

Acerca de la velocidad de la luz

P. Cobelli

Fecha de última actualización: 29 de Octubre de 2015

1 La velocidad de la luz es finita (1676)

La pregunta acerca de la velocidad de la luz puede hallarse ya en los inicios de la física. Los autores griegos que la evocan están (en su gran mayoría) convencidos de la instantaneidad con la que la luz se transmite a través del espacio.

Este hecho no debe sorprendernos, dado que el fenómeno de la propagación de la luz es imperceptible a nuestros sentidos. En efecto, la luz se propaga a aproximadamente 300 000 km/s (el valor moderno es de 299 792,458 km/s). En este sentido, podemos tomar las palabras del historiador de ciencias G. Picolet:

‘[...] el espacio visual ordinario en el cual nosotros vivimos en la Tierra no excede casi algunas decenas, quizás centenas de kilómetros. En consecuencia, el tiempo empleado por la luz para propagarse es demasiado breve, al punto de ser insensible para nosotros. Por ejemplo, en una distancia de 100 km, la duración de la propagación lumínica es del orden de 1/3000 segundos, valor que es inferior al umbral diferencial de percepción del ojo humano. [...]’

Por tanto, tampoco debe sorprendernos que los argumentos de los defensores de la instantaneidad de la luz se basen en la experiencia cotidiana: la aparición y desaparición inmediata de las imágenes en los espejos, la reaparición inmediata de la luz solar en tierra al despejarse el cielo, etc.

Ciertos autores de la antigüedad, concientes de las posibles limitaciones de nuestros sentidos para discernir la propagación de la luz, avanzan argumentos basados en distancias astronómicas. Afirman, por ejemplo, que ‘al mismo tiempo que el Sol aparece sobre el horizonte, todo el hemisferio superior de la Tierra es iluminado instantáneamente’ (Filópono), o que, cuando uno cierra sus ojos y los abre en dirección al cielo estrellado, la luz de las estrellas golpea inmediatamente nuestros sentidos; prueba de su instantaneidad. Aquellos que, como Empédocles, persisten en creer que la luz se transmite a velocidad finita, son llamados al orden por autores tales como Aristóteles, quién hace notar que ‘una opinión tal es contraria tanto a la razón como a los hechos observados’ (esta afirmación puede encontrarse en *Acerca del Alma*).

La concepción instantaneísta de la luz se perpetúa luego en la Edad Media y en el Renacimiento; en este caso evidentemente ligada a -además del peso

de la tradición- a la insuficiencia de precisión del instrumental experimental disponible por aquellos tiempos. En este sentido cabe recordar que el telescopio, que permite fijar puntos de referencia astronómica, data de 1609; el reloj a péndulo, que hace posible la medida de lapsos inferiores al segundo, recién se pone a punto en 1657. De esta forma, grandes científicos tales como Johannes Kepler y René Descartes siguen creyendo aún en la instantaneidad de la luz.

Galileo, por otro lado, piensa que la luz tiene una velocidad de propagación finita, y lo sugiere en sus *Discursos sobre los dos grandes sistemas del mundo* de 1632. Su hipótesis será verificada al inicio de los años 1670, como consecuencia de una serie de experimentos llevados a cabo en el Observatorio de París. En ellos, se observaron los eclipses de los cuatro satélites de Júpiter, que ya eran conocidos desde 1610 (y fueron precisamente descubiertos por Galileo mismo).

Estos satélites son, en efecto, periódicamente eclipsados cada vez que ingresan en el cono de sombra producido por Júpiter, que se interpone entre el Sol y ellos. Sin embargo, el astrónomo Giovanni Cassini había ya observado irregularidades en el movimiento del primer satélite, que se manifestaban como retardos a la salida del cono de sombra (proceso que en astronomía se conoce como emersión) cada vez que Júpiter entra en conjunción con el Sol y juntos se alejan de la Tierra. La otra irregularidad detectada por Cassini estaba asociada a una entrada anticipada al cono de sombra (*imersión*) cada vez que Júpiter entra en oposición con el Sol y se acerca a la Tierra.

Cassini entrevé la hipótesis según la cuál las diferencias observadas son debidas a una velocidad finita propagación de la luz. Sin embargo abandona rápidamente esta explicación, dado que no logra poner en evidencia este mismo fenómeno para los otros tres satélites jovianos.

Esta hipótesis es luego tomada por el astrónomo danés Olaf Römer, quien concluye que si el período entre dos eclipses parece más largo cuando Júpiter se aleja de la Tierra, es porque la luz debe recorrer una distancia mayor para informarnos del comienzo del segundo eclipse. El inverso se produce entonces, cuando Júpiter se acerca a la Tierra seis meses más tarde: el tiempo de viaje de la luz es ahora más corto, y el ingreso del satélite en el cono de sombra de Júpiter nos parece anticiparse.

Römer compara los tiempos de retardo y de anticipación de los eclipses del primer satélite joviano, según Júpiter y el Sol se encuentran en conjunción o en oposición, y deduce que la velocidad de la luz es finita. Seguro de esta afirmación, anuncia en septiembre de 1676 en la Academia Real de Ciencias que el eclipse del primer satélite de Júpiter, previsto para el 9 de noviembre siguiente, se produciría con 10 minutos de retardo, teniendo en cuenta el aumento de la distancia Tierra-Júpiter. Su predicción es confirmada por las observaciones.

En el informe de sus trabajos, Römer no ofrece un valor para la velocidad de la luz, sino que se contenta con observar (y demostrar!) que su propagación tiene lugar a una velocidad finita. ‘¿Por qué? El astrónomo francés Jean-Pierre Verdet nos ofrece una posible explicación: *‘para determinar dicha velocidad, hacía falta disponer de la distancia en cuestión. En esa época ese problema estaba aún abierto y las estimaciones disponibles eran muy disímiles unas de otras’*.

2 La primera determinación experimental (1849)

El primer valor moderno para la velocidad de propagación de la luz fue obtenida en 1849 por el físico francés Hyppolyte Fizeau, utilizando un sistema por él mismo denominado ‘de rueda dentada’.

Este sistema consistía en enfocar la luz