

CAPÍTULO V

EL ARCO-ÍRIS

Acaba de ofrecerse á nuestra vista la accion general de la Luz en la naturaleza segun el cursó regular de su obra permanente. Sus juegos en la Atmósfera son diversos, y producen mil fenómenos ópticos siempre curiosos, á veces raros, y explicados hoy por las leyes de la fisica. Dedicaremos los capítulos siguientes al exámen de dichos fenómenos debidos exclusivamente á este agente, tan poderoso como delicado, tan suave como enérgico.

El mas frecuente de todos y aquel cuya sencilla explicacion nos ayudará á comprender los demás, es la produccion del *Arco-iris*.

Entre nuestros lectores habrá sin duda muy pocos que no hayan observado al caer el agua de un surtidor ó de una cascada la produccion de un arco-iris en miniatura, análogo al grandioso arco que se proyecta en el espacio aéreo despues de una tormenta. Siempre que se presentan esos diminutos arcos, podemos advertir tres circunstancias: 1.º las gotas de lluvia; 2.º la presencia del sol; 3.º la situacion precisa del observador entre las gotas de agua y el sol.

Estas tres condiciones de la formacion del arco-iris nos ofrecerán por sí mismas la explicacion de tan gracioso fenómeno, en el cual vió la religion judía la proteccion de

Jehová, y la mitología griega la influencia agradable de la diosa Iris. Para ver un arco-iris, ya sea en una lluvia artificial, ya en la Atmósfera, es preciso siempre volver la espalda al sol. En esta situacion, los rayos solares que iluminan las gotas de agua son siempre reflejados y refractados por estas.

Hé aquí cómo:

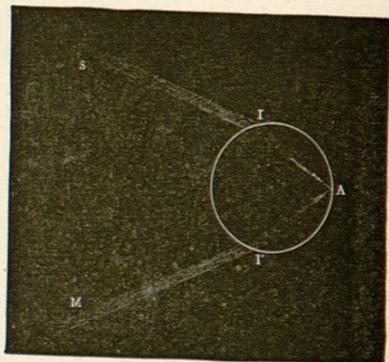


Fig. 71.—REFLEXION SENCILLA DE LOS RAYOS EN UNA GOTAS DE AGUA

Supongamos una gota de agua AII' en la Atmósfera. Un rayo solar llega á dicha gota por I, penetra en su interior desviándose de la línea recta, puesto que todo rayo luminoso experimenta esta desviacion al pasar á una sustancia trasparente mas densa que el aire. Cuando llega al fondo A de la pequeña esfera líquida que constituye la

gota, es reflejado por él y vuelve hácia el lado del sol con una nueva desviacion I' M que le aproxima á la tierra.

Este rayo, así descompuesto, ofrece todos los colores escalonados en diferentes incli-

naciones, siendo cada color diversamente refrangible. La inclinacion va creciendo del rojo al violado, de suerte que si el rayo rojo llega al ojo, los demás rayos procedentes de la misma gota no podrán seguirle, pero

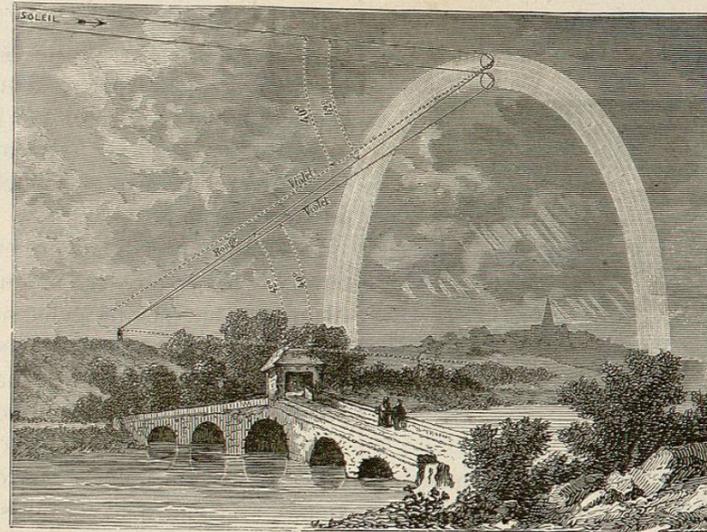


Fig. 72.—FORMACION DEL ARCO-ÍRIS

una gota menos elevada podrá enviarle un rayo violado. Así pues, el observador vé en la direccion de esas gotas un punto rojo arriba y otro violado abajo. Las gotas intermedias dirigen del mismo modo los rayos comprendidos entre ambos colores, teniéndose así un espectro solar cuyos colores son, empezando desde el punto mas bajo, *violado, añil, azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo*.

