

FIGURA 1

Arco iris simple.



H I S T O R I A Y H U M A N I D A D E S

Breve historia del estudio del arco iris

Diego Garrote Valero¹. Col. 16.854

Lic. Historia

Ana Belén Gargantilla Madera². Col. 11.196

Lic. Psicología

El arco iris es uno de los espectáculos más impresionantes de la naturaleza. Tal vez, nuestro interés por él se deba a que resulta complicado observarlo, pues se necesitan unas condiciones atmosféricas muy particulares. Debe estar lloviendo y, a la vez, brillando el sol. Nosotros debemos colocarnos entre el astro rey y las nubes de lluvia, y mirar con un cierto ángulo hacia el cielo.

Por supuesto, no es en el único caso donde aparece. Igualmente lo podemos ver al observar una cascada o en una simple fuente. El espectáculo siempre es sorprendente, y nos ha maravillado desde el comienzo de los tiempos. Un arco donde se despliegan varios colores, desde el rojo más externo hasta el violeta más interno.

La explicación científica del arco iris se suele atribuir a dos grandes genios de la física, René Descartes e Isaac Newton¹. El primero llegó a la correcta conclusión sobre que el arco iris se forma debido a que los

rayos penetran en una gota de agua y se reflejan una sola vez en su superficie interna. Además, con la ley de refracción en su mano fue capaz de realizar una explicación completa de la geometría del fenómeno². Dibujó una esfera llena de agua, e ideó un rayo luminoso que incidía sobre ella, estudiando todas y cada una de las trayectorias diferentes que podían seguir. Tras realizar este concienzudo trazado de rayos, expuesto en su obra *Meteoros*, explicó algo que nadie había logrado aún: por qué se reforzaba la intensidad dispersada en la proximidad del ángulo del arco iris.

Comprobó experimentalmente que, a medida que aumenta el parámetro de impacto de los rayos de luz en la superficie de la gota, disminuye el ángulo de desviación, hasta alcanzar un valor mínimo alrededor de los 138 grados. La máxima concentración de rayos desviados se encuentra en la proximidad de ese ángulo, lo que da lugar a la formación del arco iris primario. El arco secundario se formaría de manera análoga, pero ahora el ángulo de desviación de los rayos aumenta hasta un máximo en torno a los 130 grados. Ningún rayo de tercer y cuarto orden puede alcanzar ángulos de desviación entre 130 y 138 grados, lo que explica satisfactoriamente otro fenómeno curioso del arco iris, la llamada banda oscura de Alejandro (se llama así, en honor a su descubridor, Alejandro de Afrodisia, en el 200 d.C., a la zona más oscura existente entre el arco iris primario y el secundario).

No obstante, su explicación carecía del componente más importante del arco iris, su color. Para Descartes, los colores se producían por la interacción de la luz

FIGURA 2

Arco iris doble.



blanca con los bordes de los obstáculos, una explicación totalmente errónea.

Para redondear la comprensión del arco iris es necesario cruzar el Canal de la Mancha y atender a los trabajos de Isaac Newton y su teoría corpuscular de la luz. Con su sencillo experimento del prisma logró explicar que la luz blanca está compuesta por rayos de diversas clases, cada cual capaz de causar una diferente sensación cromática al refractarse de manera ligeramente distinta (dispersión). Aunque aún quedaban por explicar algunas cuestiones menores (como los arcos supernumerarios), se podía afirmar que la comprensión del fenómeno del arco iris se había logrado en el siglo XVIII.

Ahora bien, antes que Descartes afirmara que el arco iris se producía por la reflexión de la luz en las gotas de lluvia, otros investigadores del pasado habían obtenido la misma conclusión. Bien está valorar justamente su trabajo.

Dejando a un lado las explicaciones mitológicas, el primero en estudiar científicamente el arco iris fue Aristóteles. En su obra *Meteorología* el sabio griego explicó el fenómeno como consecuencia de una reflexión de la luz solar en las nubes. Conocía la relación entre el observador, el sol y las nubes de lluvia y acertó al definir que el arco iris era en verdad un arco circular. No obstante, su teoría estaba equivocada, pues como hoy sabemos, la simple reflexión de la luz no provoca un arco iris.

En época romana, Séneca, en sus *Quaestiones Naturales*, se dedicó a explicar el fenómeno del arco iris

de forma bastante extensa. Nos describe diferentes situaciones donde puede aparecer este fenómeno, y conoce que para observarlo en el cielo debemos dar la espalda al sol. Sobre la explicación de la formación del arco iris nos indica que el mismo se produce cuando la luz del sol se refleja en las gotas de agua, las cuales actuarían como espejos cóncavos⁴.

Deberemos esperar a la Edad Media para encontrar el verdadero salto cualitativo que terminó por explicar el arco iris con bastante acierto. En el mundo musulmán fue el sabio Kamal al-Din al-Farisi (1267-1319) quién logró explicar que la formación de un arco iris no se debe a la reflexión de la luz, sino a la refracción en las gotas de agua. Aunque se especula que quien dio con la clave fue su maestro al-Shirazi, en verdad al-Farisi fue quién desarrolló la idea matemáticamente y la expresó en una obra escrita llamada *Tanqih al-Manazir*⁵. En esta obra al-Farisi se detenía en el estudio de las esferas ustorias analizadas por Alhacén, centrándose en los puntos donde convergen los rayos de luz una vez que traspasan la esfera, es decir, el punto de combustión fina. Además, nos mostró diferentes tablas de refracción de la luz al atravesar medios de distinta densidad.

