



PRESENTACIÓN: ¿QUÉ ES LA LUZ?

Sergio Barbero

Consejo Superior de Investigaciones Científicas
sergio.barbero@csic.es

Santiago Vallmitjana

Universitat de Barcelona
santi.vallmitjana@ub.edu

Carmen Carreras

Universidad Nacional de Educación a Distancia
ccarreras@ccia.uned.es

PRESENTATION: WHAT IS LIGHT?

Copyright: © 2015 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-Non Commercial (by-nc) Spain 3.0.

El Año 2015 ha sido declarado por la ONU “Año Internacional de la Luz y de las Tecnologías Basadas en la Luz” (IYL 2015), destacando la importancia creciente que la ciencia y tecnología relacionadas con la luz tienen para la sociedad. Más aún la luz ha sido un elemento fundamental en el progreso científico-técnico a lo largo de la historia.

En este número especial de ARBOR hemos querido dar tributo a esta especial iniciativa reflexionando de qué manera las concepciones científicas de la esencia de la luz –o dicho de otra manera, el afán por tratar de entender qué es la luz– ha evolucionado a lo largo de la historia. El monográfico lo componen seis artículos escritos por profesionales de distintas ramas del saber que abordan esta cuestión con un enfoque tanto interdisciplinar, la luz estudiada a través del prisma de cada disciplina de conocimiento, como transdisciplinar: la naturaleza de la luz como un objetivo transversal y común a todas las disciplinas. El monográfico termina con una entrevista a la profesora M.^a Luisa Calvo, Vicepresidenta del Comité Español para el IYL 2015.

Pensamos que es legítimo preguntarse por la esencia de la luz dentro de la ciencia. Ahora bien, el significado de este interrogante es diferente si se plantea en el marco de la filosofía, de la metafísica o incluso de la mística. Conviene precisar, cómo hace Fernando Barbero: “Preguntarse por su esencia en el contexto de la física significa intentar comprender cuáles son los atributos que la caracterizan, sus propiedades, cómo podemos actuar sobre ella o cómo interacciona con la materia”. En efecto, comprender qué es la luz, en el marco epistemológico de la ciencia, es estudiar cómo esta se relaciona con el resto de objetos que componen el universo físico; es, entre otras cosas, como escribe Juan Pimentel, “saber cómo se comporta”.

En este contexto, uno de los atributos fundamentales de la luz es conocer las leyes que rigen su propagación. Ya los grandes matemáticos griegos abordaron, con ayuda de la geometría, esta fundamental cuestión. Herón de Alejandría postuló que “*si un rayo de luz va del punto A al punto B en un mismo medio de propagación, entonces el rayo sigue el camino más corto posible*”. Esta es la primera formulación de un principio básico

de la física (principio de mínima acción) que acabará siendo no solo decisivo para entender la luz sino también la dinámica de cualquier objeto. De aquí que este principio sea el primer (en términos históricos) nexo de enlace de la luz con la materia. La versión moderna de este principio establece que la integral de camino óptico es estacionaria, lo cual implica que a veces el camino óptico es el mayor y otras el menor posible.

Si los matemáticos griegos *geometrizaron* la luz, los grandes pensadores griegos, Platón, Aristóteles, etc., que observaban la naturaleza (*phúsis*) especularon sobre su esencia. Todas estas ideas fijaron el marco conceptual de pensamiento sobre la naturaleza de la luz hasta bien entrada la Edad Media. Sin embargo, todas ellas entraron en crisis con la aparición de una figura crucial en la historia de la óptica: Alhacén, a quien está dedicado el artículo escrito por Agustín González-Cano.

Confrontándose con “las discusiones esencialistas sobre el *qué* de la visión”, Alhacén utilizó un método fenomenológico en el que la pregunta sobre la esencia se puede si no responder al menos sí acotar a partir de entender el *cómo*. Alhacén entiende claramente la necesidad de estudiar la luz como entidad física (independiente del fenómeno de la visión), y a ello se dedica en el capítulo tercero de su libro *Kitab al-Manazir*: “La esencia de la luz corresponde a las ciencias físicas”, mientras que el estudio de su propagación necesita de la geometría. Alhacén ejemplifica el tránsito de la óptica a la *fotónica* en sus plenos sentidos etimológicos; esto es, del estudio de la acción de ver al análisis de la luz como instancia física, dado que: “la visión quedará en buena medida explicada como un asunto de la luz”.

El trabajo de Alhacén fue en cierto modo un preludio de lo que significaría la revolución científica de la edad moderna. De ahí en adelante la evolución del conocimiento de la luz iría íntimamente ligada a los hechos experimentales aunque, como bien sabía Huygens, “la mayoría de los autores que abordan la materia se contentan con asumir estos hechos. Sin embargo otros, con una mente más inquisitiva, han tratado de hallar su origen y causa”. El propio Huygens fue, sin duda, uno de estos hombres de mirada inquisitiva, como queda reflejado en el artículo de David Blanco.

Huygens acabó formulando un principio de propagación ondulatoria y elástica para la luz que tendría fuertes implicaciones en el futuro de la óptica. La importancia del principio de Huygens radica en que es compatible con el principio de tiempo mínimo de Fermat (una reformulación más profunda del viejo principio de Herón de Alejandría).

