

## Mirando al cielo: fenómenos ópticos atmosféricos ( y II)

Nimbus

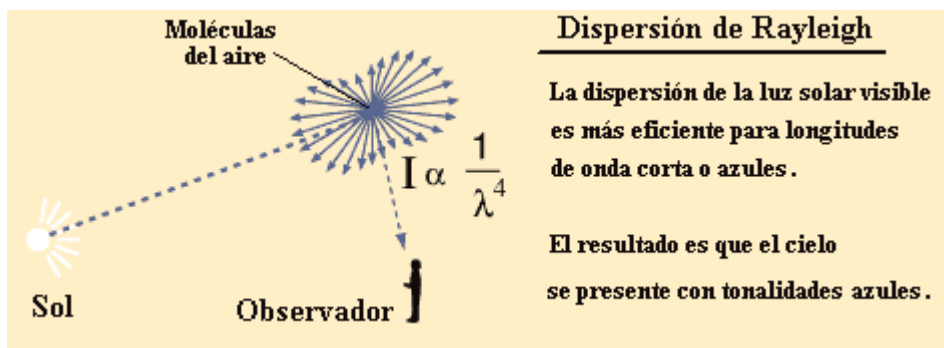
[temperie5d2001@yahoo.es](mailto:temperie5d2001@yahoo.es)

### Nota de la Redacción

Este artículo está íntimamente relacionado con el aparecido en el Número 2 de la RAM del mes de Junio del 2002. Recomendamos su lectura si no la realizó con anterioridad.

### 3.- El color azul del cielo: Dispersión de Rayleigh

Rayleigh (físico-matemático inglés) describió en 1881 que cuando la luz es dispersada por las pequeñas moléculas del aire, estas lo hacen de forma selectiva. La intensidad de luz dispersada por ellas es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda. O dicho de otro modo, el aire (limpio) dispersa de forma más eficiente las longitudes de onda azules que las infrarrojas. El resultado es que a un observador en la tierra, y fuera de la visión directa del sol, le llega más intensidad del espectro visible en la gama de los azules: el cielo, o mejor dicho, la atmósfera aparece como azul.



*Las moléculas de aire dispersan de forma más eficiente las ondas asociadas a los "azules". Consecuencia: el cielo toma tonalidades.*



*Cielo azul contrastando con una campo florido. El azulado es más intenso cuanto más limpio esté la atmósfera, por ejemplo, tras el paso de un frente frío.*

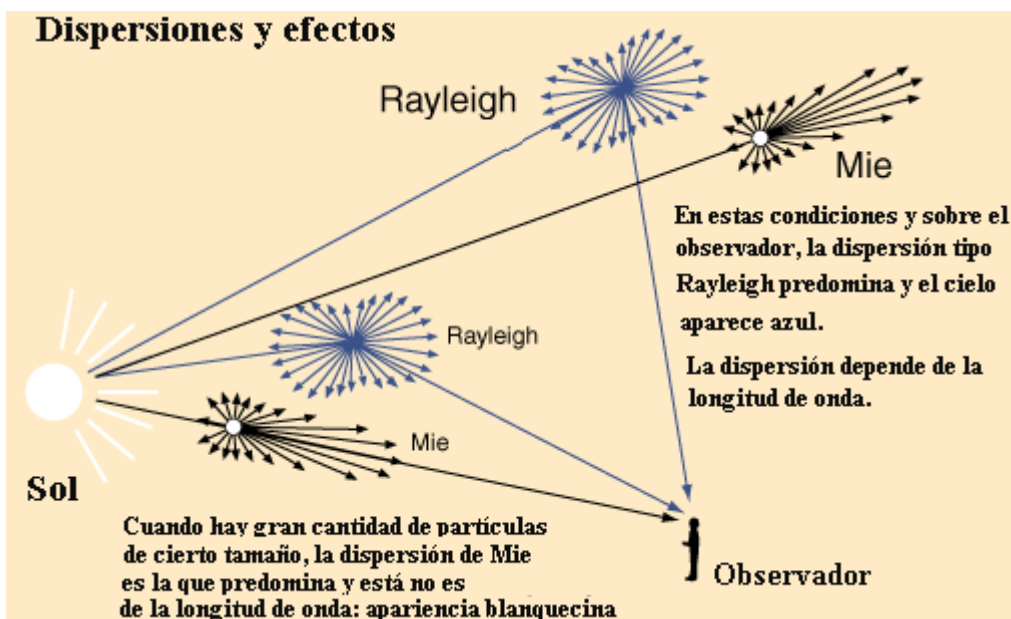
#### 4.- La "saturación" del cielo, su apariencia brillante y las nubes blancas: Dispersión de Mie

