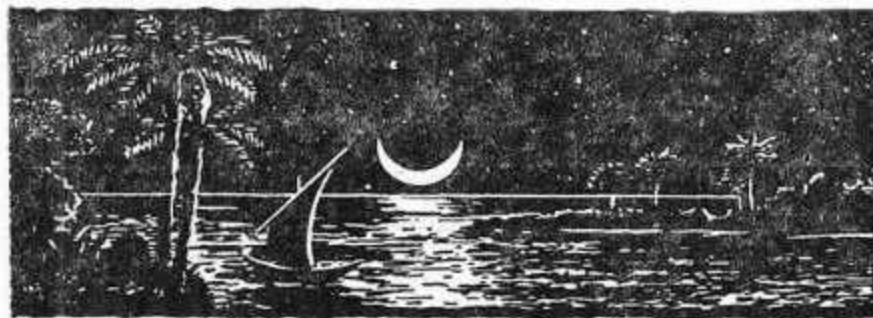


## Capítulo Segundo



## LA LUNA Y SUS MOVIMIENTOS

*Contenido*

[¿Cuarto creciente o cuarto menguante?](#)

[La Luna en las banderas](#)

[Los enigmas de las fases de la Luna](#)

[Planeta doble](#)

[Por qué la Luna no cae sobre el Sol](#)

[El lado visible y el lado invisible de la Luna](#)

[La segunda Luna y la Luna de la Luna](#)

[Por qué la Luna no tiene atmósfera](#)

[Las dimensiones del mundo lunar](#)

[Paisajes lunares](#)

[El cielo de la Luna](#)

[Para qué observan los astrónomos los eclipses](#)

[Por qué los eclipses se repiten cada 18 años](#)

[¿Es posible?](#)

[Lo que no todos saben acerca de los eclipses](#)

[¿Cuál es el clima de la Luna?](#)

\* \* \*

### **¿Cuarto creciente o cuarto menguante?**

Pocos son los que viendo en el cielo el disco incompleto de la Luna pueden decir sin equivocarse si la Luna está en creciente o en menguante.

La fina hoz de la Luna nacida de unos días y la hoz de la "Luna vieja" se distinguen solamente porque tienen la convexidad dirigida en sentido contrario. En el hemisferio Norte la Luna creciente está siempre con la convexidad dirigida hacia la derecha y la menguante hacia la izquierda. ¿Cómo recordar fácilmente y sin error hacia dónde mira cada Luna?

En ruso, en francés y en otras lenguas existen diferentes artificios mnemotécnicos que se basan en el parecido de la hoz o de la media luna con letras -P y C, p y d- iniciales de palabras que claramente indican si la Luna está en cuarto creciente o en cuarto menguante (figura 30).

Para los que en el hemisferio Norte hablan español, las hoces de la Luna pueden representar una C o una D, iniciales de creciente y de decreciente. Ahora bien, nosotros hemos de tomar estas letras con significado contrario, es decir, que cuando la Luna tiene la forma de C, inicial de creciente; está en menguante; y cuando tiene la forma de una D, inicial de decreciente, está en creciente. (También podemos servirnos al efecto del conocido dicho: "Luna creciente, cuernos a Oriente".)

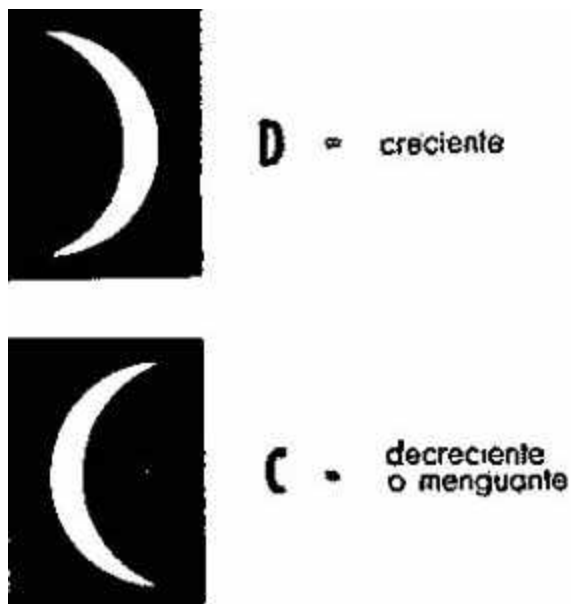


Figura 30. Procedimiento sencillo para distinguir el cuarto creciente del cuarto menguante en el hemisferio Norte

En el hemisferio Sur, en cambio, la correspondencia entre las iniciales C y D y el cuarto de la Luna es perfecta, pues el observador de ese hemisferio ve siempre a nuestro satélite en posición invertida con respecto al observador del hemisferio Norte.

Por otra parte, todos estos signos mnemotécnicos vienen a resultar inaplicables en las latitudes muy bajas. Ya en Crimea y en Transcaucasia la hoz y la media luna se inclinan fuertemente hacia un lado, y más al Sur aún, están completamente acostadas. Cerca del Ecuador, la hoz de la Luna, colgada sobre el horizonte, parece una góndola columpiándose sobre las olas (la "barca de la Luna" de los cuentos árabes) o un arco brillante. Aquí no sirven signos de ninguna clase; con el arco acostado se puede formar indiferentemente una y otra letra: C y D, p y d. No en vano en la antigua Roma llamaban "engañosa" (*Luna fallax*) a la Luna inclinada.

Para no equivocarse tampoco en este caso en la fase de la Luna, es necesario valerse de signos astronómicos: la Luna creciente es visible de noche en la parte occidental del cielo; la Luna menguante se ve de mañana en la parte oriental del cielo.

[Volver](#)

## La Luna en las banderas

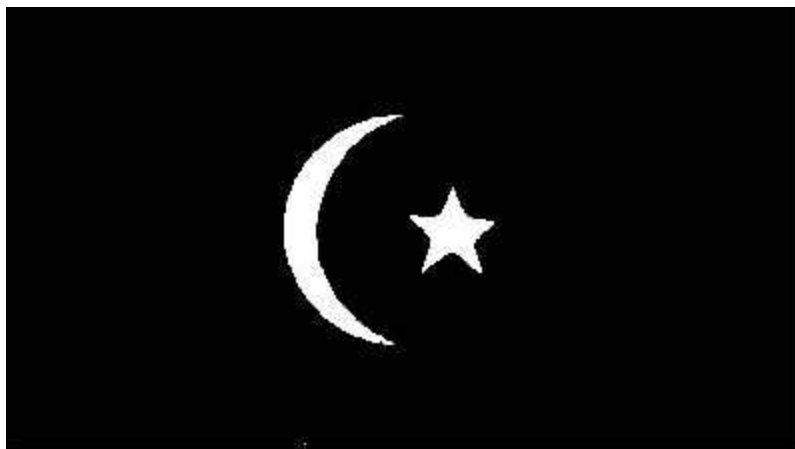
### Problema

En la figura 31 vemos la antigua bandera de Turquía. En ella están representadas la hoz de la Luna y una estrella. Esto nos sugiere los siguientes problemas:

1. ¿La hoz de qué Luna está representada en la bandera de la creciente o de la menguante?
2. ¿Pueden observarse la hoz de la Luna y la estrella en el cielo según aparecen representadas en la bandera?

### Solución

1. Recordando los signos mnemotécnicos antes indicados y teniendo en cuenta que la bandera pertenece a un país del hemisferio Norte, podemos decir que la Luna de la bandera es menguante.



*Figura 31. La antigua bandera de Turquía*

2. La estrella no puede ser vista dentro del círculo que resulta prolongando la hoz de la Luna hasta cerrar la circunferencia (figura 32a).



*a)*



*b)*

*Figura 32. El por qué la estrella no puede ser vista en los cuernos de la luna*

Todos los astros del cielo están mucho más lejos que la Luna y, por consiguiente, o quedan ocultos por ella, o sólo pueden ser vistos fuera de los límites de la parte no iluminada de la Luna, como se indica en la figura 32b.

Es de señalar que en la bandera actual de Turquía, que contiene también la representación de la hoz de la Luna y una estrella, la estrella está separada de la hoz como se muestra en la figura 32b.

[Volver](#)

### **Los enigmas de las fases de la Luna**

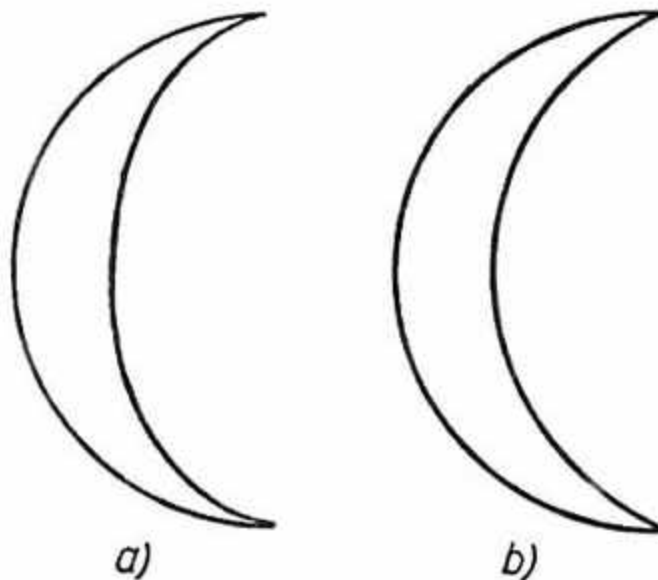
La Luna recibe su luz del Sol, y por esta razón el lado convexo de la hoz de la Luna debe estar dirigido hacia el Sol. Los artistas se olvidan muy a menudo de esto.

En las exposiciones de cuadros no es raro ver paisajes con la media luna dirigiendo hacia el Sol su lado recto; también se encuentra a veces la hoz de la Luna con sus cuernos dirigidos hacia el Sol (figura 33).



*Figura 33. ¿Cuál es el error astronómico cometido por el pintor en este paisaje? (Respuesta en el texto)*

Es necesario observar, por otra parte, que dibujar correctamente la Luna creciente no es tan sencillo como parece.

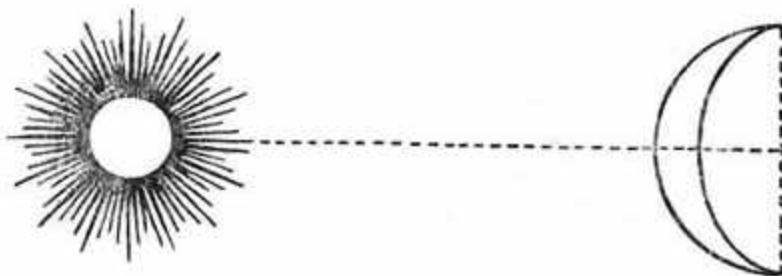


*Figura 34. Cómo se debe a) y cómo no se debe b) representar la hoz de la Luna*

Incluso artistas experimentados dibujan los arcos exterior e interior de la hoz de la Luna en forma de semicírculo (figura 34 b) Sin embargo, solamente el arco exterior tiene forma

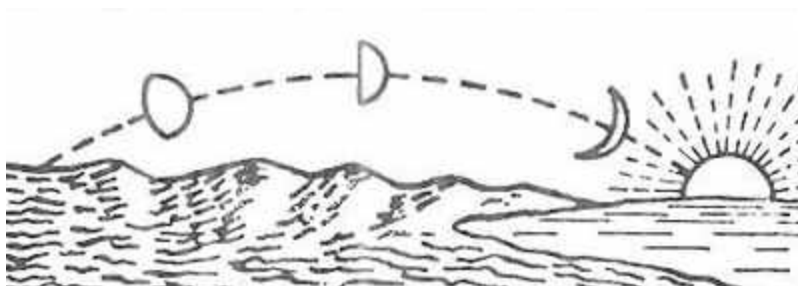
semicircular; el arco interior es una semielipse, porque es un semicírculo (límite de la parte iluminada) visto en perspectiva (figura 34 a).

No es fácil tampoco dar a la hoz de la Luna una posición correcta en el cielo. Es frecuente situar la media luna y la hoz de la Luna en forma bastante discordante con relación al Sol. Parece que, como la Luna es iluminada por el Sol, la línea recta que une los extremos de la Luna debería formar un ángulo recto con el rayo que va del Sol a su punto medio (figura 35 ). En otras palabras, el centro del Sol debe encontrarse en la perpendicular trazada por el punto medio de la recta que une los extremos de la Luna. Sin embargo, esto es correcto sólo para una hoz estrecha.



*Figura 35. Posición de la hoz de la Luna con respecto al Sol*

En la figura 36 se muestran las posiciones de la Luna en distintas fases con relación a los rayos del Sol. Da la impresión de que los rayos del Sol se curvan antes de alcanzar a la Luna.



*Figura 36. Posiciones con respecto al Sol en que vemos la Luna en sus distintas fases*

La clave del enigma se reduce a lo siguiente: el rayo que va del Sol a la Luna es en realidad perpendicular a la línea que une los extremos de la Luna y constituye en el espacio una línea recta. Pero nuestro ojo dibuja en el cielo, no esta recta, sino su proyección en la bóveda celeste cóncava, es decir, una línea curva. He ahí por qué nos parece que la Luna está "incorrectamente colgada" en el cielo. El artista debe aprender estas particularidades y saber trasladarlas a la tela.