Supongamos ahora una superficie cónica, que tenga por eje la recta que va desde el ojo del observador al sol, pasando por la gota. Cada una de las que se encuentren en dicha superficie produce el mismo efecto, puesto que forma el mismo ángulo con el sol y el observador: tenemos, pues, un conjunto de espectros formando una faja circular, irisada, en la cual se suceden los colores simples con arreglo al orden indicado, estando el violado *a* (fig. 74) dentro, y el rojo *b* fuera.

El fenómeno se reproduce mientras las gotas de agua se suceden en la misma region del espacio; la apariencia luminosa se renueva al mismo tiempo que el paso de las gotas, y el arco persiste. Demuéstrase por el cálculo que el ángulo del cono de los rayos rojos es de 42 grados (42° 20'), y el del cono de los violados de 40 (40° 30'); tal es la distancia del arco al centro, punto donde se proyectaria la cabeza del observador P (fig. 74). La cuerda HH' (igual figura) del arco total, subtiende un ángulo de 84 grados; la anchura del arco es de 2, es decir, casi cuatro veces el diámetro aparente del sol.

Así, pues, el arco-iris prueba la existencia de pequeñas esferas de agua líquida cayendo en forma de lluvia en el seno de la Atmósfera. El arco es tanto mas brillante cuanto mas gruesas son dichas esferas, requiriéndose que lo sean mucho mas que las que forman las nubes para que la vista

pueda percibir las. Hé aquí por qué las nieblas y los nublados no producen arco-iris.

Sabiendo que el arco-iris consiste en la refracción de los rayos del sol sobre las gotas de lluvia, podemos averiguar no tan solo la magnitud de dicho arco, sino también las condiciones en que no podría presentarse. Si el sol estuviese en el horizonte,

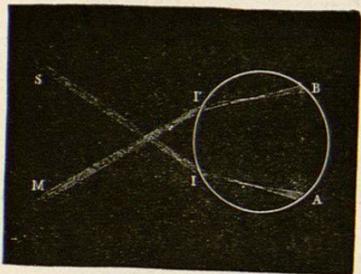


Fig. 73.—DOBLE REFLEXION DE LOS RAYOS EN UNA GOTA DE LLUVIA

la sombra de la cabeza del espectador iría también a parar á él; y como el eje del cono sería horizontal, resultaría que veríamos una semi-circunferencia completa de un semi-diámetro aparente de 41 grados. A medida que el sol se eleva, el eje del cono va bajando y el arco disminuyendo, y si aquel llega á una altura de 41 grados, dicho eje forma el mismo ángulo con el plano del horizonte, y el arco es tangente á él. Esta es la causa de que en verano no pueda verse un arco-iris al medio día. Si el sol estuviese aun mas elevado, el arco se proyectaría en la tierra, siendo muy raro ver el fenómeno cuando se presenta así. El segundo arco, de que vamos á hablar, desaparece cuando el sol llega á los 52 grados. Así pues, el observador colocado en la tierra no puede ver nunca mas que una semi-circunferencia (sol en el horizonte), y por lo comun solo un arco de 100 á 150 grados. Cuando la tierra no se opone á la producción de la parte inferior, puede verse mas de una semi-circunferencia, y hasta una circunferencia completa. Así lo he observado una vez en globo, y como por una circunstancia curiosa la parte superior se

hallaba oculta, vi un *arco-iris invertido*, en el cual el violado era interior.

A menudo se advierte sobre el arco-iris un segundo arco, cuyos colores están dispuestos en sentido inverso del primitivo. Este nuevo arco se explica por una doble reflexión SIABFM (fig. 73) y S'aO, S'bO (fig. 74). En este caso las desviaciones experimentadas por los rayos al emergerse en la esfera líquida son de 51° por lo que hace á los rayos rojos y de 54° á los violados. Este arco secundario es siempre mas bajo de color que el primero.

