

CAPITULO XIX

LOS METEOROS OPTICOS

I

AURORAS Y CREPÚSCULOS

Cuando la atmósfera está despejada, su iluminación ó el grado de su brillo depende de la distancia que hay de la region que se considera al Sol. A medida que este desciende ó se aproxima al horizonte, la iluminación atmosférica disminuye; además, el color de la atmósfera, de azul que era al principio, pasa sucesivamente al amarillo y al rojo. Este efecto de coloración tiene indudablemente por causa la absorción de los rayos más refrangibles del espectro, absorción debida al espesor cada vez mayor de las capas de aire atravesadas por la luz del Sol. La tinta azul procede de los rayos reflejados, y la amarillenta ó rojo-anaranjada de los transmitidos.

Poco antes de ponerse el Sol, el cielo adquiere en el zenit un matiz blanquecino, al paso que la iluminación va creciendo por el horizonte occidental. Cuando el astro ha traspuesto el horizonte, el color encarnado del cielo persiste, presentando además, según el estado de la atmósfera, los matices más variados, desde el rojo de fuego hasta el púrpuro oscuro. La iluminación más ó ménos duradera de la atmósfera, lo mismo antes del orto que después del ocaso del Sol, es el fenómeno vulgarmente conocido con el nombre de *crepúsculo*, designándose más comunmente el de la mañana con el de *aurora* ó *alba*.

La duración del crepúsculo es muy variable según la época del año y el estado del cielo, y también según los climas. Si admitimos con los astrónomos que la aurora empieza ó que el crepúsculo termina, por la mañana, cuando la luz atmosférica ofusca las estrellas de sexta magnitud, ó por la noche cuando aparecen las mismas estrellas (por supuesto para las vistas se-

culares), la observación demuestra que en uno ú otro momento el centro del Sol se halla á 17° ó 18° de distancia angular bajo el horizonte. Hay sin embargo cierta diferencia entre el crepúsculo vespertino y el matutino, la cual consiste en que la duración del segundo es algo menor, circunstancia que se atribuye á la mayor pureza de la atmósfera, por haberse precipitado en gran parte los vapores de que estaba saturada de noche, á causa del enfriamiento nocturno.

Defínese la duración astronómica del crepúsculo diciendo que es el tiempo que el Sol invierte en descender 18° bajo el horizonte, y de este modo se comprende por qué, en un lugar dado, sea la época de los equinoccios la que corresponde á los crepúsculos más cortos, y la de los solsticios á los más largos. El arco descrito en su paralelo por el Sol es una fracción de la circunferencia diurna total tanto mayor cuanto más diste dicho paralelo del ecuador celeste; por consiguiente, el tiempo que invierte en recorrerlo va en aumento desde la época de los equinoccios á la de los solsticios. Por una razón análoga, los crepúsculos van alargando á medida que se pasa desde el ecuador á regiones de latitud más elevada; la oblicuidad creciente de los arcos diurnos del Sol explica entonces la mayor duración crepuscular. Esta llega á su máximo en las zonas polares, no siendo en rigor la noche de las regiones próximas al polo sino largos crepúsculos. Lo propio sucede á corta diferencia en nuestra zona templada en la época del solsticio de verano, pues no encontrándose el Sol más que á 17° bajo el horizonte, el día de dicho solsticio á media noche, puede decirse que el crepúsculo dura toda ella.

Conviene sin embargo añadir que las circunstancias atmosféricas disminuyen unas veces y aumentan otras estas diferencias. Si el cielo está cargado de vapores, los crepúsculos se

alargan; si el aire es seco y la atmósfera está serena, disminuye su duración, y sólo de este modo es posible darse cuenta de la notable diferencia que se observa entre las duraciones reales de los crepúsculos y las que resultan de su definición astronómica.