[Volver](#)

### **Planeta doble**

La Tierra y la Luna forman un planeta doble. Tienen derecho a esta denominación porque nuestro satélite se distingue de los satélites de los demás planetas por su magnitud y por su masa, notables con relación a su planeta central.

En el sistema solar existen satélites más grandes y más pesados en valor absoluto, pero, en comparación con su planeta central, lo son mucho menos que nuestra Luna con relación a la Tierra.

En efecto, el diámetro de nuestra Luna es mayor que un cuarto del terrestre, mientras que el diámetro del más grande de los satélites de otros planetas es sólo la décima parte del diámetro de su planeta. (Tritón, satélite de Neptuno.) Además, la masa de la Luna

constituye 1/81 de la masa de la Tierra, en tanto que el más pesado de los satélites que se encuentran en el sistema solar, el satélite III de Júpiter, tiene menos de una diezmilésima parte de la masa de su planeta central.

La tabla siguiente muestra la proporción de la masa de los grandes satélites con respecto a su planeta central.

Planeta	Satélite	Masa (en proporción a la masa del planeta)
Tierra	Luna	0.01230
Júpiter	Ganímedes	0.00008
Saturno	Titán	0.00021
Urano	Titania	0.00003
Neptuno	Tritón	0.00129

De la comparación resulta que nuestra Luna, por su masa, tiene la proporción más elevada con respecto a su planeta central.

Lo que en tercer lugar da al sistema Tierra-Luna derecho a pretender la denominación de planeta doble, es la gran proximidad de ambos cuerpos celestes. Muchos satélites de otros planetas giran a distancias mucho mayores: algunos satélites de Júpiter (por ejemplo, el noveno, figura 37) giran 65 veces más lejos.



Figura 37. El sistema Tierra-Luna comparado con el sistema de Júpiter. (Las dimensiones de los cuerpos celestes están indicadas sin guardar escala)

A esto se debe el hecho interesante de que la trayectoria descrita por la Luna alrededor del Sol sea muy poco distinta de la que sigue la Tierra. Esto puede parecer inverosímil, si se recuerda que la Luna se mueve alrededor de la Tierra a una distancia de casi 400 000 km. No olvidemos, sin embargo, que mientras la Luna da una vuelta alrededor de la Tierra, la Tierra misma ha tenido tiempo de trasladarse con ella aproximadamente 1/13 de su trayecto anual, es decir, 70.000.000 de kilómetros.

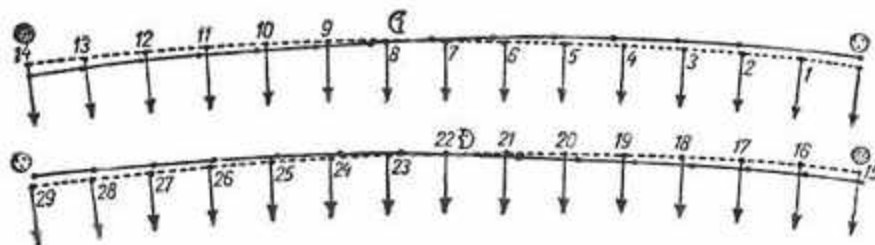


Figura 38. El recorrido mensual de la Luna (línea continua) y de la Tierra (punteada) alrededor del Sol

Imagínese la trayectoria circular de la Luna, 2.500.000 kilómetros, extendida a lo largo de una distancia 30 veces mayor. ¿Qué queda de su forma singular? Nada. He aquí por qué el camino de la Luna alrededor del Sol casi se confunde con la órbita de la Tierra, de la que

sólo diverge por 13 convexidades apenas observables. Se puede demostrar con un cálculo sencillo (que no hacemos aquí para no recargar la exposición) que esta trayectoria de la Luna tiene dirigida hacia el Sol su, concavidad. Se podría decir que, a grandes rasgos, se parece a un polígono de trece lados con ángulos ligeramente redondeados.

En la figura 38 se ve una representación precisa de las trayectorias de la Tierra y de la Luna a lo largo de un mes. La línea punteada es la trayectoria de la Tierra, y la línea continua, la de la Luna. Están tan cerca una de otra, que para representarlas separadas fue necesario hacer un dibujo a una escala muy grande: el diámetro de la órbita de la Tierra es en él igual a 1/2 m. Si se tomara un diámetro de 10 cm, la mayor separación en el dibujo entre ambas trayectorias sería entonces menor que el espesor de la línea que las representa. Observando este dibujo, uno se convence de que la Tierra y la Luna se mueven alrededor del Sol casi en la misma trayectoria y de que la denominación de "planeta doble" que les otorgaron los astrónomos es totalmente legítima.<sup>1</sup>

[Volver](#)

### Por qué la luna no cae sobre el sol

La pregunta puede parecer ingenua. ¿En virtud de qué habría de caer la Luna sobre el Sol? Pues si la Tierra la atrae más fuertemente que el lejano Sol, la obliga, naturalmente, a girar alrededor de ella.

Los lectores que piensan así se sorprenderán al saber que ocurre precisamente lo contrario: la Luna es atraída con más fuerza por el Sol que por la Tierra.

Que esto es así lo demuestra el cálculo. Comparemos las fuerzas de atracción que sobre la Luna ejercen el Sol y la Tierra. Ambas fuerzas dependen de dos factores: de la magnitud de la masa que atrae y de la distancia de esta masa a la Luna. La masa del Sol es 330 000 veces mayor que la masa de la Tierra, y con tantas veces más fuerza que la Tierra atraería a la Luna si la distancia de la Luna fuera para ambos la misma. Pero el Sol se encuentra aproximadamente 400 veces más lejos de la Luna que la Tierra. La fuerza de atracción disminuye proporcionalmente al cuadrado de la distancia; por esto, la atracción del Sol debe disminuir en 400<sup>2</sup>, es decir, en 160 000 veces. Lo cual significa que la atracción del Sol es mayor que la terrestre en

$$\frac{330.000}{160.000}$$

es decir, en poco más de dos veces.

La Luna, pues, es atraída por el Sol con una fuerza dos veces mayor que por la Tierra. ¿Por qué entonces la Luna no se precipita sobre el Sol? ¿Por qué la Tierra obliga a la Luna a girar alrededor de ella y no predomina la acción del Sol?

La Luna no cae en el Sol por la misma razón por la cual no cae en él la Tierra. La Luna gira alrededor del Sol junto con la Tierra, y la acción gravitacional del Sol se consume toda en llevar constantemente a ambos cuerpos de una trayectoria recta a una órbita circular, es decir, en transformar el movimiento lineal recto en lineal curvo. Basta echar una mirada a la figura 38 para convencerse de lo dicho.

Quizás a algunos lectores les quede alguna duda, ¿Como sucede esto? La Tierra atrae a la Luna y el Sol atrae a la Luna con fuerza mayor, pero la Luna, en vez de caer en el Sol, gira alrededor de la Tierra. Esto sería efectivamente extraño si el Sol atrajera solamente a la

---

<sup>1</sup> Mirando atentamente el dibujo, se puede observar que el movimiento de la Luna representado en él no es exactamente uniforme. Así es en la realidad. La Luna se mueve alrededor de la Tierra por una elipse en uno de cuyos focos se encuentra la Tierra, y por esta razón, de acuerdo con la segunda ley de Kepler, en las partes próximas a la Tierra se mueve más rápidamente que en las partes alejadas. La excentricidad de la órbita de la Luna es bastante elevada: 0.055.

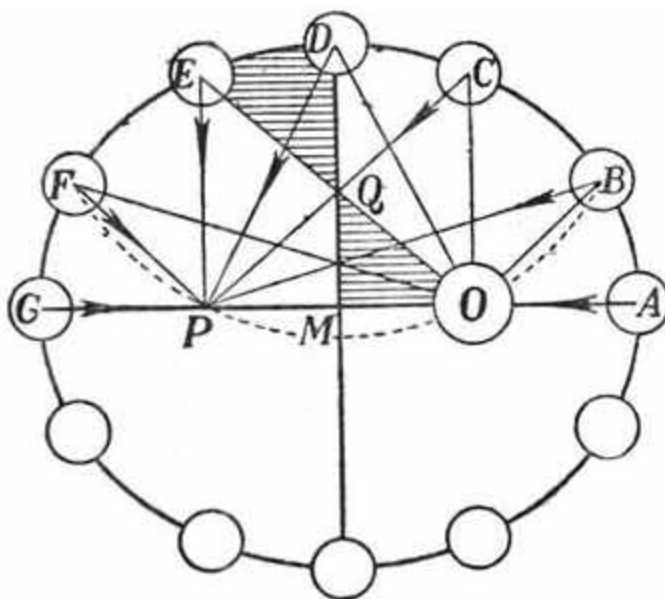
Luna; pero él atrae a la Luna junto con la Tierra, a todo el "planeta doble", y podemos decir que no se entromete en las relaciones internas de los miembros de esta pareja. Hablando con rigor, el Sol atrae al centro común de gravedad del sistema Tierra-Luna; este centro (llamado "baricentro") gira también alrededor del Sol bajo la influencia de la atracción solar. Se encuentra a una distancia de  $2/3$  de radio terrestre del centro de la Tierra, en dirección a la Luna. La Luna y el centro de la Tierra giran alrededor del baricentro completando una vuelta en el correr de un mes.

[Volver](#)

### El lado visible y el lado invisible de la luna

Entre los efectos proporcionados por el estereoscopio, ninguno es tan llamativo como el aspecto de la Luna. Con el estereoscopio uno ve con sus propios ojos que la Luna es realmente esférica, mientras que mirándola directamente parece plana como un plato. Pero muchos ni siquiera sospechan cuán difícil es obtener una fotografía estereoscópica de nuestro satélite. Para lograrla es necesario conocer muy bien las particularidades de los caprichosos movimientos del astro nocturno.

El problema consiste en que la Luna da vueltas alrededor de la Tierra de tal modo que la parte dirigida hacia nuestro planeta es siempre la misma. Mientras gira alrededor de la Tierra, la Luna gira al mismo tiempo alrededor de su eje, y ambos movimientos se completan en el mismo espacio de tiempo.



*Figura 39. Como se mueve la Luna en su órbita alrededor de la Tierra (Detalles en el texto)*

En la figura 39 se ve una elipse que representa la órbita de la Luna. El dibujo exagera intencionadamente el estiramiento de la elipse lunar; en realidad, la excentricidad de la órbita de la Luna es de 0.055 ó  $1/18$ . Representar exactamente en un pequeño dibujo la órbita de la Luna de manera que a simple vista se distinga de un círculo, es imposible: dando al semieje mayor una magnitud incluso de 1 m, el semieje menor sería más corto que él solamente en 1.5 mm; la Tierra estaría del centro solamente 5.5 cm. Para que resulte más fácil entender la explicación que sigue, en el dibujo se ha representado una elipse más estirada.

Imagínese, pues, que la elipse de la figura 39 es la trayectoria de la Luna alrededor de la Tierra. La Tierra está situada en el punto O, en uno de los focos de la elipse. Las leyes de



Kepler no se refieren solamente al movimiento de los planetas alrededor del Sol, sino también al movimiento de los satélites alrededor de los planetas centrales, en particular al de revolución de la Luna. De acuerdo con la segunda ley de Kepler, la Luna, en un cuarto de mes, recorre un camino AE tal que la superficie OABCDE es igual a un cuarto de la superficie de la elipse, es decir, a la superficie MABCD (la igualdad de las superficies OAE y MAD de nuestro dibujo se confirma por la igualdad aproximada de las superficies MOQ y EQD). Así, en un cuarto de mes la Luna recorre el camino que va de A a E. La rotación de la Luna (como en general la rotación de los planetas, a diferencia de su revolución alrededor del Sol) se produce de manera uniforme: en un cuarto de mes gira exactamente  $90^\circ$ . Por esto, cuando la Luna se encuentra en E, el radio de la Luna dirigido hacia la Tierra en el punto A habrá descrito un arco de  $90^\circ$  y estará dirigido no hacia el punto M, sino hacia algún otro punto a la izquierda de M, no lejos del otro foco P de la órbita de la Luna. Si bien por la izquierda la Luna oculta entonces un poco su cara al observador terrestre, éste puede ver por el lado derecho una estrecha franja antes no visible de su otra mitad. En el punto F, la Luna muestra ya al observador terrestre una franja más estrecha de su lado habitualmente invisible, porque el ángulo OFP es menor que el ángulo OEP. En el punto G, en el "apogeo" de la órbita, la Luna ocupa la misma posición con relación a la Tierra que en el "perigeo" A. En sus movimientos posteriores, la Luna se vuelve respecto a la Tierra en sentido contrario, y muestra a nuestro planeta otra estrecha franja de su lado invisible; esta franja al principio se ensancha, luego se reduce, y, en el punto A, la Luna vuelve a ocupar la posición anterior. Vemos así que, a consecuencia de la forma elíptica de su órbita, nuestro satélite no tiene siempre dirigida hacia la Tierra exactamente la misma mitad. La Luna tiene invariablemente dirigida la misma cara, no hacia la Tierra, sino hacia el otro foco de su órbita. Para nosotros la Luna oscila alrededor de su posición media en forma semejante a una balanza, y de ahí la denominación astronómica de "libración", de la palabra latina "libra", que significa balanza, para este balanceo. La magnitud de la libración en cada punto se mide por el ángulo correspondiente; por ejemplo, en el punto E, la libración es igual al ángulo OEM. El valor máximo de la libración es de  $7^\circ 53'$ , es decir, casi  $8^\circ$ .