La zona comprendida entre el arco principal y el secundario es comunmente mas oscura que el resto del cielo, siendo en mi concepto, y segun lo indicado por un gran número de observaciones, una region de absorción para los rayos luminosos.

Dedúcese también por el cálculo, que se puede formar un número mayor de reflexiones, así como aparecer otros arcos cada vez mas descoloridos, pero la luz difusa impide que se vean, aun cuando alguna que otra vez se ha percibido el tercero, á 40 grados del sol. Haciendo que los rayos solares vayan á herir un chorro de agua en una habitación oscura, se ha observado hasta el décimo séptimo arco!

Puede suceder que el sol sea reflejado en una nube por la superficie de un agua tranquila, y que esta reflexión engendre también un arco-iris. El cálculo demuestra que en tal caso dicho arco debe cortar el formado directamente á una altura que depende de la del astro. Si los dos fenómenos producen el arco secundario, las cuatro curvas entrelazadas presentan un bellissimo espectáculo. Monge cita un caso en que se hallaron completas y perfectamente distintas. Halley ha observado tres arcos, uno de los cuales estaba formado por los rayos reflejados en un río, y cortaba el arco exterior de tal suerte que le dividía en tres partes iguales. Cuando el sol descendió hácia el horizonte, los puntos de intersección se aproximaron, hasta no quedar mas

que uno solo, y como los colores aparecían en sentido inverso, el blanco perfecto se formó por la superposición de las dos series. Además de esto, el sol puede produ-

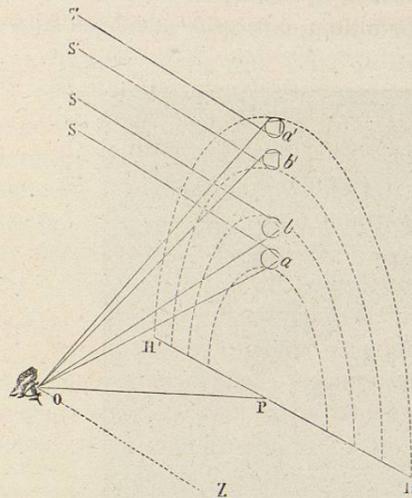


Fig. 74.—TEORÍA DE LOS DOS ARCOS DEL ARCO-ÍRIS

cir un círculo completo, después de haberse reflejado en una superficie líquida. A veces falta la parte superior, resultando el singular fenómeno del arco-iris invertido.

Los académicos enviados al círculo polar para proceder á la medida del meridiano, observaron el 17 de julio de 1736, en la montaña de Ketima, un *arco-iris triple*, análogo al citado por Halley. En el inferior, el violado estaba debajo, y el rojo fuera como siempre; aquel era el arco principal. El segundo, paaralelo á este, era el arco secundario, y tenía el rojo abajo y el violado arriba. El tercer arco, partiendo de los pies del primero, atravesaba el segundo, y tenía, como el principal, el violado dentro y el rojo fuera. Esta observación es la que reproducimos en la figura 75.

Puesto que el arco-iris se debe á la refracción y á la reflexión de los rayos solares en las gotitas de agua que caen por el aire, concíbese que la Luna pueda dar origen á una aparición análoga, aunque menos intensa. Así he podido observarlo, en efecto,

una noche de primavera en Colonia. Era el 9 de mayo de 1865, á las 10 y 35 minutos. El director del colegio tuvo la atención de avisarme la observación que acababa de hacer, y pudimos estudiarla á nuestro gusto. Era la vispera del plenilunio: el astro se hallaba á 60 grados sobre el horizonte oriental, y el *arco-iris lunar* se ostentaba al oeste con una gran limpieza de tintas. Distinguíanse los siete colores prismáticos en su orden normal, y por encima del arco principal se advertía el secundario, mas débil, pero también claramente destacado. Este fenómeno meteorológico, que no dejaba nada que desear, es tanto mas raro, cuanto que su visibilidad depende de circunstancias que no es fácil encontrar reunidas (1). El día había sido tempestuoso, y hacia poco tiempo que un pequeño chubasco había regado el parque, elevando á la Atmósfera los perfumes de las lilas y de los alelies, y comunicando un encanto particular á aquella apacible noche del mes de mayo.