«En el interior de Africa, dice Kœmtz, en donde el aire es á veces tan puro y trasparente que Bruce veía en el Sennaar el planeta Vénus en mitad del día, se hace de noche inmediatamente después de la puesta del Sol. En las regiones intertropicales el crepúsculo es todavía más corto; dura un cuarto de hora en Chile según Acosta, y unos cuantos minutos en Cumaná, según Humboldt; observándose el mismo fenómeno en la costa occidental de Africa. Estos resultados difieren notablemente de los indicados por el cálculo, pues según ellos, el crepúsculo debería durar por lo ménos una hora.»

Después de la puesta del Sol se suele ver en el horizonte opuesto ó sea en el oriental un segmento de matiz azulado oscuro, limitado en su parte superior por una tinta ligeramente púrpura. El espacio que separa este segmento del cielo es á veces blanco-amarillento; dásese el nombre de *curva crepuscular*, y su punto más alto, opuesto siempre á la dirección del Sol en el momento de la observación, va elevándose progresivamente á medida que el astro desciende más y más bajo el horizonte.

La curva crepuscular no es otra cosa sino el límite de los puntos que reciben la luz del Sol y nos la envían por reflexión; es la línea de separación entre el cono de sombra que la Tierra proyecta tras sí y la superficie límite de la atmósfera; el segmento oscuro que se ve á oriente lo forman las partes de la atmósfera que no reciben la luz solar. Debe admitirse sin embargo que estas partes iluminadas de tan diversos modos reflejan á su vez su luz en el interior del cono de sombra y que estas reflexiones sucesivas ensanchan necesariamente los límites del resplandor crepuscular.

Se ha procurado deducir la altura de la atmósfera de la del punto culminante de la curva crepuscular, á la hora en que esta curva es suficientemente limitada y distinta. El tiempo transcurrido desde la puesta del Sol permite calcular fácilmente la distancia angular á que en tal momento se encuentra el astro bajo el

horizonte; y para averiguar en cuánto excede verticalmente el punto culminante de la longitud del radio terrestre basta un sencillo problema de geometría y de cálculo. Aprovechando Biot las observaciones hechas por Lacaille, ha deducido que dicha altura llegaba á unos 59 kilómetros en la hipótesis de que los rayos solares no hubieran experimentado reflexión alguna, y que era de ménos de 111 kilómetros suponiendo dos reflexiones sucesivas, por lo cual creía que la altura de la atmósfera estaba comprendida entre estos dos límites. Hoy se han deducido cifras más crecidas valiéndose de otros métodos, lo cual induce á creer que el de que acabamos de hablar no es muy exacto.

Terminaremos este artículo copiando de Kœmtz, que á su vez ha reunido las observaciones populares de marinos y labriegos, las indicaciones ó pronósticos del tiempo según el aspecto del cielo durante los crepúsculos y las auroras.

«Las apariencias del crepúsculo, dice, dependen del estado del cielo, resultando por lo tanto que pueden servir para pronosticar hasta cierto punto el tiempo que hará al día siguiente. Cuando el color del cielo es perfectamente azul y después de la puesta del Sol la region occidental se tiñe de un ligero matiz púrpuro, se puede asegurar que hará buen tiempo, sobre todo si el horizonte parece cubierto de una leve humareda. Después de llover, las nubes aisladas coloreadas de encarnado y bien iluminadas presagian que volverá á hacer buen tiempo. Un crepúsculo blanco-amarillento, sobre todo cuando este color ocupa una gran parte del cielo, no anuncia buen tiempo para el día siguiente. En opinión de los campesinos, habrá tormentas cuando el Sol es de un blanco deslumbrador y al ponerse le rodea una luz blanca que apenas permite distinguirla; y el pronóstico es todavía peor cuando algunos ligeros *cirrus*, que dan al cielo un aspecto descolorido, parecen más oscuros hácia el horizonte, y el crepúsculo presenta un color rojo-ceniciento entre el cual se ven porciones rojo-oscuro que pasan al gris y que apenas permiten distinguir el Sol: en este caso el vapor vesicular es muy abundante, y es de temer viento y lluvia inminente.