Es interesante observar cómo crece y disminuye el ángulo de libración con el desplazamiento de la Luna por su órbita. Pongamos en D la punta de un compás y tracemos un arco que pase por los focos O y P. Este arco corta la órbita en los puntos B y F. Los ángulos OBP y OFP, por ser inscritos, son iguales a la mitad del ángulo central ODP. De donde deducimos que, durante el movimiento de la Luna de A a D, la libración crece al principio rápidamente, en el punto B alcanza la mitad del máximo y, después, continúa creciendo lentamente; en el camino de D a F la libración disminuye, al principio lentamente, luego rápidamente. En la segunda mitad de la elipse, la libración cambia de magnitud con el mismo ritmo, pero en sentido inverso. (El valor de la libración en cada punto de la órbita es aproximadamente proporcional a la distancia de la Luna al eje mayor de la elipse.)

El balanceo de la Luna que acabamos de examinar se llama libración en longitud. Nuestro satélite está sujeto también a otra libración en latitud. El plano de la órbita de la Luna está inclinado sobre el plano del Ecuador de la Luna  $6\frac{1}{2}^\circ$ . Por esto vemos la Luna en unos casos un poco desde el Sur y en otros desde el Norte, y podemos observar un poco la mitad "invisible" de la Luna más allá de sus polos. Esta libración en latitud alcanza  $6\frac{1}{2}^\circ$ .

Expliquemos ahora cómo aprovecha el astrónomo el suave balanceo de la Luna alrededor de su posición media para obtener fotografías estereoscópicas.

El lector se da cuenta seguramente de que para esto es necesario elegir dos posiciones de la Luna tales que en una de ellas presente un giro con relación a la otra suficientemente grande.<sup>1</sup>

En los puntos A y B, B y C, C y D, etc., la Luna ocupa posiciones tan distintas con relación a la Tierra que son posibles las fotografías estereoscópicas. Pero aquí tenemos una nueva complicación: en estas posiciones la diferencia de edad de la Luna (de  $1\frac{1}{2}$  a 2 días) es demasiado grande, tanto que la franja de la superficie de la Luna próxima al círculo iluminado sale ya de la sombra. Esto es inadmisibles para las fotografías estereoscópicas (esa

franja brillaría como si fuera de plata). Surge un difícil problema: encontrar dos fases iguales de la Luna con una diferencia de libración (en longitud) tan pequeña, que el borde del círculo iluminado pase por los mismos puntos de la superficie lunar. Pero tampoco esto es suficiente; en ambas posiciones debe ser además igual la libración en latitud<sup>2</sup>.

Ya ve usted lo difícil que es obtener buenas estereofotografías de la Luna, y no se sorprenda al saber que a menudo una fotografía de un par estereoscópico se hace unos años después de la otra.

Nuestros lectores quizá no piensen hacer estereofotografías de la Luna. El procedimiento para obtenerlas está explicado aquí, naturalmente, no con una finalidad práctica, sino sólo para mostrar a propósito de él las particularidades del movimiento de la Luna que dan a los astrónomos la posibilidad de ver una franja no muy grande del lado de nuestro satélite normalmente invisible. Gracias a ambas libraciones de la Luna, vemos en total, no la mitad de su superficie, sino el 59% de ella. Completamente inaccesible a nuestra vista queda el 41%. Cómo está constituida esta parte de la superficie de la Luna, nadie lo sabe; a lo sumo puede suponerse que no es esencialmente distinta de la parte visible<sup>3</sup>.

Se han hecho ingeniosos ensayos, prolongando hacia atrás las cordilleras y las franjas iluminadas de la Luna que salen de la parte invisible a la parte visible, para bosquejar, con carácter de conjeturas, algunos detalles de la mitad que nos es inaccesible. Probar semejantes conjeturas, por ahora, es imposible. Decimos por ahora, y no sin fundamento, pues hace tiempo ya que se estudian procedimientos para volar alrededor de la Luna en algún aparato que sea capaz de superar la atracción de la Tierra y desplazarse en el espacio interplanetario (ver mi libro Viajes interplanetarios). De la realización de esta audaz empresa ya no estamos muy lejos. Por el momento se sabe una cosa: la existencia tantas veces planteada de atmósfera y agua en el lado invisible de la Luna carece totalmente de fundamento y contradice las leyes de la física; si no hay atmósfera y agua en un lado de la Luna, no puede haberlas tampoco en el otro lado. Sobre este problema aún volveremos.

[Volver](#)

## La segunda Luna y la Luna de la Luna

En la prensa aparecen de vez en cuando informaciones de que un observador u otro consiguió ver un segundo satélite de la Tierra, su segunda Luna. Aunque semejantes noticias nunca han tenido confirmación, es interesante, sin embargo, detenerse en este tema.

El problema de la existencia de un segundo satélite de la Tierra no es nuevo. Tiene tras sí una larga historia. Quien haya leído la novela de Julio Verne Alrededor de la Luna, recordará seguramente que en ella ya se menciona la segunda Luna. Es una Luna tan pequeña y su velocidad es tan grande, que los habitantes de la Tierra no pueden observarla. El astrónomo francés Petit, dice Julio Verne, sospechó su existencia y fijó su período de revolución alrededor de la Tierra en 3 horas 20 minutos. Su distancia a la superficie de la Tierra es igual a 8.140 km. Es interesante señalar que la revista inglesa Science, en un artículo sobre la astronomía de Julio Verne, considera esta referencia a la segunda Luna y al mismo Petit como una invención. En realidad, en ninguna enciclopedia se menciona a este astrónomo. Y, sin embargo, la información del novelista no es inventada. El director del observatorio de Tolosa, Petit, alrededor del año 50 del siglo pasado, sostuvo en efecto la existencia de una segunda Luna, meteorito con un período de revolución de 3 horas 30 minutos, que se movía no a 8.000, sino a 5.000 km de la superficie de la Tierra. Esta opinión, compartida entonces sólo por unos pocos astrónomos, fue después totalmente olvidada.

Teóricamente, en la admisión de la existencia de un segundo satélite de la Tierra muy pequeño no hay nada anticientífico. Pero un cuerpo celeste semejante debería observarse, y

---

<sup>2</sup> Para obtener fotografías estereoscópicas basta que la Luna presente un giro de 1°. (Más detalles de esto se pueden ver en mi Física recreativa.)

<sup>3</sup> Conviene recordar que este libro fue escrito mucho antes de que fueran lanzados los cohetes lunares soviéticos, uno de los cuales fotografió la cara desconocida de la Luna. (N. R.)

no sólo en los raros momentos en que pasara (de manera aparente) por el disco de la Luna o del Sol.

Incluso si girará tan cerca de la Tierra que debiera en cada vuelta sumergirse en la ancha sombra de nuestro planeta, también en este caso sería posible verlo en el cielo matutino y vespertino como una estrella brillante, por efecto de los rayos del Sol. El rápido movimiento y la frecuente aparición de esta estrella llamarían la atención de muchos observadores. En los momentos de eclipse total de Sol, la segunda Luna tampoco escaparía a la observación de los astrónomos.

Resumiendo: si la Tierra en realidad poseyera un segundo satélite, se le podría observar bastante a menudo. Sin embargo, observación fidedigna no ha habido ninguna.

Junto con el problema de la segunda Luna, se plantea también el problema de si nuestra Luna no tiene a su vez su pequeño satélite, la "Luna de la Luna".

Pero asegurarse directamente de la existencia de semejante satélite de la Luna es muy difícil. El astrónomo Malton dice sobre esto lo siguiente:

*"Cuando la Luna brilla al máximo, su luz o la luz del Sol no permiten distinguir un cuerpo muy pequeño en su vecindad. Sólo en los eclipses de Luna el satélite de ésta podría ser iluminado por el Sol, ya que entonces las partes cercanas del cielo estarían libres de la influencia de la luz difusa de la Luna. Así, pues, sólo durante los eclipses lunares sería posible esperar descubrir un cuerpo pequeño que girara alrededor de la Luna. Tales investigaciones ya se han efectuado, pero no han dado resultados positivos."*

[Volver](#)

### Por que la luna no tiene atmósfera

Este problema es de esos que se aclaran mejor si primeramente se les invierte. Antes de hablar de por qué la Luna no tiene a su alrededor una atmósfera, planteémonos esta pregunta: ¿por qué se mantiene la atmósfera alrededor de nuestro propio planeta?

Recordemos que el aire, como todo gas, está constituido por un caos de moléculas libres que se mueven impetuosamente en distintas direcciones. Su velocidad media, a 0°, es de cerca de ½ km por segundo (la velocidad inicial de una bala de fusil). ¿Por qué no se dispersan esas moléculas en el espacio? Por la misma razón por la cual tampoco se escapa al espacio una bala de fusil. Habiendo agotado la energía de su movimiento en vencer la fuerza de la gravedad, las moléculas caen de nuevo hacia la Tierra. Imagínese el lector una molécula que cerca de la superficie terrestre vuele verticalmente hacia arriba con una velocidad de ½ km por segundo. ¿Hasta qué altura puede llegar? Es fácil calcularlo; la velocidad  $v$ , la altura  $h$  del ascenso  $v$  la aceleración  $g$  de la fuerza de la gravedad, están relacionadas por la fórmula siguiente:

$$v^2 = 2gh$$

Sustituyamos  $v$  por su valor 500 m/s, y  $g$  por  $-10 \text{ m/s}^2$ ; tenemos

$$250\,000 = 20\, h,$$

de donde

$$h = 12.500 \text{ m} = 12\frac{1}{2} \text{ km}.$$

Pero si las moléculas de aire no pueden volar más alto de  $12\frac{1}{2} \text{ km}$ , ¿cómo puede haber moléculas de aire a una altura mayor?

El oxígeno que entra en la composición de nuestra atmósfera se forma cerca de la superficie terrestre (del gas carbónico, gracias a la actividad de las plantas). ¿Qué fuerza lo eleva y

mantiene a una altura de 500 y más kilómetros, donde ha sido comprobada en forma indudable la presencia de trazas de aire?

La física nos da aquí la misma respuesta que nos daría la estadística si le preguntáramos : "La duración media de la vida humana es de 40 años, ¿cómo, pues, hay personas de 80 años?" Todo se reduce a que el cálculo efectuado por nosotros se refiere a una molécula promedio y no a una molécula real. La molécula promedio posee una velocidad de  $\frac{1}{2}$  km por segundo, pero las moléculas reales se mueven unas más lentamente y otras más rápidamente que la molécula promedio. Es cierto que el porcentaje de moléculas cuya velocidad se aparta visiblemente de la promedio no es muy grande y que disminuye rápidamente con el crecimiento de la magnitud de esta desviación. De las moléculas contenidas en un volumen dado de oxígeno a  $0^\circ$ , sólo el 20% posee una velocidad de 400 a 500 m/s. Aproximadamente, otras tantas moléculas se mueven con la velocidad de 300 a 400 m/s, un 17% con una velocidad de 200 a 300 m/s, un 9% con la velocidad de 600 a 700 m/s, un 8% con la velocidad de 700 a 800 m/s y un 1 % con la velocidad de 1 300 a 1 400 m/s.

Una pequeña parte (menos de una millonésima) de las moléculas tiene una velocidad de 3.500 m/s, y esta velocidad es suficiente para que las moléculas puedan alcanzar una altura de 600 km.

En efecto,

$$3\,500^2 = 20\,h$$

de donde

$$h = \frac{12.250.000}{20} = 612.500$$

es decir, más de 600 km.

Resulta así comprensible la presencia de trazas de oxígeno a cientos de kilómetros de altura de la superficie terrestre, pues, como vemos, es consecuencia de las propiedades físicas de los gases. Las moléculas de oxígeno, de nitrógeno, de vapor de agua, de gas carbónico, no poseen, sin embargo, velocidades que les permitan escapar definitivamente de la esfera terrestre. Para eso sería necesaria una velocidad no menor de 11 km por segundo, y semejantes velocidades, a temperaturas bajas, las poseen solamente algunas moléculas aisladas de los gases mencionados. He ahí por qué la Tierra mantiene tan firmemente su envoltura atmosférica. Se ha calculado que para perder la mitad de la provisión del más liviano de los gases de la atmósfera terrestre, el hidrógeno, debería pasar un número de años que se expresaría con 25 cifras. En millones de años no se manifiesta ningún cambio en la composición ni en la masa de la atmósfera terrestre.