Desgraciadamente en la atmósfera existe gran cantidad de partículas en suspensión que poseen tamaños superiores a las longitudes de onda solares: aerosoles, gotitas de agua, polvo, partículas volcánicas, etc. Gustav Mie, físico alemán, descubrió en 1908, el efecto de dispersión que hoy en día lleva su nombre. **Para moléculas o partículas grandes la luz es dispersada, preferentemente, en la misma dirección de incidencia, de forma que, la molécula en suspensión tiende a dispersar la luz en la misma dirección en la que incide.** La dispersión de Mie no depende tanto de la longitud de onda incidente como en la de Rayleigh. Cuando observamos las nubes poco espesas, tipo niebla o neblina, vemos que estas son blancas y no azules, esto es, las partículas acuosas no dispersan la luz selectivamente. De la misma forma, las nubes en general dispersan de la misma y por igual la luz solar apareciendo como blancas.



*Cielo azul, contrastando con nubes cumuliformes muy blancas. La dispersión de Mie no es selectiva en este caso y la luz blanca solar es devuelta con toda su fuerza por nubes formadas por partículas de gotitas o cristalitas de hielo.*

Cuando el sol tiene suficiente altura en el horizonte, y sus haces en su trayectoria deben atravesar zonas con gran cantidad de gotitas de agua en suspensión (sin llegar a formar nubes) se observa como el horizonte se vuelve blanquecino (dispersión tipo Mie). Es muy común, en un día soleado mirar hacia el horizonte y encontrar un fondo blanquecino de fondo. A medida de elevamos nuestra vista, el cielo se hace azul. Estamos viendo los efectos asociados a la dispersión tipo Mie y , posteriormente a la de Rayleigh. Este efecto es muy acusado en las zonas marítimas donde la gran cantidad de gotitas en suspensión generan horizontes blanquecinos en una bóveda celeste. Lo mismo ocurre en los días en los que gran cantidad de gotitas de agua se interpone entre el sol y nosotros: el color del cielo deja de ser azulado, tomando la apariencia blanquecina.



*Las dispersiones de la luz solar de tipo Rayleigh y Mie coexisten en la atmósfera predominando una sobre la otra y viceversa, según los casos.*



*Cielo azul más arriba del horizonte (dispersión de Rayleigh) frente a cielo blanquecino y nubes blancas (dispersión de Mie).*

### **Dispersión de Mie para partículas grandes: erupciones volcánicas y fuegos**

Cuando el tamaño de las partículas en suspensión llega a ser muy apreciable (polvo del desierto, erupciones volcánicas, partículas de incendios forestales, etc. ), entonces éstas de nuevo actúan de forma selectiva y dispersan la luz solar de forma más eficiente en la zona del espectro del infrarrojo. Los atardeceres cercanos a zonas donde se ha inyectado estas sustancias en la atmósfera toman tonalidades amarillo-rojizo-anaranjadas.



*Dispersión de la luz solar en un incendio forestal. La dispersión de Mie es selectiva para las partículas grandes derivadas del incendio. En primer plano aparece la luz reflejada por las gotas de agua que caen del hidroavión, dispersión no selectiva de Mie.*



*Otro ejemplo pero para una erupción volcánica. Un pirocúmulo se ha formado en este evento con un color blanco diferenciado de la nube volcánica.*