Brandes, Dionisio Dusejour, Sennert, de Tessan, Rozier y Bravais han observado y descrito el arco-iris nocturno. En las relaciones de Américo Vesputio (1501) se lee asimismo que observó muchas veces « el iris durante la noche » y los meteoros raros del antiguo continente. Creía que el rojo procedía del fuego, el verde de la tierra, el blanco del aire, y el azul del agua, y añade: « este signo dejará de aparecer cuando los elementos se hayan gastado cuarenta años antes del fin del mundo. »

En un antiguo tratado de meteorología, el del P. Cotte, veo que además del arco-iris ordinario, del secundario, de los refle-

(1) El hábil meteorologista M. Renou me escribe que, durante su vida de observador, ha visto tres veces el arco-iris lunar perfectamente formado. La última vez fué el 1.º de octubre de 1871, á las 7 y 45 minutos de la tarde, en los terrenos baldíos del Luxemburgo. Lo que hay en esto de mas notable es que la misma noche se observó también el arco-iris lunar en Inglaterra, en el condado de Somerset.

jados, y del lunar, se ha mencionado también otra especie de efecto óptico llamado «arco-iris marino», formado en la superficie del mar, compuesto de un gran número de zonas, y visible á veces en las praderas húmedas en frente del sol. Este quinto

aspecto es una especie de antelio, que describiré al final del capítulo siguiente.

Háse dado también el nombre de arco-iris «blanco» al círculo antélico de que trataré en el mismo capítulo.

Por último, á veces se advierten fajas de

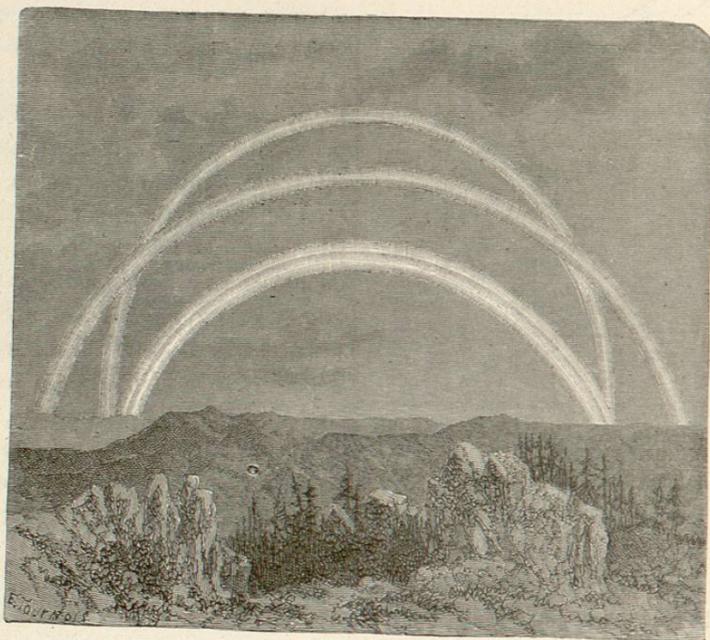


Fig. 75.—ARCO-ÍRIS TRIPLE

colores debajo del violado del arco-iris ordinario, que parecen pertenecer á otro superpuesto al primero. Dicho arco toma entonces el nombre de *arco supernumerario*, y se debe á efectos muy complejos de interferencias.

A los anteriores casos añadiré la observación siguiente:

El 30 de diciembre de 1868 y desde las 2 h. 45' hasta las 3, ví entre Rquilly-Saint-Loup y Troyes un magnífico arco-iris móvil, que tenía su extremidad derecha al este y la izquierda al noroeste. El tren marchaba primeramente de este á oeste, volviendo en breve del sur al norte. En la primera posición, la extremidad derecha del arco se veía hácia la cola del tren; y avanzando poco á poco concluyó por verse

frente por frente del departamento que yo ocupaba.