Para explicar ahora por qué la Luna no puede mantener a su alrededor una atmósfera semejante, no hay mucho que decir. La fuerza de atracción de la Luna es seis veces más débil que la de la Tierra; de modo que la velocidad necesaria para superar en la Luna la fuerza gravitacional es también menor, e igual tan sólo a 2360 m/s. Y como la velocidad de las moléculas de oxígeno y de nitrógeno a temperaturas moderadas puede superar esta velocidad, es claro que la Luna debería perder continuamente su atmósfera, si en ella se formara. Cuando se volatilizaran las moléculas más rápidas, otras moléculas alcanzarían la velocidad crítica (como consecuencia de la ley de distribución de las velocidades entre las partículas de un gas), y así estarían escapando continuamente al espacio nuevas y nuevas partículas de la envoltura atmosférica. Al cabo de un período de tiempo suficiente, sumamente pequeño a la escala del universo, toda la atmósfera abandonará la superficie de un cuerpo celeste que tenga tan poca fuerza de atracción.

Se puede demostrar matemáticamente que si la velocidad media de las moléculas de la atmósfera de un planeta fuera incluso tres veces menor que la velocidad límite (es decir, si fuera para la Luna  $2360:3 = 790$  m/s), la mitad de la atmósfera debería dispersarse al cabo de unas pocas semanas. (La atmósfera de un cuerpo celeste sólo puede mantenerse

firmemente si la velocidad media de sus moléculas es cinco veces menor que la velocidad límite.)

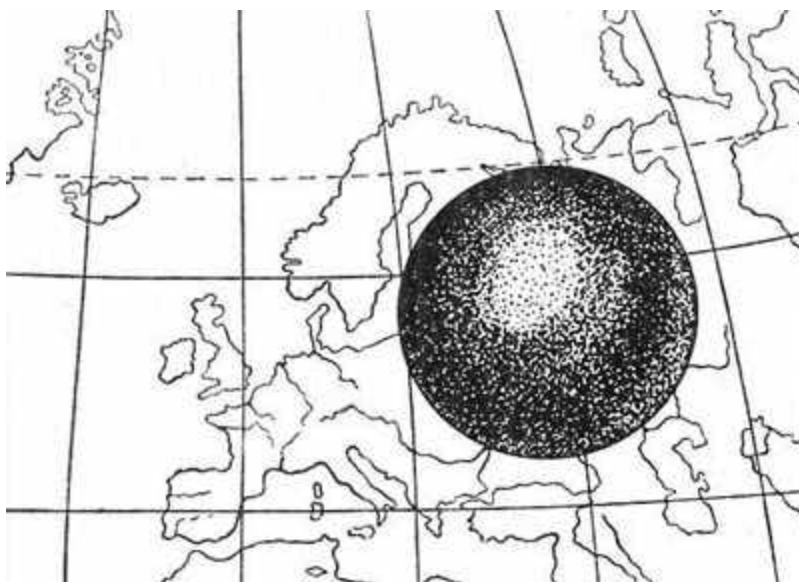
Se ha apuntado la idea, mejor dicho, la fantasía, de que cuando el hombre visite y conquiste la Luna, la rodeará de una atmósfera artificial y la hará de esta manera adecuada para habitarla. Después de lo dicho, el lector verá claramente lo irrealizable de semejante empresa. La ausencia de atmósfera de nuestro satélite no es casual, no es un capricho de la naturaleza, sino una consecuencia obligada de las leyes de la física.

Se comprende también que la causa por la cual no es posible la existencia de atmósfera en la Luna, determina igualmente la ausencia de ésta, en general, en todos los cuerpos celestes de débil fuerza de atracción en los asteroides y en la mayoría de los satélites de los planetas<sup>4</sup>.

[Volver](#)

### Las dimensiones del mundo lunar

Sobre esto, naturalmente, hablan con total exactitud los datos numéricos; magnitud del diámetro de la Luna (3.500 kilómetros), superficie, volumen.



*Figura 40. Las dimensiones de la Luna comparadas con el continente europeo. (No debe deducirse, sin embargo, que la superficie del globo lunar es menor que la superficie de Europa)*

Pero los números, insustituibles para los cálculos, no son capaces de darnos la idea concreta de las dimensiones que nuestra mente exige. Será útil, pues, hacer comparaciones concretas.

Comparemos el continente lunar (pues la Luna es un continente macizo) con los continentes del globo terrestre (figura 40).

Esto nos dirá mucho más que la afirmación abstracta de que la superficie total del globo lunar es 14 veces menor que la superficie de la Tierra. Por el número de kilómetros cuadrados la superficie de nuestro satélite es apenas algo menor que la superficie de América. Y la superficie de la parte de la Luna que está dirigida hacia la Tierra y es accesible a nuestra observación, resulta ser casi exactamente igual a la de América del Sur.

---

<sup>4</sup> En 1948 el astrónomo moscovita, Y. N. Lipski, demostró, al parecer, la presencia en la Luna de trazas de atmósfera. La masa total de la atmósfera de la Luna no puede exceder de una cienmilésima de la atmósfera terrestre. (N. R.)

Para hacer evidente las dimensiones de los "mares" de la Luna en comparación con los terrestres, en el mapa de la Luna (figura 41) están representados a la misma escala los contornos del Negro y del Caspio. Enseguida se echa de ver que los "mares" de la Luna no son muy grandes, a pesar de que ocupan una parte notable del disco.

El mar de la Serenidad ( $170.000 \text{ km}^2$ ) por ejemplo, es aproximadamente dos veces y media menor que el mar Caspio.

En compensación, entre las montañas anulares de la Luna hay verdaderos gigantes, como no se encuentran en la Tierra. Por ejemplo, el valle circular de la montaña de Grimaldi engloba una superficie mayor que la del lago Baikal. Dentro de esta montaña cabría enteramente un estado no muy grande, por ejemplo, Bélgica o Suiza.



*Figura 41. Los mares de la Tierra comparados con los de la Luna. El mar Negro y el mar Caspio transportados a la luna serían mayores que todos lo mares de la Luna. (Los números indican: 1, mar de las Nubes; 2, mar de los Humores; 3, mar de los Vapores; 4, mar de la Serenidad.)*

[Volver](#)

### **Paisajes lunares**

Las fotografías de la superficie de la Luna se ven reproducidas tan frecuentemente en los libros, que el aspecto de las particularidades características del relieve lunar, las montañas y los cráteres o "circo" (figura 42), seguramente es conocido por todos nuestros lectores. Es posible que algunos hayan observado también las montañas de la Luna con un pequeño telescopio; para esto es suficiente un telescopio con un objetivo de 3 cm.

Pero ni las fotografías ni la observación con el telescopio dan una idea exacta de cómo aparecería la superficie lunar a un observador que estuviera en la Luna misma. Estando inmediatamente al lado de las montañas lunares, el observador las vería en una perspectiva distinta de la que le da el telescopio. Una cosa es observar un objeto desde gran altura y otra cosa, completamente distinta, tenerlo al lado. Mostremos con algunos ejemplos cómo se manifiesta esta diferencia.

El cráter de Eratóstenes se ve desde la Tierra en forma de una muralla anular con un pico dentro del valle.

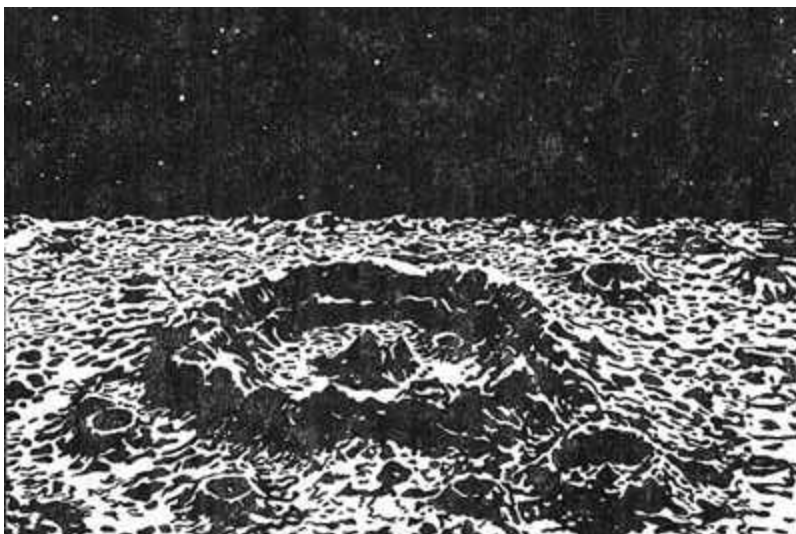


Figura 42. Montañas anulares frecuentes en la Luna

En el telescopio el cráter aparece en relieve y escarpado, gracias a que las sombras lo hacen destacarse bien en la superficie lunar.



Figura 43. Perfil de un gran cráter lunar

Obsérvese, sin embargo, su perfil (figura 43) : se ve que, en comparación con el gigantesco diámetro del circo (60 km), la altura de la muralla y la del cono interior son muy pequeñas; la inclinación de las laderas disimula más aún su altura.

Imagínese ahora que está usted paseando dentro de este circo y recuerde que su diámetro es igual a la distancia existente entre el lago Ladoga y el golfo de Finlandia. Apenas si notaría la forma anular de la muralla; la misma convexidad del suelo le escondería a usted su parte inferior, ya que el horizonte lunar es dos veces más reducido que el de la Tierra (en correspondencia con el diámetro de la Luna, 4 veces menor). Sobre la Tierra, un hombre de estatura mediana, de pie, en un lugar llano, puede ver en torno suyo no más de 5 km. Esto surge de la fórmula de la distancia del horizonte<sup>5</sup>:

$$D = \sqrt{V^2 Rh}$$

en la que D es la distancia en km, h la altura de los ojos en kilómetros y R el radio del planeta en km.

Sustituyendo estas letras por sus valores para la Tierra y para la Luna, resulta que, para un hombre de estatura mediana, la distancia del horizonte es

en la Tierra.....4.8 km  
en la Luna.....2.5 km

<sup>5</sup> Sobre el cálculo de la distancia del horizonte, ver en mi Geometría recreativa el capítulo "Donde el cielo y la tierra se juntan".



La figura 44 muestra qué panorama se ofrecería a un observador dentro de un circo lunar grande (se representa el paisaje de un gran circo, el de Arquímedes).



*Figura 44. Panorama que vería un observador colocado en el centro de un gran circo lunar.*

¿No es cierto que esa vasta llanura con la cadena de colinas en el horizonte se parece poco a la imagen que uno se hace de un circo lunar?

Mirándolo desde el otro lado de la muralla, desde fuera del circo, el observador también vería algo distinto de lo que espera. La ladera exterior de una montaña anular (ver la figura 43) se eleva tan suavemente, que al viajero no le parecería una montaña y no podría convencerse de que la cadena de colinas que él ve es una montaña anular que encierra una depresión circular. Para ello sería necesario que atravesara la cresta; pero, como ya hemos dicho, una vez dentro nada sorprendente se ofrecería a la vista del alpinista lunar.

Además de esos gigantescos circos, en la Luna hay también un gran número de circos pequeños, los cuales se abarcan fácilmente con una mirada, incluso estando muy cerca de ellos. Pero su altura es muy pequeña; ante ellos el observador no experimentaría nada extraordinario. En cambio, las cordilleras montañosas de la Luna, que llevan las denominaciones de las montañas de la Tierra: Alpes, Cáucaso, Apeninos, etc., rivalizan por su altura con las terrestres y alcanzan de 7 a 8 km. En relación con la pequeña Luna, su altura es impresionante.

La ausencia de atmósfera en la Luna y la nitidez de las sombras que de ello se deriva dan lugar en la observación telescópica a una interesante ilusión: las más pequeñas desigualdades del suelo se exageran y aparecen con un relieve desmesurado. Pongamos medio guisante con la convexidad hacia arriba. No es, por cierto, muy alto. Sin embargo, obsérvese la larga sombra que arroja (figura 45).



*Figura 45. Medio guisante, arroja iluminado lateralmente, una sombra larga*

Con una iluminación lateral, en la Luna la sombra se hace 20 veces mayor que la altura del cuerpo que la arroja. Esto prestó a los astrónomos un gran servicio: gracias a la longitud de las sombras, es posible observar en la Luna, con el telescopio, objetos de una altura de 30 m. Pero la misma circunstancia nos hace exagerar las desigualdades del relieve lunar. La



montaña Pico, por ejemplo, aparece tan escarpada en el telescopio, que involuntariamente se la imagina uno en forma de una roca afilada y abrupta (figura 46).



*Figura 46. La montaña Pico aparece en el telescopio afilada y abrupta*

Así era representada antes. Pero observándola desde la superficie lunar, se vería en otra forma completamente distinta, tal cual se representa en la figura 47.



*Figura 47. A un observador situado en la superficie de la Luna, la montaña Pico le parecería de suaves pendientes*

En cambio, otras particularidades del relieve de la Luna son, a la inversa, subestimadas. Con el telescopio observamos en la superficie de la Luna grietas estrechas, apenas visibles, y nos parece que no pueden jugar un papel importante en el paisaje lunar. Pero transportados a la superficie de nuestro satélite, veríamos en tales sitios, a nuestros pies, un profundo precipicio negro que se extendería lejos; más allá del horizonte.

Otro ejemplo: sobre la Luna está la llamada Muralla recta, escalón vertical que corta una de sus llanuras. Mirando esta muralla en el mapa (figura 48), olvidamos que tiene 300 m de altura; situados en las cercanías, nos sentiríamos deprimidos por su grandiosidad.