»Las señales deducidas de la aurora son algo diferentes; cuando aparece muy encendida es

probable que llueva, al paso que una alborada cenicienta anuncia buen tiempo. La razón de esta diferencia entre una aurora y un crepúsculo gris consiste en que por la tarde esta coloración depende principalmente de los *cirri* y por la mañana de un *stratus* que se disipa en breve ante los rayos del Sol levante, al paso que los *cirri* son más densos de noche. Si al salir el Sol hay bastantes vapores condensados para que dicho astro parezca rojo, es muy probable que en el trascurso del día la corriente

ascendente produzca la formación de un espeso manto de nubes.» (*Meteorología.*)

II

EL ESPEJISMO

La refracción de los rayos luminosos que han de atravesar las capas enteras de la atmósfera, ó sólo algunas de ellas, da origen á muchos fenómenos, de los cuales hemos descrito ya el de la elevación aparente de los objetos sobre su posición real, ó sea lo que se llama refracción at-

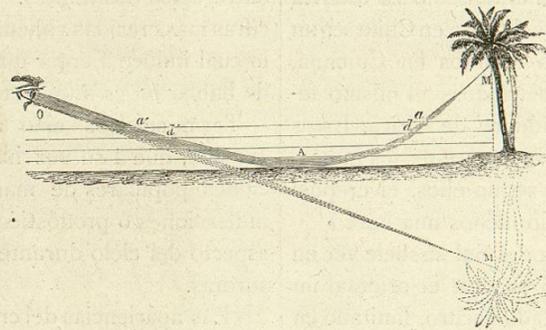


Fig. 199.—Explicación del espejismo

mósfera. El *espejismo* es un fenómeno que tiene la misma causa. Se le observa principalmente en la superficie de los arenales, cuando los rayos del Sol han caldeado fuertemente el suelo. El viajero que recorre esas abrasadas llanuras ve entonces los objetos que descuellan á bastante altura, reflejados como en una sábana líquida. La ilusión es tan grande, que los que por primera vez lo han presenciado, no pueden menos de creer que hay real y verdaderamente un lago en los límites del horizonte. Los soldados franceses de la expedición á Egipto se dejaron engañar más de una vez por tan falaz apariencia. Abrumados de cansancio y de sed, observaban cómo se iban alejando las orillas del suspirado lago á medida que ellos se acercaban, reproduciendopara aquellos infelices, en forma no menos desconsoladora, el suplicio de Tántalo. Monge, uno de los sabios que componían el Instituto de Egipto, fué el primero en dar una explicación completa del espejismo, el cual no se observa únicamente en los desiertos africanos.

En concepto de dicho físico, la teoría del espejismo es la siguiente.

Al llegar los rayos solares á la superficie del

arenal, lo calientan sobremanera, después de haber atravesado las capas de aire superpuestas sin elevar notablemente la temperatura, por ser muy débil el poder absorbente de los gases en proporción al de los cuerpos sólidos. Pero el calor del suelo se comunica por contacto á la capa de aire más baja y de ésta pasa sucesivamente á las que hay sobre ella. El aire dilatado propende á elevarse en virtud de su ligereza específica; pero si el suelo presenta una superficie de nivel casi horizontal y la atmósfera está tranquila, el equilibrio subsiste, y sólo se forman leves corrientes producidas por ciertas desigualdades en la dilatación de las diversas porciones de la capa de aire inferior. De aquí resulta que al medio día, las capas de aire se colocan de arriba abajo por orden de densidades decrecientes. Supongamos ahora que del punto M de un objeto remoto se dirige oblicuamente al suelo un haz luminoso (fig. 199). Al pasar de un medio más denso á una capa de aire enrarecida sufrirá una desviación alejándose de la vertical, de a á a' , desviación que irá en aumento á medida que encuentre capas cada vez menos refringentes, hasta que, cayendo en A sobre una capa con cuya superficie forma un ángulo igual

al ángulo límite, sufrirá la reflexión total. A partir de dicho punto, seguirá una marcha inversa, acercándose más y más á la vertical y llegando en O á la vista del observador, que vera entonces una imagen del punto M en M', punto de convergencia de los rayos que forman el haz. Aplicándose la misma marcha á todos los puntos del objeto,—en nuestro ejemplo es un árbol,—parecerá éste reflejado como en un espejo, y el observador verá su imagen al revés. El cielo se refleja del mismo modo, de lo cual resulta la apariencia brillante del suelo á cierta distancia del objeto, apariencia que hace creer que hay una sábana líquida al pié de éste.