Respecto al arco iris, explicó que un rayo de luz se refleja y refracta dentro de una esfera llena de agua. El mérito de al-Farisi fue que realizó las pruebas experimentales necesarias para comprobar sus teorías. Para ello fabricó una esfera de vidrio, la llenó de agua y la introdujo en una cámara oscura. Y de esta forma demostró que cuando un rayo de luz entra en una ↪



↪ esfera llena de agua se pueden producir tres hechos: dos únicas refracciones; dos refracciones y una reflexión; y, por último, dos refracciones y dos reflexiones.

A semejando la esfera llena de agua a una gota de lluvia, al-Farisi entendió por fin como se formaba el arco iris, tanto el primario como el secundario. El primario es consecuencia de dos refracciones y una reflexión, mientras que el secundario es consecuencia del efecto de dos refracciones y dos reflexiones. Como el trayecto del rayo luminoso es mayor en el segundo caso, y parte de la luz se va perdiendo en las sucesivas refracciones y reflexiones, al-Farisi explicó correctamente porqué el arco iris secundario es de menor intensidad que el primario.

De manera contemporánea e independiente se llegaron a las mismas conclusiones en occidente. El filósofo Robert Grosseteste (1175-1253), en su obra *Sobre el arco iris y el espejo*, dio por errónea la explicación aristotélica y atribuyó el arco iris a la refracción: "Es pues necesario que el arco iris esté constituido por la refracción de los rayos del sol en la humedad de una nube convexa".

Un siglo después esta idea serviría al físico Teodorico de Friburgo (hacia 1250- hacia 1310) para lograr la explicación definitiva. Para ello sustituyó el medio acuoso de la nube en su totalidad para centrarse en el papel de cada gota de agua que la componía. Así llegó a afirmar que "la luz del sol cae sobre una gota de agua, se refracta y entra en la esfera y luego cae sobre la superficie cóncava interior y se refleja de nuevo. Finalmente, se refracta y llega a nuestros ojos"⁶.

Al igual que hiciera antes al-Farisi, sostuvo sus afirmaciones observando experimentalmente la luz al traspasar una esfera llena de agua. Descubrió la

importancia de la refracción a la hora de explicar el arco iris primario, y también acertó en la explicación del arco secundario, constituido por un reflejo adicional dentro de las gotas. Pero, en nuestra opinión, el mayor aporte fue entender que, al ofrecer la refracción de una gota un solo color, el arco iris debía estar formado por el producto de la interacción de muchas gotas. "En consecuencia, si todos los colores se ven al mismo tiempo, como sucede con el arco iris, ello debe derivar, por fuerza, de diferentes gotas que tienen diferentes posiciones respecto del ojo, así como el ojo respecto de ellas"⁷.

Por tanto, aunque la verdadera explicación matemática del arco iris se produjo en el siglo XVIII de la mano de Descartes y Newton, podemos afirmar que ya desde la Edad Media se había logrado entender la mecánica física de este fenómeno por medio de una cuidada observación experimental y el bagaje científico que se tenía sobre la refracción de la luz.

Nunca fue tan evidente la frase, atribuida a Newton, sobre la importancia del conocimiento científico acumulado a la hora de realizar avances científicos: "si he llegado a ver más lejos que otros es porque me subí a hombros de gigantes".

Una expresión que, irónicamente, no es original de Newton y que podemos rastrear, igual que con el arco iris, hasta el Medievo (siglo XII). Juan de Salisbury escribió en su *Metalogicon* (1159), citando a Bernardo de Chartres, lo siguiente: "Somos como enanos sentados sobre los hombros de gigantes para ver más cosas que ellos y ver más lejos, no porque nuestra visión sea más aguda o nuestra estatura mayor, sino porque podemos elevarnos más alto gracias a su estatura de gigantes"⁸.

Bibliografía

1. Timón A, de León M. Las matemáticas de la luz. Madrid. Editorial CSICy Catarata. 2017. Capítulo 9. ISBN: 978-84-00-10249-4
2. Zajonc A. Atrapando la Luz: Historia de la Luz y de la Mente. Santiago de Chile. Andrés Bello. 1996. Pág. 171. ISBN: 978-95-61-31270-8
3. Nussenzveig HM. Teoría del arco iris. Investigación y Ciencia, nº 9, Junio 1977 Págs. 82-94.
4. Séneca LA. Cuestiones Naturales. Libro I, Capítulo III. Biblioteca Virtual Universal; 2003. ISBN: 978-84-37-63207-0
5. Al-Farisi, Kamal al-Din. Tanqih el-Manazir, Haydarabad, 1930. Vol: 2. Pág. 285-319.
6. Boyer CB. The rainbow, from myth to mathematics. Nueva Jersey. Princeton University Press. 1987. Pág. 115. ISBN: 978-06-91-08457-2
7. Zajonc A. Atrapando la Luz: Historia de la Luz y de la Mente. Santiago de Chile. Andrés Bello. 1996. Pág. 167-8. ISBN: 978-95-61-31270-8
8. McGarry Daniel Doyle, ed. The Metalogicon of John Salisbury: A Twelfth-century Defense of the Verbal and Logical Arts of the Trivium. Berkeley. University of California Press. 1955. Pág. 167. En la red: <https://ia801003.us.archive.org/30/items/themetalogiconofjohnofsalisbury/The%20Metalogicon%20of%20John%20of%20Salisbury.pdf>