Al propio tiempo, *elevóse* en 5 minutos por el cielo sobre diferentes nubes, marcándose á veces con un tinte verde violado sobre el azul del firmamento. Tan luego como hubo llegado á la parte superior del cielo, donde ya no había nubes, desapareció empezando por arriba y continuando aun visibles sus extremos sobre las nubes grises inferiores. No se veían las gotas de agua en las que se dibujaba el arco. Al llegar á Troyes, observé que allí había debido llover un poco, aun cuando siempre hizo muy buen tiempo en la línea, desde Chaumont.

Esta es la única vez que he visto andar un arco-iris.

El 4 de junio de 1871 hice otra observación interesante, cual es la de un arco-iris enteramente visible en un cielo *siempre azul*. En éste caso los colores son mas ligeros y mas aéreos aun que en el estado ordinario. Hallábame á la sazón entre Dieppe y Rouen, sobre el risueño valle de Monville. Este fenómeno se explica observando que la ligera lluvia que caía ante los espectadores no era bastante densa para modificar el azul del cielo situado tras ella, y que las nubes pasajeras de donde se desprendían las gotas de agua no se extendían hasta la región en que se proyectaba el arco (1).

(1) Antes que la ciencia hubiese dado la explicación de este sencillo fenómeno óptico, se interpretaba como un signo celeste, no careciendo de interés recordar lo que entonces se opinaba acerca de él.

El *arco-iris* era á los ojos de los hebreos la prenda de la alianza que Jehová había contraído con los hombres, en virtud de la promesa que hizo á Noé después del diluvio.

Habiéndose presentado como señal de alianza entre Dios y los hombres, parecía natural admitir que este fenómeno no fuera anterior al diluvio, así es que los teólogos han discutido seriamente este punto de dogma. Lutero no vaciló en declarar que el arco-iris apareció milagrosamente después del diluvio. Fromond sostiene, por el contrario, que desde el día en que Dios hubo creado el sol y el agua, debió existir el arco-iris, aun cuando hasta después del diluvio no tuvo el carácter de señal de alianza entre Dios y los hombres.

Para los griegos, *Iris* (Ir', arco) era hija de *Thammas* (maravilla) y de *Electra* (esplendor del Sol), y además hermana de las *Arpias* y de *Aello* (tempestad). Este símbolo recuerda que para que se produzca el arco-iris es preciso que el sol brille y que el tiempo esté lluvioso. — La mitología griega nos ofrece además algunos detalles bastante curiosos.

En la *Iliada* vemos que el padre de los dioses re-

El primero que procuró explicar el fenómeno del arco-iris diciendo que era un efecto de la reflexión de la luz en el interior de las gotas de lluvia, fué un monge alemán llamado Teodorico; el segundo fué un arzobispo, A. de Dominis (1614). Pero la verdadera teoría de este fenómeno se debe á Descartes, excepcion hecha de la separación de los colores, que no quedó determinada hasta que Newton hizo su descubrimiento sobre la refrangibilidad desigual de los rayos del espectro solar.

curria frecuentemente á Iris, por mas que esta fuese mensajera de Juno, y por cierto que las divinidades no podían escoger enviado mas donoso. Servía asimismo de ceñidor á los dioses, y los poetas la representaban engalanada con los mas vistosos colores. Por último, se le atribuía la formación de las nubes cargadas de lluvia.

Iris purificó á Juno, al volver esta de los infiernos. Los antiguos veían también en la aparición del arco-iris una señal de salud, por mas que algunas veces le consideraran como mensajero de la Discordia.

Urano fué vencido por Kronos, el cual se valió de una inmensa hoz celeste, que no era otra cosa sino el arco-iris.

Para los escandinavos, dicho arco es un puente de tres colores, de la mayor solidez, echado entre el cielo y la tierra, y por el cual intentaron mas de una vez los gigantes escalar la mansión de los dioses; pero el surco de fuego trazado en medio de él es un obstáculo que se opone al paso de los gigantes. Heimdall, hijo de siete madres, guarda aquel puente celeste.

Los teólogos, y San Basilio entre ellos, veían en los tres colores del iris un símbolo de la Trinidad. Sin embargo, otros muchos Padres no tomaban en consideración mas que dos colores, el blanco y el rojo, que eran para ellos el emblema de las dos naturalezas de Jesucristo, etc. Fácilmente se comprende que todas estas ideas no eran las mas á propósito para llegar á la teoría científica.