También se presenta el fenómeno del espejismo en la superficie del mar, cuando la temperatura del agua es más elevada que la del aire, siendo su explicación la misma que la del espejismo en la superficie de la tierra. Cuando las capas de aire desigualmente caldeadas, en vez de estar separadas por superficies horizontales, lo están más ó menos oblicuamente, resulta el espejismo *lateral*, que se observa sobre todo en los países montañosos, ó en las inmediaciones de los edificios, en cuyo caso los objetos parecen reflejados como en un espejo vertical. También puede suceder, como se observa á veces en el mar, que la imagen del objeto, por ejemplo de un barco, se forme por cima de él. El hijo del célebre navegante y físico Scoresby ha sido testigo en los mares polares de este último fenómeno, al cual se da el nombre de espejismo *inverso*. Cierta día vió en el aire la imagen invertida de un buque en que iba su padre y del cual le había separado un temporal, y esta imagen era bastante detallada para que le fuese dable conocer el barco, por más que á la sazón estuviese enteramente oculto tras el horizonte. Para explicar este fenómeno, es preciso suponer que á cierta altura hubiese en la atmósfera capas de aire horizontales cuya densidad disminuyese rápidamente de abajo arriba.

III

EL ARCO-IRIS

De todos es sabido que el arco-iris aparece en el cielo enfrente del Sol, al través de las nubes que se resuelven en lluvia, y que unas ve-

ces es sencillo y otras le acompaña un arco exterior que por lo regular es ménos brillante que el primero. El *arco principal* ó *interior* forma una faja circular á lo ancho de la cual se ven todos los colores del espectro, desde el morado hasta el rojo, contándolos de dentro á fuera. El arco secundario, más ancho que el primero, presenta los mismos colores, pero en orden contrario, de suerte que el rojo está dentro, enfrente de igual color del arco principal.

Para formarnos idea de las condiciones que median para la formación de este fenómeno, vamos á examinar cuál es la marcha seguida por un rayo solar, cuando cae en la superficie de una gota esférica de lluvia. Al llegar el ra-

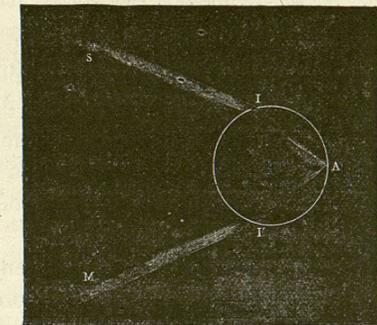


Fig. 200.—Marcha de los rayos eficaces en una gota de lluvia, después de una sola reflexión interior

yo luminoso á la superficie de la esfera, se refracta, se aproxima á la vertical en el punto de incidencia ó del rayo, y va por una cuerda del círculo máximo hácia cuyo plano le suponemos dirigido. Al encontrar la superficie interior de la esfera líquida, se divide, emerge en parte, y se refleja por la otra. Otro tanto sucede á cada uno de los encuentros del rayo reflejado, cuya intensidad va disminuyendo á medida que ocurren estas reflexiones sucesivas. Conociendo el ángulo de incidencia del rayo luminoso, se puede calcular el ángulo de emergencia del rayo que sale de la esfera líquida, después de una, de dos ó de varias reflexiones interiores.

Si en lugar de un solo rayo de luz consideramos un haz como SI, como los ángulos de incidencia de los rayos que componen el haz no son los mismos, los rayos emergentes saldrán por lo común de la esfera divergiendo, de suerte que al dispersarse por el espacio, no producirán ningún efecto en el ojo ni imagen alguna en la retina á una distancia un poco considera-