

Entender el arcoíris

José Miguel Viñas

Artículo publicado originalmente en www.tiempo.com

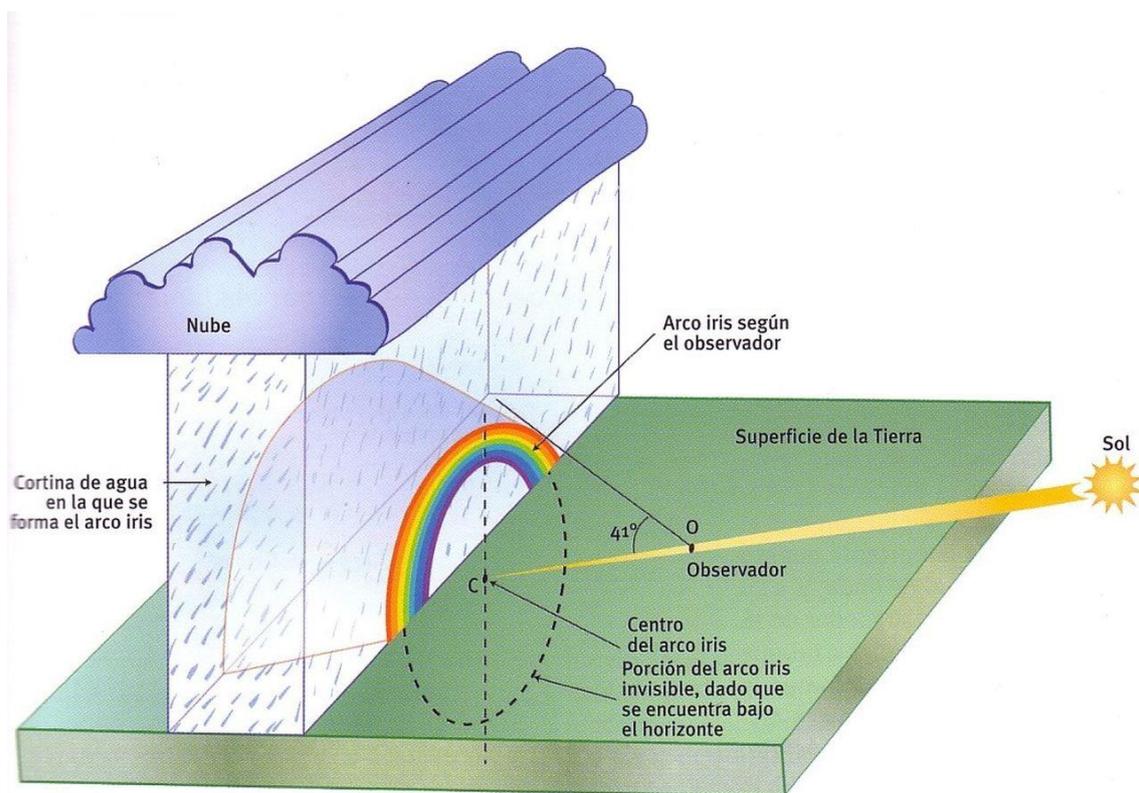


El arcoíris es uno de los fenómenos más bellos de la naturaleza. Su observación siempre nos cautiva.

Quien más quien menos tiene una idea aproximada de cómo se forma el arcoíris. Para poder observarlo necesitamos que el sol esté a nuestras espaldas, no muy elevado, y que esté lloviendo por delante de nosotros. Lo más común es observarlo por las tardes al paso de una tormenta, aunque son muy diversas las circunstancias en que podemos llegar a ver uno. El esquema clásico de su formación, con la desviación que sufren los rayos del sol al encontrarse en su camino con las gotas de lluvia, también es bastante conocido, pero hay algunas cuestiones relativas a su forma semicircular, los colores que presenta, su anchura, intensidad, formación de un segundo arcoíris... que trataremos de explicar de forma sencilla.