## 5.- Inversiones térmicas y de humedad, variaciones del índice de refracción: espejismos inferior y superior

Sabemos que cuando la luz atraviesa medios de diferente índice de refracción el rayo experimenta variaciones en su trayectoria, dejando de ser recto y curva según los valores del índice de refracción de ambos medios. Normalmente podemos considerar a la atmósfera como una superposición de numerosas capas con variaciones pequeñas del índice de refracción. En estas condiciones y bajo una atmósfera estándar un rayo que saliera del suelo con una cierta elevación, digamos  $0.5^\circ$ , se curvaría hacia abajo con la distancia pero menos rápidamente que lo hace la curvatura de la tierra: el haz no interceptaría el suelo y en algún lugar y altura abandonaría la atmósfera

En determinadas ocasiones existen capas donde el índice de refracción varía notablemente de una a otra. Este hecho se produce cuando existen inversiones térmicas o cuando las capas inferiores de la atmósfera junto al suelo están muy recalentadas durante los meses cálidos. En ambos casos se producen los famosos espejismos: ciertas capas atmosféricas se comportan como verdaderos espejos reflejando objetos, superficies, etc apareciendo estructuras o imágenes muy singulares.

Espejismos inferiores. Este último caso lo tenemos, preferentemente, en los desiertos y en las horas de mucho calor cuando observamos que la carretera se comporta como un espejo. Las fuertes variaciones térmicas en capas bajas generan los espejismos inferiores.



***Espejismo inferior marítimo. Las propiedades ópticas de capas bajas favorece la aparición de objetos "directos" más allá del horizonte.***

Espejismos superiores. Cuando una inversión térmica acusada se encuentra sobre a cierta altura de la superficie de la tierra, podemos apreciar los espejismos superiores. En latitudes altas donde los mares son fríos y la capa de aire pegada a la superficie del mar es sobrevolada por otra más cálida, es posible ver este tipo de espejismos con frecuencia: la tierra, objetos y superficies se ven invertida respecto a su original y a una altura más elevado. Todo ocurre como si hubiese un espejo encima de nuestras cabezas invirtiendo todo lo que vemos. A veces, el objeto que genera la imagen invertida está por debajo de nuestro horizonte.



***Espejismo superior marítimo. Lo que vemos invertido es una imagen especular de lo que divisamos en el horizonte, pudiendo no divisarse la imagen real que genera el espejismo.***

## **6.- Atardeceres/amaneceres y espejismos**

Los efectos combinados de atardecer/amanecer con variaciones de las temperaturas o de humedad en capas bajas nos ofrecen situaciones donde los colores y formas cambian por momentos, llegando a dar espectáculos gratuitos y maravillosos en la atmósfera. Como muestra, la siguiente figura.



***Atardecer caprichoso***

En esta imagen, el perfil del sol se ve alterado caprichosamente por los efectos de la temperatura y humedad que en capas bajas existen entre el foco luminoso y el observador. El aspecto solar, supuestamente circular, se ve transformado singularmente. Los colores "cálidos" son típicos de un sol que diariamente aparece o desaparece por el horizonte. Un incipiente rayo verde corona al astro rey acentuando la hermosura de la imagen.

## 7.- Rayos crepusculares

Cuando observamos los carriles o las vías del tren en un terreno llano apreciamos en la lejanía como se confunden en un punto. Las vías paralelas dejan de serlo por un efecto óptico. Este mismo fenómeno se puede observar cuando el sol esta bajo en el horizonte y unas nubes se interponen entre el observador y sol. Todo ocurre como si existiera un **foco luminoso puntual** justamente detrás de la nube. La lejanía del sol (en el horizonte lejano) hace que los rayos solares los veamos como saliendo y divergiendo de la nube.



*Rayos crepusculares. Los rayos parecen divergir desde un punto de detrás de la nube.*



*Rayos crepusculares y nubes tipo mammatus en primer plano*

Los rayos crepusculares se pueden combinar con atardeceres cálidos, dando lugar a espectáculos hermosísimos en la naturaleza. Como ejemplo tenemos la anterior imagen.

## Referencias

Los temas y figuras de óptica se han adaptado de HyperPhysics  
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/ligcon.html#c1>

Otras figuras han sido bajadas de Internet

**Si posees fotos de buena calidad sobre fenómenos ópticos atmosféricos envíanosla, comenta la tú o si quieres la trataremos de comentarla contigo** en la RAM. Describe donde la tomaste, lugar, hora, etc..

---

[ram@meteored.com](mailto:ram@meteored.com)