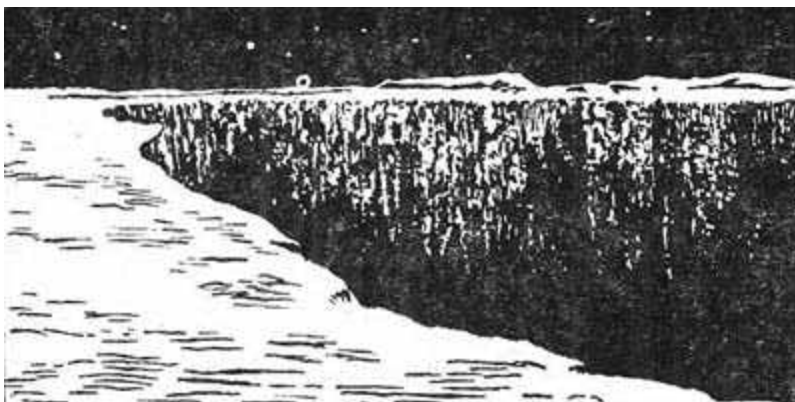


*Figura 48. La llamada "Muralla Recta" de la Luna vista con el telescopio*

En la figura 49 el artista intentó representar esta muralla vertical, vista desde abajo: su extremo se pierde allá lejos, en el horizonte, pues se extiende más de 100 km.



*Figura 49. Como vería la "Muralla Recta" un observador que se encontrara cerca de su base*



*Figura 50. Una "grieta" lunar observada de cerca*

Del mismo modo, las estrechas grietas que con los telescopios potentes se distinguen en la superficie de la Luna, vistas de cerca han de resultar como gigantescas hendiduras (figura 50).

[Volver](#)

## **El cielo de la luna**

### ***Un firmamento negro***

Si un habitante de la Tierra se encontrara en la Luna, llamarían ante todo su atención tres circunstancias extraordinarias.

Notaría en primer lugar el extraño color del cielo diurno en la Luna: en lugar de la cúpula azul habitual, vería extenderse un firmamento completamente negro sembrado de innumerables estrellas, claramente visibles y sin el más pequeño centelleo, y esto aun brillando el Sol. La causa de este fenómeno está en la ausencia de atmósfera en la Luna.

"Bóveda celeste de un cielo sereno y diáfano, dice Flammarion con su característico lenguaje animado, suave rubor de las auroras, majestuoso resplandor de los ocasos, encantadora belleza de los paisajes solitarios, brumosa perspectiva de los campos y praderas, y vosotras, aguas especulares de los lagos que reflejáis melancólicas el lejano cielo azulado encerrando toda su infinitud en vuestras profundidades, sabed que vuestra existencia y toda su belleza dependen sólo de ese ligero fluido extendido sobre la esfera terrestre. Sin él, ninguna de estas delicias, ninguna de estas suntuosas bellezas existiría.

"En lugar del cielo azulado nos rodearía un espacio negro insondable; sin los sublimes crepúsculos, se sucederían bruscamente, sin transiciones, los días y las noches; en vez de los suaves matices que vemos allí donde no llegan directamente deslumbrantes rayos de Febo, habría sólo una brillante claridad en los sitios iluminados por el astro refulgente y reinarían las tinieblas en todos los demás."

Es suficiente un discreto enrarecimiento de la atmósfera para que el color azulado del cielo se oscurezca visiblemente. El capitán del globo estratosférico soviético "Osoaviajim", trágicamente desaparecido en 1934, a la altura de 21 km veía sobre sí un cielo casi negro. El cuadro fantástico sobre la iluminación de la naturaleza descrito en el fragmento que antecede se realiza de manera plena en la Luna: un cielo negro, ausencia de auroras y ocasos, brillo deslumbrante de los lugares iluminados y oscuridad intensa y sin medios tonos en las sombras.

### ***La Tierra en el cielo de la Luna***

La segunda cosa notable que se vería en la Luna sería el disco gigante de la Tierra colgando en el cielo. Al viajero le parecería extraño que el globo terrestre que al partir hacia la Luna dejó aquí abajo, se encuentre inesperadamente allá arriba.

En el espacio no hay para ninguno de los mundos ni arriba ni abajo, y usted no debería sorprenderse si, dejando la Tierra abajo, la viera arriba cuando llegara a la Luna.

El disco de la Tierra que pende en el cielo de la Luna es inmenso: su diámetro es aproximadamente cuatro veces mayor que el diámetro del disco lunar que nosotros vemos en el cielo de la Tierra. Viste sería el tercer hecho sorprendente que espera al viajero lunar.

Si en las noches de Luna nuestros paisajes están suficientemente bien iluminados, las noches de la Luna con los rayos de la "Tierra llena" y con su disco 14 veces mayor que el de la Luna, deben ser extraordinariamente claras. El brillo de un astro depende no sólo de su diámetro, sino también de la capacidad de reflexión de su superficie. A este respecto la superficie de la Tierra supera 6 veces a la de la Luna<sup>6</sup>; por esto la luz de la "Tierra llena"

---

<sup>6</sup> El suelo de la Luna, por consiguiente, no es blanco, como a menudo se piensa, sino más bien oscuro. Esto no contradice el hecho de que brilla con luz blanca. "La luz solar incluso reflejada por un objeto negro se mantiene blanca. Si la Luna estuviera revestida de terciopelo negro embellecería igualmente el cielo como un disco plateado" -

debe iluminar a la Luna con luz 90 veces más fuerte que la luz con que la Luna llena ilumina a la Tierra. En las "noches de claro de Tierra" en la Luna sería posible leer impresos en pequeños caracteres. La iluminación del suelo de la Luna por la Tierra es tan brillante, que nos permite distinguir a una distancia de 400 000 km la parte nocturna o no iluminada del globo lunar en forma de un confuso centelleo dentro de una hoz estrecha; este centelleo es lo que se llama "luz cenicienta" de la Luna. Imagínese usted 90 Lunas llenas arrojando desde el cielo su luz, tenga en cuenta además la ausencia de atmósfera en nuestro satélite, que absorbería parte de la luz, y podrá formarse así una idea del cuadro fantástico que han de ofrecer los paisajes lunares inundados en medio de la noche por el brillo de la "Tierra llena".

¿Podría un observador lunar distinguir en el disco de la Tierra los contornos de los continentes y de los océanos? Está bastante difundida una equivocada opinión, según la cual, la Tierra, en el cielo de la Luna, constituye algo parecido a la esfera terrestre de una escuela. Así la representan los artistas cuando tienen que dibujar la Tierra en el espacio; con los contornos de los continentes, con gorros de nieve en las regiones polares y otros detalles semejantes.

Todo esto pertenece al terreno de la fantasía. En la esfera terrestre observada desde fuera no se pueden distinguir esos detalles. Sin hablar de las nubes, que habitualmente cubren la mitad de la superficie terrestre, la misma atmósfera dispersa fuertemente los rayos solares; por esta razón la Tierra debe aparecer tan brillante y tan inescrutable a la vista como Venus. El astrónomo de Pulkovo, G. A. Tijov, tras haber estudiado este problema, escribió:

*"Si miráramos a la Tierra desde el espacio, veríamos un disco de color blanco intenso en el cielo y apenas distinguiríamos algunos detalles de su superficie. Una inmensa parte de la luz que el Sol envía a la Tierra es dispersada en el espacio por la atmósfera y sus componentes antes de alcanzar la superficie de la Tierra. Y la luz que refleja la superficie misma se debilita fuertemente otra a vez a consecuencia de una nueva dispersión en la atmósfera."*

Así, pues, mientras que la Luna nos muestra en forma precisa todos los detalles de su superficie, la Tierra esconde su faz a la Luna y a todo el universo bajo el velo brillante de su atmósfera.

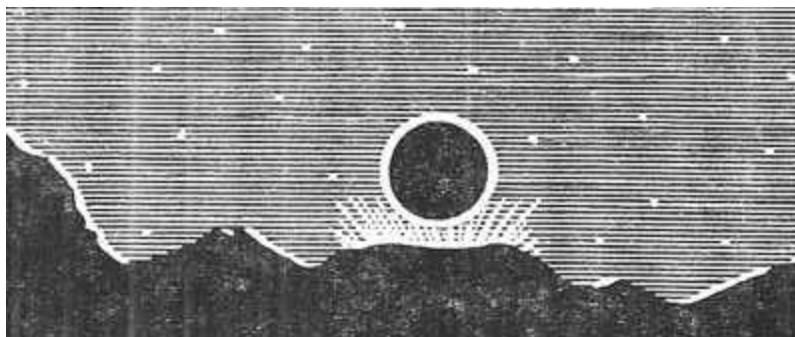
Pero no sólo por esto se distingue el astro nocturno lunar del terrestre. En nuestro cielo, la Luna sale y se pone, recorre su camino junto con la bóveda estrellada. En el cielo de la Luna, la Tierra no realiza este movimiento. Allí la Tierra no sale ni se pone, ni toma parte en el armonioso y extraordinariamente lento cortejo de las estrellas. Pende en el cielo casi inmóvil, ocupando para cada punto de la Luna una posición definida, mientras las estrellas se deslizan lentamente detrás de ella. Esto es consecuencia de la particularidad ya examinada del movimiento de la Luna, según la cual, nuestro satélite dirige hacia la Tierra siempre la misma parte de su superficie. Para un observador lunar, la Tierra está colgada casi inmóvil de la cúpula del cielo. Si la Tierra está en el cenit de algún cráter lunar, no abandona nunca su posición Genital. Si desde algún punto es visible en el horizonte, eternamente se queda en el horizonte para este lugar. Solamente la libración de la Luna, sobre la cual hemos hablado, interrumpe algo esta inmovilidad. El cielo estrellado realiza detrás del disco de la Tierra su lenta rotación, en  $27 \frac{1}{3}$  de nuestros días. El Sol da una vuelta al cielo en  $29 \frac{1}{2}$  días; los planetas ejecutan movimientos semejantes y sólo la Tierra está casi inmóvil en el cielo negro.

Pero aunque permanece en un mismo sitio, la Tierra gira rápidamente alrededor de su eje en 24 horas y, si su atmósfera fuera transparente, nuestro planeta podría servir de cómodo reloj celeste a los futuros pasajeros de los navíos interplanetarios. Aparte esto, la Tierra

---

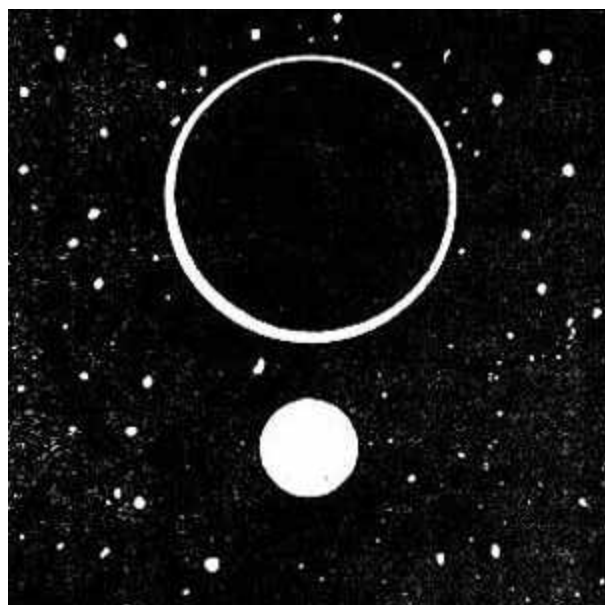
escribe Tyndall en su libro sobre la luz. La capacidad del suelo lunar, de dispersar los rayos del Sol que lo iluminan es, por término medio, igual a la capacidad de dispersión de las rocas volcánicas oscuras.

tiene las mismas fases que la Luna muestra en nuestro cielo. Es decir, que nuestro mundo no siempre brilla en el cielo de la Luna como un disco entero; aparece también en forma de semicírculo, en forma de hoz más o menos estrecha, en forma de círculo incompleto, según la parte de la mitad de la Tierra iluminada por el Sol que está dirigida hacia la Luna. Dibujando las posiciones respectivas del Sol, la Tierra y la Luna, se convencerá fácilmente de que la Tierra y la Luna deberán mostrar, una a otra, fases opuestas.



*Figura 51. "Tierra nueva" en la Luna. El disco negro de la Tierra está rodeado de un borde brillante debido al fulgor de la atmósfera terrestre*

Cuando nosotros observamos la Luna nueva, el observador lunar debe ver el disco entero de la Tierra, "Tierra llena"; a la inversa, cuando nosotros tenemos Luna llena, en la Luna hay "Tierra nueva" (figura 51); cuando vemos la hoz afilada y estrecha del cuarto creciente, desde la Luna se podría admirar a la Tierra en cuarto menguante, y a nuestro astro le faltaría, para que el disco fuera completo, una hoz similar a la que en ese momento nos enseña la Luna. Las fases de la Tierra no tienen contornos tan precisos como las de la Luna la atmósfera terrestre hace borrosos los límites de la luz y da lugar a esa lenta transición del día a la noche, y viceversa, que nosotros observamos en la Tierra en forma de crepúsculo.