Coetáneo de Huygens sería Newton, de cuya interpretación de los colores aprenderemos en el artículo de Juan Pimentel. La luz y el color, cómo entidades físicas, se fusionan en la teoría newtoniana. El experimento de los prismas de Newton, quizás el más famoso de la historia de la ciencia, demuestra cómo la luz blanca está compuesta de las luces monocromáticas, de los distintos colores, aunque como bien nos relata Pimentel su aceptación distó de ser fácil. En parte porque el color es otro de esos elementos que han fascinado a pensadores de todos los tiempos; algunos como Goethe dedicaron parte de su vida a criticar la teoría newtoniana “afectando doblemente a su óptica pero también a su forma de entender la naturaleza”:

Esta época significaría además el afianzamiento de una larga controversia acerca de si la luz tenía naturaleza corpuscular u ondulatoria; disputa que, como tal, acabaría perdiendo su carácter con la revolución de la física del siglo XX. Con todo, durante el siglo XIX el carácter ondulatorio de la luz pareció imponerse, sobre todo a raíz de ciertas evidencias experimentales. Los fenómenos interferenciales fueron interpretados por primera vez por Young en el marco de la teoría ondulatoria y posteriormente por Fresnel aplicando un principio de propagación que él mismo enunció haciendo una síntesis del principio de propagación de Huygens y el de interferencias de Young. A raíz de la convocatoria, en 1818, del premio de la Academia de Ciencias de París dedicado a la explicación de la difracción, Arago, Fresnel y Young demostraron experimentalmente el carácter ondulatorio transversal de la luz.

La luz, que parecía ajena al resto de los fenómenos físicos conocidos, acabó, gracias a la lucidez de James Clerk Maxwell, integrándose dentro del electromagnetismo. El artículo de Joel Gabas nos ilustrará sobre ello. La velocidad de las ondas electromagnéticas, derivada de las ecuaciones de Maxwell en términos de las constantes de permitividad eléctrica y permeabilidad magnética del vacío, (determinadas ambas experimentalmente por Kohlrausch y Weber), coincidía con el valor ya conocido de la velocidad de la luz. Esto proporcionó a Maxwell el indicio definitivo para atribuir el carácter electromagnético a la luz. Su predicción teórica quedaría más tarde avalada gracias al trabajo experimental de Heinrich Hertz. De hecho, las ondas luminosas son las únicas ondas electromagnéticas que Maxwell tuvo oportunidad de conocer.

Con la teoría electromagnética de la luz a muchos les pareció que la longeva cuestión sobre la verdadera esencia de la luz quedaba zanjada. Sin embargo, las dos grandes revoluciones de la física del siglo XX: la

aparición de la física cuántica y las teorías de la relatividad de Einstein, supusieron un novedoso replanteamiento del significado de la luz, convirtiéndose esta en un elemento fundamental para entender el mundo que nos rodea. Fernando Barbero aborda esta última revolución en la concepción científica de la luz, calificándola como “uno de los legados más sorprendentes de la ciencia del siglo XX”.

De hecho, el interrogarse por la esencia de la luz, tal como lo hizo Einstein –trazando así, el camino de parte de la física moderna– supuso el replanteamiento de las propias nociones de espacio y tiempo o de principios tan fundamentales como el principio de continuidad o el de causalidad. Mientras que en la teoría de la relatividad especial la velocidad de luz es un absoluto ante cualquier sistema de referencia, siendo incluso más inmutable que las propias nociones de espacio y tiempo, en la teoría de la relatividad general la luz, como con los matemáticos griegos, se vuelve a *geometrizarse*, caracterizándose mediante su propagación a lo largo de trayectorias geodésicas en el espacio-tiempo combinado.

Comprender qué es la luz no es solo un fin en sí mismo; su estudio y medida es especialmente relevante ya que siendo una componente fundamental del universo, nos ayuda a conocerlo: su origen, composición, forma, etc. De todo ello aprenderemos en el último artículo de este monográfico firmado por Alberto Casas, quien afirma: “se puede decir que prácticamente todo lo que sabemos sobre el universo, lo sabemos

gracias a la luz que recibimos de él”, entendiendo por luz todas las ondas electromagnéticas.

Bajo la mirada del hombre, la luz trasciende su propia esencia física convirtiéndose en objeto con mayúsculas de la cultura, ya que tanto en la filosofía, como en el arte o en la religión ha acabado siendo, como escribe Juan Pimentel, “la metáfora por excelencia del conocimiento”.

Finalmente, como ya se había adelantado, para cerrar el número se incluye una entrevista de la periodista Alda Ólafsson a la profesora M.^a Luisa Calvo de la UCM en su calidad de científica dedicada durante más de 40 años a la investigación en diferentes campos de la Óptica. En ella la Dra. Calvo destaca la presencia de la luz y de las tecnologías basadas en la luz en prácticamente todos los laboratorios de investigación dedicados a estudios de Óptica, visión, láseres, biofotónica, ciencia básica y aplicada,... y hace una llamada a los gobernantes de nuestro país para que aprecien el capital humano con que cuenta España, de muy alto nivel, bien considerado en países económicamente fuertes como EE.UU o Alemania, y no ligan la financiación de la ciencia a la buena marcha de los índices microeconómicos, porque un país que no invierte en educación y en investigación carece de futuro. Remarca también la necesidad de concienciar a toda la sociedad para crear las condiciones de conciliación de la vida familiar y laboral que permita a las mujeres acceder a los más altos niveles de su carrera profesional, en el caso que nos ocupa, la enseñanza y la investigación de calidad en Óptica y Fotónica.



a261

Sergio Barbero, Santiago Vallinjtiana y Carmen Carreiras