La banda luminosa que constituye este bello y espectacular fenómeno óptico atmosférico está formada por un conjunto de arcos concéntricos, solapados entre sí, que despliegan los colores del espectro visible de la luz, menos saturados que los que resultan de la incidencia de una fuente luminosa puntual en un prisma de vidrio. Aunque es común referirse a los siete colores del arcoíris, en realidad la banda multicolor está formada por un continuum, por lo que esa división es arbitraria. El ojo humano es capaz de distinguir un centenar de colores diferentes del citado espectro visible. La tendencia a agruparlos por tonalidades afines (los rojos, los amarillos, los naranjas...) y la sugestión

colectiva nos lleva a identificar los famosos siete colores, a los que ya se refirió Newton en su tratado de Óptica.



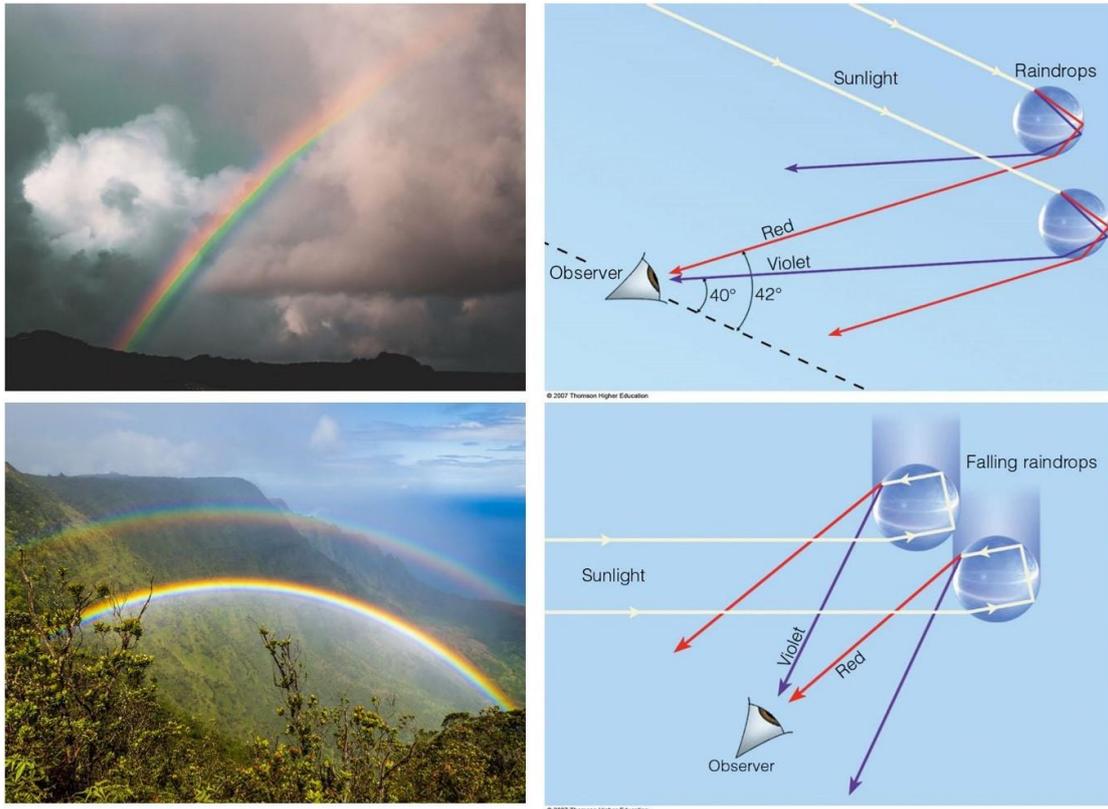
Esquema clásico de la formación del arcoíris, con el observador (O) situado entre el sol (a sus espaldas, a la derecha en la figura) y la cortina de gotas de lluvia (delante de él, a la izquierda en la figura). Fuente: www.taringa.net/

En el arcoíris la separación de los colores y su concentración en el semicírculo que vemos en el cielo obedece principalmente a dos fenómenos físicos: la refracción y la reflexión de la luz. En menor medida también actúa la difracción, así como los fenómenos de interferencia. Estos últimos son los responsables de la formación ocasional de unas bandas coloreadas por debajo del arcoíris principal, denominadas arcoíris supernumerarios. Cuando vemos un único arcoíris –el clásico– en su parte superior se observa el color rojo y en su inferior el violeta. Se separan en el interior de cada gota de lluvia, debido a que el índice de refracción del agua varía con la longitud de onda (distinta para cada color).