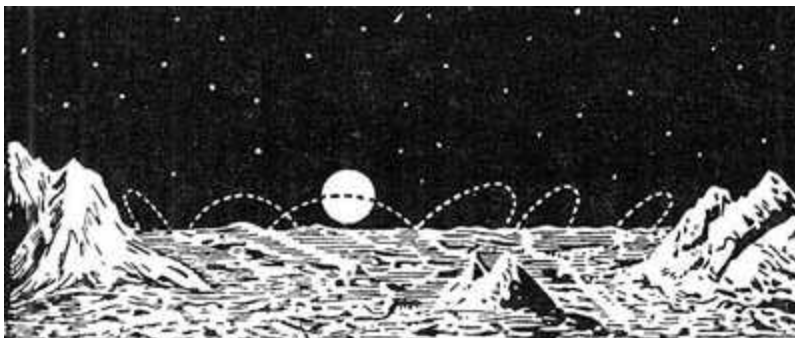
*Figura 52. La "Tierra creciente" en el cielo la Luna. El círculo blanco que está debajo de la Tierra, es el Sol*

Otra diferencia entre las fases de la Luna y las de la Tierra es la siguiente. En la Tierra nunca vemos a la Luna en el momento mismo de aparecer la Luna nueva. A pesar de que habitualmente se encuentra en ese momento más alta o más baja que el Sol (a veces  $5^\circ$ , es decir, 10 diámetros lunares) de modo que un estrecho borde de la esfera lunar iluminado por el Sol podría verse, la Luna permanece, sin embargo, inaccesible a nuestra vista, pues el brillo del Sol ahoga el discreto brillo del hilo de plata de la Luna nueva. No observamos la Luna nueva habitualmente hasta que no tiene la edad de dos días, cuando ya se ha separado a suficiente distancia del Sol, y sólo en casos muy raros (en primavera) a la edad de un solo día. Esto no sucedería para quien observara la "Tierra nueva" desde la Luna; allá no hay atmósfera que disperse los rayos del Sol y cree alrededor del astro diurno una aureola brillante. Las estrellas y los planetas no se pierden allá en los rayos del Sol y pueden distinguirse bien en el cielo en su vecindad inmediata.

Por esto, cuando la Tierra no se halle en línea recta frente al Sol (es decir, no en el momento de un eclipse), sino un poco más alta o más baja que él, será siempre visible en el cielo negro sembrado de estrellas de nuestro satélite, en forma de una hoz estrecha, con los cuernos dirigidos en dirección opuesta al Sol (figura 52). A medida que la Tierra se desplaza hacia la izquierda del Sol, la hoz parecerá girar hacia la izquierda.

Fenómenos correspondientes a los aquí descritos pueden verse observando la Luna con un pequeño antejo: en la Luna llena, el disco del astro nocturno no se ve en forma de círculo completo; como los centros de la Luna y del Sol no se encuentran en línea recta con los ojos del observador, en el disco de la Luna falta una hoz delgada que, como una franja oscura, se desliza hacia la izquierda cerca del borde del disco iluminado a medida que la Luna se mueve hacia la derecha.

Pero la Tierra y la Luna siempre muestran una a otra fases opuestas, - y por esto, en el momento descrito, el observador lunar debería ver una estrecha hoz correspondiente a la "Tierra nueva".



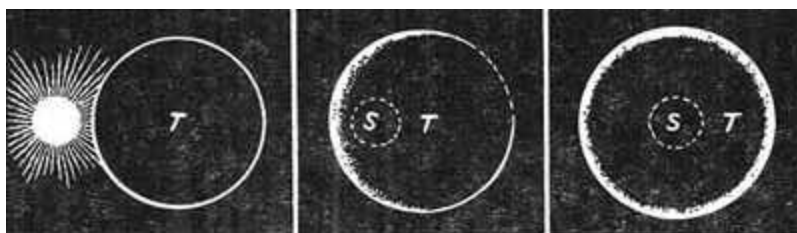
*Figura 53. Lentos movimientos de la Tierra cerca del horizonte lunar a consecuencia de la libración. La línea punteada es la trayectoria del centro del disco terrestre*

Hemos apuntado ya, al pasar, que la libración de la Luna debe hacerse sentir en el hecho de que la Tierra no está totalmente inmóvil en el cielo de la Luna: nuestro planeta oscila, alrededor de una posición media,  $14^\circ$  en dirección Norte-Sur y  $16^\circ$  en dirección Oeste-Este. Por la misma razón, en los puntos de la Luna desde los cuales la Tierra es visible en el horizonte mismo, nuestro planeta debe parecer que se pone, y poco después sale nuevamente, describiendo extrañas curvas (figura 53). Estas originales salidas y puestas de la Tierra en un lugar del horizonte sin dar la vuelta alrededor del cielo pueden durar muchos días terrestres.

### **Los eclipses en la Luna**

El cuadro recién esbozado del cielo lunar se completa con la descripción de esos espectaculares fenómenos celestes llamados eclipses. En la Luna hay dos clases de eclipses:

"de Sol" y "de Tierra". Los primeros son parecidos a los eclipses solares conocidos por nosotros, pero resultan extraordinariamente llamativos. Se producen en la Luna cuando en la Tierra ocurren eclipses de Luna, ya que entonces la Tierra se sitúa en la línea que une los centros del Sol y de la Luna. Nuestro satélite se sumerge en ese momento dentro de la sombra arrojada por la esfera terrestre. Quien haya visto la Luna en 'tales eclipses sabe que nuestro satélite no se ve privado totalmente de luz, no desaparece de la vista; es generalmente visible por los rayos rojo cereza que penetran dentro del cono de sombra de la Tierra. Si en ese momento nos trasladáramos a la superficie de la Luna y observáramos desde allá la Tierra, comprenderíamos claramente la causa de la iluminación rojiza; en el cielo de la Luna el globo terrestre, situado delante del Sol brillante, aunque mucho menor, aparece como un disco negro rodeado por el borde purpúreo de su atmósfera. Este borde precisamente es el que ilumina con luz rojiza a la Luna sumergida en la sombra (figura 54).



*Figura 54. Curso de un eclipse solar en la Luna: el Sol S está lentamente detrás del disco terrestre T, que pende inmóvil en el cielo de la luna*

Un eclipse de Sol no dura en la Luna sólo unos minutos, como en la Tierra, sino más de 4 horas; tanto como un eclipse de Luna para nosotros, pues en realidad no es más que nuestro eclipse lunar observado, no desde la Tierra, sino desde la Luna.

En cuanto a los eclipses "de Tierra", son tan pequeños que apenas si merecen la denominación de eclipses. Se producen en los momentos en que en la Tierra se ven los eclipses de Sol. En el enorme disco de la Tierra el observador lunar vería entonces un pequeño círculo negro móvil, que cubre los lugares favorecidos de la superficie de la Tierra desde los cuales se puede admirar el eclipse de Sol.

Es de señalar que eclipses de Sol como los que vemos desde la Tierra, no se pueden observar, en general, en ningún otro lugar del sistema planetario. Nosotros disfrutamos de estos espectáculos excepcionales por una circunstancia casual: la Luna que oculta al Sol está exactamente tantas veces más cerca de nosotros que del Sol como veces el diámetro lunar es menor que el solar, coincidencia que no se repite en ningún otro planeta.

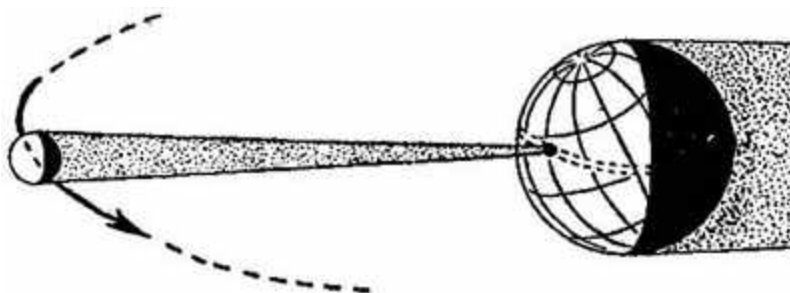
[Volver](#)

### **Para qué observan los astrónomos los eclipses**

Gracias a la casualidad que acabamos de mencionar, la longitud del cono de sombra que permanentemente lleva consigo nuestro satélite alcanza a veces la superficie de la Tierra (figura 55). A decir verdad, la longitud media del cono de sombra de la Luna es menor que la distancia media de la Luna a la Tierra, y si nosotros tuviéramos en cuenta solamente las magnitudes medias llegaríamos a la conclusión de que nunca habría eclipses de Sol totales. Se producen en realidad porque la Luna se mueve alrededor de la Tierra siguiendo una elipse, lo que hace que en algunas partes de su órbita se encuentre 42 200 km más cerca de la superficie de la Tierra que en otras; pues la distancia de la Luna varía de 356.900 a 399.100 km.

Conforme se desliza por la superficie de la Tierra, el extremo de la sombra de la Luna dibuja en ella la "zona de visibilidad del eclipse solar". Esta zona no tiene más de 300 km de ancho y, por lo tanto, el número de localidades desde las que se puede admirar el espectáculo del eclipse de Sol siempre es bastante limitado. Si se agrega a esto que la duración del eclipse

solar total se cuenta por minutos (no más de 8), se comprende que tal eclipse sea un espectáculo extraordinariamente raro. Para cada punto del globo terrestre sucede una vez cada dos o tres siglos.



*Figura 55. El extremo del cono de sombra de la Luna se desliza por la superficie de la Tierra; en los lugares cubiertos por esa sombra, el eclipse solar es visible*

Por esta razón, los hombres de ciencia se lanzan literalmente a la caza de los eclipses solares, y organizan expediciones especiales a los lugares, algunas veces muy alejados, desde donde este fenómeno puede ser observado. El eclipse de Sol de 1936 (19 de junio) fue visible como eclipse total solamente en los límites de la Unión Soviética, y 'para poderlo observar durante dos minutos, vinieron a nuestro país setenta hombres de ciencia extranjeros de diez países distintos. Los esfuerzos de cuatro expediciones resultaron vanos debido al tiempo nublado. El esfuerzo desplegado por los astrónomos soviéticos para la observación de este eclipse fue extraordinario. Se enviaron cerca de 30 expediciones soviéticas a la zona de eclipse total.

En el año 1941, a pesar de la guerra, el gobierno soviético organizó una serie de expediciones que se distribuyeron a lo largo de la zona de eclipse total, desde el lago Ladoga hasta Alma-Ata. Y en 1947 una expedición soviética se dirigió al Brasil para la observación del eclipse total del 20 de mayo. Particularmente intenso fue el trabajo que en la Unión Soviética se realizó para la observación de los eclipses solares totales del 25 de febrero de 1952 y del 30 de junio de 1954.

Los eclipses de Luna, aunque se producen una vez y media más raramente que los de Sol, se observan sin embargo mucho más a menudo. Esta paradoja astronómica se explica muy fácilmente.

El eclipse de Sol sólo puede ser observado en nuestro planeta en la zona limitada en que el Sol queda ocultado por la Luna; en los límites de esta estrecha zona, el eclipse es para algunos puntos total y para otros parcial (es decir, el Sol se oculta sólo parcialmente). El momento del comienzo del eclipse solar también es diferente para los distintos puntos de la zona, no por la diferencia que existe en el cómputo del tiempo, sino porque la sombra de la Luna se desplaza sobre la superficie de la Tierra y va cubriendo sucesivamente, a horas distintas, los diferentes puntos en que el eclipse es visible.

De manera completamente distinta transcurre el eclipse de Luna. Se observa al mismo tiempo en toda la mitad del globo terrestre en que la Luna es visible en ese momento, es decir, en que está sobre el horizonte. Las fases consecutivas del eclipse lunar se producen para todos los puntos de la superficie de la Tierra en el mismo momento; la diferencia está condicionada sólo por las diferencias en el cómputo de las horas.

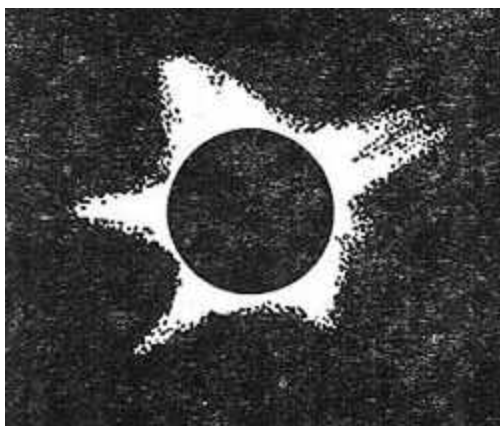
De ahí que los astrónomos no tengan que "lanzarse a la caza" de los eclipses de Luna; se les aparecen en su propia casa. Pero para cazar un eclipse de Sol es necesario hacer algunas veces enormes viajes. Los astrónomos equipan expediciones a las islas del trópico, muy lejos, al Este o al Oeste, Para poder observar sólo unos minutos la ocultación del disco solar por el disco negro de la Luna.



