eficaz transmisora y guía de la luz, en 1960, el láser se convirtió en una realidad siendo hoy en día un importante elemento en laboratorios ópticos, en nuestros hogares, con los CD, los lectores de códigos de barras, entre otros usos. A finales del siglo XX se inventa la lámpara led (siglas en inglés de "diodo fotoemisor"), que resulta diez veces más económica que la incandescente (además de ser fría) y tres veces más que la fluorescente. Con estos diferentes inventos sintéticos podemos ver que el Sol sigue siendo nuestra principal fuente de luz natural. Y la luz, ¿de qué está hecha la luz? Durante el siglo XVIII daba paso al XIX, el médico y científico inglés Thomas Young demostrara con un experimento definitivo que la luz no es una sustancia de naturaleza atómica como todo lo que vemos con ayuda de la luz, sino una onda. El experimento consistió en demostrar que al superponer apropiadamente dos haces de luz se obtienen zonas iluminadas y oscuras alternadas (es decir, regiones con luz y regiones sin luz). Esto es propio de las ondas (es el fenómeno de interferencia de ondas), imposible de obtener con partículas. Esta innovadora propuesta entraba en contraposición con la idea que se había heredado de Isaac Newton, quien con sus avanzados estudios sobre la luz había reforzado la conclusión de que está constituida por pequeñísimos corpúsculos luminosos que la materia atrae y puede desviar. La propuesta de Young, apoyada como estaba en un experimento definitivo; surgió entonces la pregunta natural: ¿ondas de qué?, ¿qué es lo que ondula si el espacio entre la Tierra y el sol está vacío? Poco a poco se fue conformando una respuesta, al retomar una vieja idea presocrática que consideraba que el espacio no está vacío, sino lleno de un

elemento muy fino, el elemento del que están hechos los cielos. Se le llamaba éter y se le tomaba como la quinta esencia, pues había que sumarlo a los cuatro elementos que se creía que constituyen el mundo material (aire, agua, tierra y fuego). Los físicos del siglo XIX adoptaron este mismo nombre para el supuesto elemento extraordinariamente ligero y elástico que proponían llena el espacio y sirve de soporte a las vibraciones luminosas. Durante ese mismo siglo el gran físico escocés James Clerk Maxwell, estudiando los fenómenos electromagnéticos, llegó a una conclusión inesperada, lo que representó una de las más brillantes síntesis de la física: la luz es de naturaleza electromagnética, es una onda constituida por vibraciones eléctricas y magnéticas engarzadas entre sí de una manera muy específica, el éter se entendió como el medio en que se propagan las ondas electromagnéticas en general, no sólo la luz, al igual gracias a la aportación del científico británico, Michael Faraday, la teoría electromagnética y sus aplicaciones se desarrollaron con notable ímpetu. Este proceso dio lugar al surgimiento de la industria eléctrica y de comunicaciones, lo que vino a transformar de manera significativa y favorable nuestra forma de vida. En particular, al lado de la electricidad doméstica, urbana e industrial, apareció el radio, que representó en su momento el uso más importante y útil de las ondas electromagnéticas.

Así entramos al siglo XX, en el que se construyen las dos grandes teorías físicas que lo caracterizan: la teoría de la relatividad y la teoría cuántica. Ambas teorías tuvieron mucho que decir sobre la luz. La naturaleza electromagnética de ésta no se alteró, pero adquirió un rostro diferente del que nos pintara la física clásica heredada del siglo XIX. Por un lado, la teoría de la relatividad niega el éter, simplemente por no ser necesario, pues lo que vibra son precisamente las componentes eléctrica y magnética de la onda. El punto está en que las ondas electromagnéticas portan energía (energía electromagnética) y esta energía (E) equivale a una masa (m) dada por la más famosa fórmula de la física, $E=mc^2$ (c representa la velocidad de la luz en el vacío). Algo análogo sucede con la masa de la materia común (la materia atómica), pero la masa electromagnética no está constituida por átomos, sino por energía pura, radiante. Así, la luz propagándose representa energía que viaja por el espacio libre. No requiere éter para ello.