La emergencia de los diferentes colores desde las gotas lo hace bajo unos ángulos determinados, dictados por su recorrido en el interior de las mismas, donde como dijimos con anterioridad se separan. En el esquema de la parte superior derecha de la siguiente figura, aparecen representados esos ángulos: de 42° y 40° para el color rojo y el violeta respectivamente, con respecto a la dirección de incidencia de los rayos de sol sobre la cortina de gotas. La visión del arcoíris es el resultado de la composición de millones de ellos procedentes de otras tantas gotas de lluvia, ya que cada una genera un arcoíris distinto. Cada color nos llega, por tanto, desde grupos de gotas diferentes.

El arcoíris forma un arco debido a la simetría esférica de las gotas de lluvia, ya que esa es la forma que tienden a adoptar las citadas gotas al caer desde las nubes. Lo que

interceptan nuestros ojos son conos de luz procedentes de ellas. La sección transversal de un cono es una circunferencia, de manera que cada color del arcoíris aparece en el cielo bajo un ángulo sólido diferente, concentrándose la gama de colores en el círculo delimitado por dicha circunferencia. Si vemos el arcoíris semicircular en lugar de formando un círculo completo, es porque el horizonte limita nuestro campo de visión. En lugares elevados conseguiremos ver una porción mayor de arcoíris; incluso desde los aviones, si la situación es propicia, lograremos ver uno completo.



Arriba: Fotografía de un único arcoíris (izqda.) y esquema de formación. Abajo: Fotografía de un arcoíris doble y esquema de formación del arcoíris secundario. Crédito de las figuras: © 2007 Thomson Higher Education

La observación de un segundo arcoíris algo más tenue, que aparece por encima del principal, es relativamente frecuente. En los puntos de la gota de agua por donde emerge la luz del arcoíris principal, se produce una segunda reflexión interna que envía los haces de colores a un nuevo lugar de la pared interior de la gota, produciéndose allí una segunda emergencia de luz, bastante menos intensa que la primera, que es la que da lugar al arcoíris secundario, a unos 50° (o 130° como ángulo complementario) con respecto a la dirección del haz de luz incidente.

En este segundo arcoíris, los colores aparte de muy difuminados aparecen en orden inverso respecto a los del arcoíris principal. El rojo se sitúa abajo y el violeta arriba. Entre los dos arcos, por encima del primario y por debajo del secundario, puede apreciarse una zona oscura, donde la luz ambiental aparece muy debilitada. Se trata de la “zona oscura de Alejandro”, llamada así en honor del filósofo griego Alejandro de Afrodisias, del siglo II a. de C.; el más célebre de los comentaristas griegos de las obras del gran Aristóteles (384 a. de C. – 322 a. de C.), que fue el primero en describirla.



Arcoíris con los colores intensos, en contraste con el cielo oscurecido por la nube tormentosa situada por detrás.

Terminamos comentando que si bien la intensidad del arcoíris depende principalmente del tamaño de las gotas de lluvia (relación directa), su anchura es un invariante, ya que, por lo que ya hemos dicho, cada color se desvía siempre bajo idénticos ángulos. La luz roja –la más lenta y de mayor longitud de onda– escapa de cada gota formando un ángulo de $42,37^\circ$ con respecto a la dirección de incidencia, mientras que la violeta –la más rápida y de menor longitud de onda–, emerge formando uno de $40,23^\circ$. De lo anterior se deduce que el arcoíris principal tiene una anchura de algo más de 2 grados de arco. El secundario es el doble de ancho, pero es tan tenue que no llegamos a apreciar bien la diferencia.