¿Tiene sentido preparar expediciones tan costosas para realizar tan breves observaciones? ¿No sería posible realizar esas mismas observaciones sin esperar a la ocultación casual del Sol por la Luna? ¿Por qué los astrónomos no simulan artificialmente eclipses de Sol, ocultando en el telescopio su imagen con círculos que les permitan observar esa periferia solar que tanto les interesa durante los eclipses?

Este eclipse solar artificial no permitiría alcanzar los resultados que se observan durante la ocultación real del Sol por la Luna. Porque los rayos del Sol, antes de llegar a nuestros ojos, pasan a través de la atmósfera terrestre y las partículas de aire los dispersan. A esto se debe que el cielo, durante el día se nos aparezca como una cúpula celeste clara y no negra y sembrada de estrellas, como lo veríamos, incluso de día, en ausencia de atmósfera. Ocultando al Sol con una pantalla y dejando en el fondo el océano aéreo, aunque protegeríamos nuestra vista de los rayos directos del astro diurno, la atmósfera continuarla como antes sobre nosotros, sumergida en la luz solar, y seguiría dispersando los rayos e imposibilitando la visión de las estrellas. Esto no sucede si la pantalla eclipsante se encuentra fuera de los límites de la atmósfera. La Luna es una pantalla de esta clase, por hallarse lejos de nosotros, mil veces más lejos que el límite de la atmósfera. Los rayos del Sol se detienen en esa pantalla antes de penetrar en la atmósfera terrestre y, en consecuencia, la dispersión de la luz en la zona de eclipse no se produce. En realidad, no es del todo así; en la zona de sombra penetran siempre algunos rayos dispersos por los territorios iluminados próximos, y ésta es la razón de que el cielo, en un eclipse total de Sol, nunca esté tan negro como en una noche cerrada. En esas circunstancias sólo son visibles las estrellas más brillantes.

**¿Qué problemas se plantean los astrónomos en la observación del eclipse solar total?** Señalemos los más importantes. El primero es la observación de la llamada "inversión" de las líneas espectrales en la envoltura exterior del Sol. Las líneas del espectro solar normalmente oscuras en la cinta clara del espectro, se vuelven claras sobre un fondo oscuro, durante algunos segundos, tan pronto se produce la total ocultación del Sol por el disco de la Luna: el espectro de absorción se transforma en un espectro de emisión.



*Figura 56. Durante los eclipses totales de Sol, alrededor del disco negro de la Luna aparece la "corona solar".*

Es el llamado "espectro relámpago". Aunque este fenómeno, que proporciona valiosos datos para juzgar la naturaleza de la envoltura superficial del Sol, puede observarse en las condiciones señaladas no sólo en el momento de un eclipse, se manifiesta durante éste en forma tan nítida, que los astrónomos hacen todo lo posible para no perder semejante oportunidad.

El segundo problema es la investigación de la corona solar. La corona es el más importante

de los fenómenos observables en un eclipse total de Sol: alrededor del círculo completamente negro de la Luna ribeteada con los salientes ígneos (protuberancias) de la superficie exterior del Sol, brilla una aureola perlada de diversos tamaños y formas en los distintos eclipses (figura 56).

El largo de los rayos de esta aureola es con frecuencia varias veces mayor que el diámetro solar, y su brillo, normalmente, sólo la mitad del brillo de la Luna llena.

Durante el eclipse de 1936 la corona solar apareció excepcionalmente brillante, más brillante que la Luna llena, lo cual sucede muy raras veces. Los rayos de la corona, largos, un poco borrosos, se extendían a tres y más diámetros solares; en conjunto, la corona tenía la forma de una estrella pentagonal cuyo centro ocupaba el disco oscuro de la Luna.

La naturaleza de la corona solar no ha sido bien aclarada hasta la fecha. Durante los eclipses, los astrónomos fotografían la corona, miden su brillo, estudian su espectro. Todo esto ayuda a la investigación de su estructura física.

El tercer problema, planteado en los últimos decenios, se refiere a la comprobación de una de las consecuencias de la teoría de la relatividad generalizada. De acuerdo con la teoría de la relatividad, los rayos de las estrellas que pasan cerca del Sol experimentan la influencia de su gigantesca atracción y sufren una desviación, que debe manifestarse en un desplazamiento aparente de las estrellas cercanas al disco solar (figura 57). La prueba de esta consecuencia es posible solamente durante un eclipse total de Sol.

Las medidas efectuadas en los eclipses de 1919, 1922, 1926 y 1936 no dieron, en rigor, resultados decisivos, y el problema de la confirmación experimental de la consecuencia indicada de la teoría de la relatividad sigue todavía planteado<sup>7</sup>.

Éstos son los principales objetivos por los que los astrónomos abandonan sus observatorios y se dirigen a lugares alejados, a veces inhóspitos, para observar los eclipses solares. En cuanto al espectáculo del eclipse total de Sol, en nuestra literatura hay una estupenda descripción de este raro fenómeno natural (V. G. Korolenko, El eclipse. La descripción se refiere al eclipse de agosto de 1887; la observación se efectuó a orillas del Volga, en la ciudad de Yuriévets.) Damos a continuación un extracto del relato de Korolenko, con algunas omisiones sin importancia:

*"El Sol se sumerge en un instante en una amplia mancha nebulosa y se muestra más allá de las nubes visiblemente reducido . . .*

*"Ahora se puede mirar directamente, y ayuda a ello el fino vapor que por todas partes humea en el aire y suaviza el brillo cegador.*

*"Silencio. En alguna parte se oye una respiración pesada, nerviosa . . .*

*"Pasa media hora. El día brilla por doquier igual que antes; algunas nubecillas cubren y descubren el Sol, que boga ahora por el cielo en forma de hoz.*

*"Entre los jóvenes reina una animación despreocupada, con una mezcla de curiosidad.*

*"Los ancianos suspiran; las ancianas, como histéricas, se quejan a gritos, y algunas incluso gimen y lanzan alaridos como si les dolieran las muelas.*

*"El día comienza a palidecer en forma ostensible. Los rostros toman un tinte de miedo; las sombras de las figuras humanas yacen en tierra pálidas, sin brillo. Un*

---

<sup>7</sup> El hecho mismo de la desviación se confirma, pero no se ha podido establecer un acuerdo cuantitativo total con la teoría. Las observaciones del profesor A. A. Mijailov condujeron a la necesidad de revisar en algunas partes la teoría misma de este fenómeno. (N. R.)

*barco que se desliza por la corriente pasa como una aparición. Sus contornos se hacen vagos, sus colores se vuelven menos definidos. La cantidad de luz, al parecer, disminuye; pero como las sombras densas del atardecer están ausentes y no hay juego de luces reflejadas por las capas inferiores de la atmósfera, este crepúsculo resulta extraño y desacostumbrado. El paisaje parece desvanecerse; la hierba pierde su verdor y las montañas toman un aspecto irreal.*

*"Sin embargo, aún se ve un estrecho borde brillante de Sol en forma de hoz, y se tiene la impresión de que el día, aunque muy apagado, continúa. Me parece que los relatos sobre la oscuridad que reina durante los eclipses son exagerados. '¿Es posible -me dije- que esta ínfima chispa de Sol que aún queda encendida, como una última vela olvidada, sea capaz de iluminar tanto este mundo inmenso?... ¿Acaso cuando ella se extinga va a caer bruscamente la noche?*

*"Pero he aquí que la chispa desapareció. De pronto, como si se desprendiera con esfuerzo de un apretado abrazo, brilló como una gota de oro y se extinguió. Y entonces se esparcieron sobre la Tierra densas tinieblas. Capté el momento en que la oscuridad completa cayó sobre el crepúsculo. Apareció por el Sur y, como un velo gigantesco, pasó rápidamente, extendiéndose sobre las montañas, sobre los ríos, sobre las praderas, abarcando todo el espacio celeste; nos envolvió por todas partes y en un instante se cerró por el Norte. Yo estaba entonces abajo, en un banco de arena de la orilla, y observaba la muchedumbre. Reinaba un silencio sepulcral... Los hombres formaban una masa oscura... Pero ésta no era una noche como las demás. Había tan poca luz, que las miradas buscaban involuntariamente el brillo plateado de la Luna que invade la oscuridad azul de una noche normal. Pero por ninguna parte se veían rayos luminosos. Era como si una ceniza liviana, imperceptible para la vista, se desparramara desde lo alto sobre la Tierra, o como si una red de malla muy fina pendiera en el aire. Allá arriba, en las capas superiores de la atmósfera, se adivina un espacio luminoso que penetra en la oscuridad y funde las sombras, a las que priva de forma y densidad. Y por encima de toda una naturaleza asombrada por el milagroso panorama corren nubes que parecen entregarse a una lucha cautivante... Un cuerpo enemigo, redondo y oscuro como una araña, se agarró al Sol ardiente, y ambos corren juntos más allá de las nubes. Un cierto resplandor, que sale en forma de reflejos cambiantes de detrás del escudo de sombras, da movimiento y vida al espectáculo, y las nubes refuerzan aún más la ilusión con su silenciosa e inquieta carrera."*

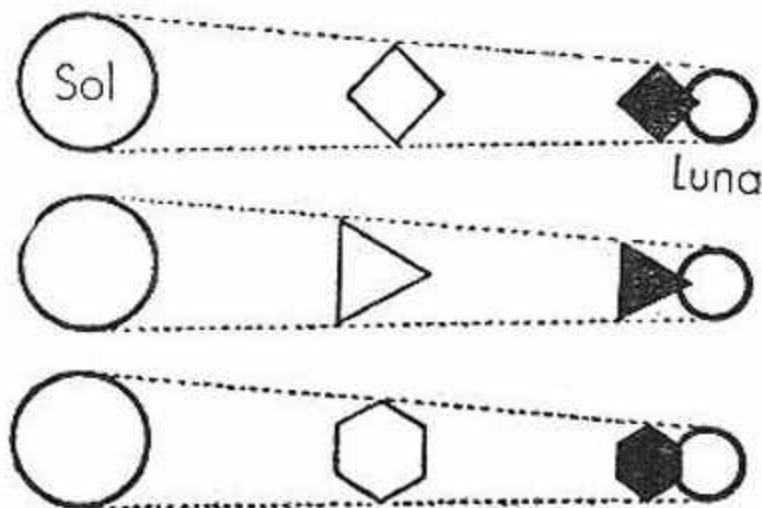
Los eclipses de Luna no poseen para los astrónomos contemporáneos tanto interés como los eclipses de Sol. Nuestros antepasados veían en los eclipses de Luna un medio cómodo para convencerse de la forma esférica de la Tierra. Recordemos el papel que jugó esta prueba en el viaje de circunnavegación de Magallanes.

Cuando después de largos y agotadores días de viaje por las desiertas aguas del océano Pacífico los marineros cayeron en la desesperación, convencidos de que se alejaban cada vez más de la tierra firme por un mar que no tenía fin, sólo Magallanes no perdió el coraje.

"Aunque la Iglesia siempre sostuvo, basándose en las Sagradas Escrituras, que la Tierra es una planicie rodeada por agua -relata uno de los compañeros del gran navegante-, Magallanes extrajo fuerzas del siguiente razonamiento: en los eclipses de Luna la sombra arrojada por la Tierra es circular, y si tal es la sombra, tal debe ser el objeto que la arroja..."

En los libros antiguos de astronomía encontramos también dibujos que explican la relación entre la forma de la sombra de la Luna y la forma de la Tierra (figura 58).

Ahora ya no necesitamos demostraciones semejantes. En cambio, los eclipses de Luna nos dan la posibilidad de conocer naturaleza de las capas superiores de la atmósfera terrestre, por el brillo y el color de la Luna.



*Figura 58. Dibujo antiguo que ilustra la idea de que por la forma de la sombra de la Tierra en el disco de la Luna se puede juzgar la forma del nuestro.*

Como es sabido, la Luna no desaparece totalmente en la sombra de la Tierra y continúa siendo visible por los rayos del Sol refractados dentro del cono de sombra. La intensidad de la iluminación de la Luna en ese momento y sus matices tienen para los astrónomos un gran interés, y se hallan, según ha podido comprobarse, en sorprendente relación con el número de las manchas solares. Además, en los últimos tiempos se aprovechan los eclipses de Luna para medir la velocidad de enfriamiento de su superficie cuando se ve privada del calor del Sol. Más adelante volveremos sobre esto.

[Volver](#)

### **Por qué los eclipses se repiten cada 18 años**

Mucho antes de nuestra era los observadores babilónicos del cielo notaron que los eclipses de Sol y de Luna se repiten en serie cada 18 años y 10 días. Este período fue llamado por ellos "saros". Sirviéndose del saros los antiguos predecían la aparición de los eclipses, pero no sabían a qué se debía una periodicidad tan regular ni por qué tiene tal duración y no otra. La causa de la periodicidad de los eclipses se encontró mucho más tarde, como resultado del estudio cuidadoso de los movimientos de la Luna. ¿Cuánto tiempo dura una revolución de la Luna por su órbita? La respuesta a esta pregunta puede ser distinta, según el momento que se tome como término de una vuelta de la Luna alrededor de la Tierra. Los astrónomos distinguen cinco clases de meses, de los cuales nos interesan ahora sólo dos:

1. El llamado mes "sinódico", es decir, el intervalo de tiempo en que la Luna realiza una vuelta completa alrededor de su órbita si se sigue este movimiento desde el Sol. Este es el período de tiempo que transcurre entre dos fases iguales de la Luna, por ejemplo, de una Luna nueva a otra Luna nueva. Es igual a 29.5306 días.