Lo anterior respalda la teoría que produjo la física del siglo XIX, por Faraday y Maxwell: los fenómenos eléctricos o magnéticos que se dan en el espacio representan un fenómeno físico y energético real. A ese algo eléctrico o magnético (o gravitacional, podemos agregar) distribuido en el espacio se le llama campo eléctrico o magnético o electromagnético (o gravitacional), según sea el caso. Por ejemplo, el campo electromagnético es tan real que

podemos ver o sentir una porción de él, cuando se trata de luz visible que alcanza nuestros ojos, o de radiación infrarroja que calienta (o quema) nuestra piel. Con lo anterior se puede decir que la luz se propaga en el vacío.

Ahora bien la teoría cuántica, es la teoría física que debe aplicarse a los átomos y moléculas que poseen propiedades ondulatorias. Desde esta perspectiva se nos podría ocurrir que el que ambas nociones hayan sido significativas para nuestra comprensión de la naturaleza de la luz no debe ser tan extraordinario, si acaso la teoría cuántica tiene algo que ver con la luz. El físico alemán Max Planck después de insistentes esfuerzos por evitarla, pues la idea de “paquetes” (cuanta) de luz de energía (fijada por su frecuencia) a estos paquetes de luz intercambiados se les conoce con el nombre de fotones. Algunos años después (de 1905 a 1909) el joven Albert Einstein dio una interpretación más radical al fenómeno cuántico detectado en la luz (o sea en la radiación electromagnética, sea o no visible). Para Einstein, el comportamiento cuántico de la radiación se debe a que el propio campo electromagnético está organizado en cuantos, de energía, o sea en paquetes independientes, fotones, cada uno con energía bien definida. Por su radicalidad, esta idea, aun proviniendo de Einstein (joven aún), tardó varios años en ser aceptada.

Hoy en día la luz que vemos es concebida formada por una plenitud de fotones. Con ello nos lleva a la pregunta: ¿y los colores?, ¿de dónde proceden? Fue siempre claro que el asunto de los colores atañe a la luz: el color es luz. La primera clave firme de esto se debe a Newton, quien en su juventud estudió la luz, incluso escribió el más avanzado tratado sobre la luz hasta su época. Descubrió, entre tantas otras propiedades, que la luz blanca se descompone en un arcoíris al pasar por un prisma transparente. Y que, si al arcoíris así obtenido se le hace cruzar un segundo prisma transparente alineado con el primero, sale luz blanca nuevamente. Newton mostró con esto que la luz blanca está compuesta por luces de colores y la recombinación de ellos produce luz blanca; entonces la pregunta ¿cómo percibimos los colores? Los colores, como tales, no existen en la naturaleza; son una percepción construida por el cerebro a partir de la información que recibe de los ojos, donde existen millones de conos (células que reaccionan a la luz) que posee una región de la retina humana están especializados en distinguir con mayor eficiencia los colores rojo, verde o azul, que corresponden, respectivamente a las frecuencias menores, intermedias y mayores (o mayores, intermedias y menores longitudes de onda). A partir de estos tres colores el cerebro construye todos los colores que percibimos. Fue el mismo Thomas Young, descubridor del infrarrojo y que para ese entonces se

había convertido en fisiólogo, quien propuso esta teoría de los tres colores. El color que vemos de un objeto es el de la luz que refleja, no es una propiedad intrínseca del objeto. Los objetos no tienen color: se ven de color. La televisión aprovecha al máximo la suficiencia de tres colores para generar su variado colorido. Basta observar con una lente de aumento la pantalla del televisor para distinguir que cada uno de sus puntos luminosos está integrado por tres pequeñas fuentes de color. Finalmente podemos decir que gracias a la creatividad de nuestros antepasados hoy en día contamos con muchas facilidades y comodidades de vida y que el estudio particular respecto a la luz continuará ya que podemos estar seguros: tenemos todavía mucho que aprender; y esto vale tanto en el terreno de lo social como en el de lo natural.

Referencias

- [1] De la Peña, Luis (2018). La naturaleza de la luz. Revista Digital Universitaria (RDU). Vol. 19, núm.3
DOI:<http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2018.v19n3.a1>.