2. El llamado mes "draconítico", que es el espacio de tiempo al cabo del cual la Luna vuelve al mismo "nodo" de su órbita (los nodos son las intersecciones de la órbita de la Luna con el plano de la órbita de la Tierra). La duración de este mes es de 27.212 días.

Los eclipses, como es fácil comprender, se producen sólo cuando la Luna, en fase de Luna nueva o de Luna llena, se encuentra en uno de los nodos: su centro se encuentra entonces en línea recta con los centros de la Tierra y del Sol. Es evidente que si hoy se produce un eclipse, deberá producirse nuevamente al cabo de un espacio de tiempo en el cual se cumpla un número entero de meses sinódicos y draconíticos, pues entonces se repetirán las condiciones en las cuales se produce un eclipse.

¿Cómo encontrar semejante espacio de tiempo? Para esto es necesario resolver la ecuación

$$29.5306 x = 27.2122 y$$

donde x e y son números enteros. Planteándola en forma de proporción,

$$\frac{x}{y} = \frac{272.122}{295.306}$$

Se ve que la solución más sencilla de esta situación es la siguiente

$$x = 272\ 122, y = 295\ 306.$$

Resulta así un período enorme de decenas de milenios, sin valor práctico. Los antiguos astrónomos se conformaron con una solución aproximada. El medio más cómodo para hallar esa aproximación lo dan las fracciones continuas.

Transformemos el quebrado

$$\frac{295.306}{272.122}$$

en fracción continua. Esto se hace del modo siguiente. Extrayendo el número entero, tenemos

$$\frac{295.306}{272.122} = 1 + \frac{23.184}{272.122}$$

En el último quebrado dividimos el numerador y el denominador por el numerador

$$\frac{295.306}{272.122} = 1 + \frac{1}{11 \frac{17098}{23182}}$$

El numerador y el denominador del quebrado 17098 / 23182 los dividimos por el numerador y así procederemos en adelante. Obtenemos como resultado final

$$\frac{295.306}{272.122} = 1 + \frac{1}{11 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{1 + \frac{1}{4 + \frac{1}{17 + 1}}}}}}}$$

De esta fracción, tomando los primeros términos y despreciando los restantes, obtenemos las siguientes aproximaciones consecutivas

$$12 / 11, 13 / 12, 38 / 35, 51 / 47, 242 / 225, 1019 / 959, \text{ etc.}$$

El quinto quebrado de esta serie da ya suficiente precisión. Si nos detenemos en él, es decir, si se toman los valores  $x = 223$  e  $y = 242$ , el período de repetición de los eclipses que se obtiene es igual a 223 días sinódicos o a 242 draconíticos. Esto constituye  $\sqrt[3]{6585}$  días, es decir, 18 años 11,3 días (o 10,3 días)<sup>8</sup>.

Tal es el origen del saros. Sabiendo de donde procede, podemos dejar de lado el cálculo y predecir por medio de él, con bastante precisión, los eclipses. Vemos que, tomando el saros igual a 18 años 10 días, despreciamos 0.3 días. Esto debe tenerse en cuenta, pues el eclipse predicho con este período simplificado caerá a una hora del día diferente a la de la oportunidad anterior (aproximadamente 8 horas más tarde), y sólo utilizando un período exactamente igual al triple del saros, el eclipse se repetirá casi en el mismo momento del día. Aparte esto, el saros no tiene en cuenta los cambios de distancia de la Luna a la Tierra y de la Tierra al Sol, cambios que tienen su periodicidad; de estas distancias depende que el eclipse de Sol sea o no total. El saros, pues, nos da solamente la posibilidad de predecir qué día determinado ha de ocurrir un eclipse, pero sobre si será total, parcial o anular, o si podrá ser observado en los mismos lugares que la vez anterior, nada permite afirmar.

Finalmente, sucede también que un eclipse parcial de Sol que es insignificante, 18 años después disminuye hasta cero, es decir, deja totalmente de observarse, y, a la inversa, a veces se hace visible un pequeño eclipse solar parcial que antes no era observable.

En nuestros días los astrónomos no utilizan el saros. Los movimientos caprichosos del satélite de la Tierra están tan bien estudiados, que el eclipse se predice con una exactitud de segundos. Si la predicción de un eclipse no se cumpliera, los hombres de ciencia contemporáneos estarían dispuestos a admitir cualquier cosa antes que la falibilidad de sus cálculos.

Esto fue muy bien señalado por Julio Verne, quien, en su novela *El país de las pieles*, nos hace el relato de un astrónomo que se dirigió al polo para la observación de un eclipse de Sol que, a pesar de haber sido previsto, no se produjo. ¿Qué conclusión sacó de esto el astrónomo? A sus acompañantes les dio la explicación de que la superficie helada en que se encontraban no era un continente, sino un campo de hielo flotante que había sido transportado por las corrientes marinas fuera de la zona del eclipse. Esta afirmación resultó ser exacta. He ahí un ejemplo de fe profunda en la ciencia.

[Volver](#)

### ¿Es posible?

<sup>8</sup> Según que entren en este período 4 ó 5 años bisiestos.

Testigos oculares refieren que durante un eclipse de Luna han podido observar sobre el horizonte, en un lado del cielo, el disco del Sol y, al mismo tiempo, en el otro lado, el disco de la Luna oscurecido.

Este fenómeno fue observado también en 1936, en el eclipse parcial de Luna del 4 de julio. Uno de mis lectores me escribió lo siguiente:

*"El 4 de julio, ya tarde, a las 20 horas y 31 minutos, salió la Luna, y a las 20 horas y 45 minutos se puso el Sol; en el momento de la salida de la Luna ocurrió el eclipse lunar, aunque la Luna y el Sol eran visibles al mismo tiempo sobre el horizonte. Esto me asombró mucho, porque los rayos de luz se propagan en línea recta."*

El espectáculo es en realidad enigmático: aunque, a pesar de la afirmación de la muchacha de Chejov, a través de un vidrio ahumado no se puede "ver la línea que une los centros del Sol y de la Luna", trazarla mentalmente al lado de la Tierra es absolutamente posible en esta disposición. ¿Puede producirse un eclipse si la Tierra no intercepta a la Luna y al Sol? ¿Puede creerse este testimonio de un testigo ocular?

En realidad, en una observación semejante no hay nada de inverosímil. Que el Sol y la Luna en eclipse sean visibles en el cielo al mismo tiempo es un hecho que depende de la curvatura de los rayos de luz en la atmósfera terrestre. Gracias a esta curvatura, llamada "refracción atmosférica", cada astro nos parece estar algo más alto que su verdadera posición (figura 15). Cuando vemos al Sol o a la Luna cerca del horizonte, geométricamente se encuentran por debajo de él. Así, pues, no hay nada de imposible en que los discos del Sol y de la Luna en eclipse sean visibles sobre el horizonte al mismo tiempo.

"Habitualmente escribe con motivo de esto Flammarionse citan los eclipses de 1666, 1668 y 1750, en los que esta rara particularidad apareció en su forma más visible. Sin embargo, no hay necesidad de remontarse tan lejos. El 15 de febrero de 1877, la Luna salió en París a las 5 horas y 29 minutos y el Sol se puso a las 5 horas y 39 minutos, cuando ya comenzaba un eclipse total. El 4 de diciembre de 1880 hubo un eclipse total de Luna en París; ese día la Luna salió a las 4 horas y el Sol se puso a las 4 horas y 2 minutos, y esto ocurrió casi en la mitad del eclipse, que se prolongó desde las 3 horas y 3 minutos hasta las 4 horas y 35 minutos. Si este hecho no se observa mucho más a menudo, es simplemente por falta de observadores. Para ver la Luna en eclipse total antes de la puesta del Sol o después de su salida, se necesita simplemente elegir en la Tierra un lugar tal que la Luna se encuentre sobre el horizonte hacia la mitad del eclipse."

[Volver](#)

## Lo que no todos saben acerca de los eclipses

### Preguntas

1. ¿Cuánto pueden durar los eclipses de Sol? ¿Y cuánto los eclipses de Luna?
2. ¿Cuántos eclipses pueden producirse a lo largo de un año?
3. ¿Hay años sin eclipses de Sol? ¿Y sin eclipses de Luna?
4. ¿Desde qué lado avanza sobre el Sol el disco negro de la Luna durante el eclipse, desde la derecha o desde la izquierda?
5. ¿Por qué borde empieza el eclipse de Luna, por el derecho o por el izquierdo?
6. ¿Por qué las manchas de luz en la sombra del follaje tiene durante el eclipse de Sol forma de hoz? (figura 59).
7. ¿Qué diferencia hay entre la forma de la hoz del Sol durante un eclipse y la forma ordinaria de la hoz de la Luna?
8. ¿Por qué se mira el eclipse solar a través de un vidrio ahumado?

### Respuestas

1. La mayor duración de la fase total de un eclipse de Sol es de  $7\frac{1}{2}$  minutos (en el Ecuador, en las latitudes altas es menor). Todas las fases del eclipse pueden abarcar hasta  $4\frac{1}{2}$  horas (en el Ecuador).

La duración de todas las fases del eclipse de Luna alcanza hasta 4 horas; el tiempo de la ocultación total de la Luna no dura más de 1 hora y 50 minutos.

2. El número total de eclipses de Sol y de Luna a lo largo de un año no puede ser mayor de 7 ni menor de 2 (en el año 1935 se contaron 7 eclipses: 5 solares y 2 lunares).

3. No hay ningún año sin eclipses de Sol; anualmente se producen por lo menos 2 eclipses solares. Los años sin eclipses de Luna son bastante frecuentes; aproximadamente, uno cada 5 años.

4. En el hemisferio Norte de la Tierra el disco de la Luna se desplaza sobre el Sol de derecha a izquierda. El primer contacto de la Luna con el Sol debe esperarse por el lado derecho. En el hemisferio Sur, por el lado izquierdo (figura 60).

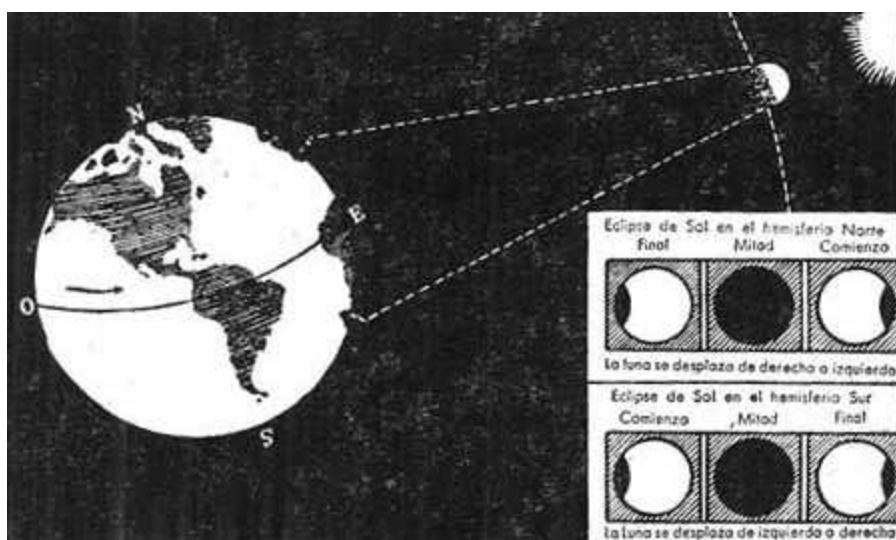


Figura 60. Por qué para un observador en el hemisferio Norte de la Tierra, el disco de la Luna se desplaza durante el eclipse sobre el Sol desde la derecha y para un observador en el hemisferio Sur, desde la izquierda

5. En el hemisferio Norte la Luna entra en la sombra de la Tierra por su borde izquierdo; en el hemisferio Sur, por el derecho.

6. Las manchas de luz en la sombra del follaje no son otra cosa que imágenes del Sol. Durante el eclipse el gol tiene forma de hoz, y esa misma forma tienen que tener sus imágenes en la sombra del follaje (figura 59).





*Figura 59. Las manchas de luz en la sombra del follaje de los árboles durante la fase parcial de un eclipse tienen forma de hoz*

7. La hoz de la Luna está limitada exteriormente por un semicírculo e interiormente por una semielipse. La hoz del Sol está limitada por dos arcos de círculo de igual radio. ("Los enigmas de las fases de la Luna".)

8. El Sol, aunque esté parcialmente oculto por la Luna, no se puede mirar sin proteger adecuadamente los ojos.

Los rayos solares afectan a la parte más sensible de la retina y disminuyen sensiblemente la agudeza visual durante cierto tiempo, y a veces, para toda la vida.

Ya a comienzos del siglo XIII un escritor de Novgorod observaba: "A causa de este mismo hecho, en el Gran Novgorod algunos hombres casi perdieron la vista." Es fácil evitar la quemadura, sin embargo, proveyéndose de un vidrio densamente ahumado. Se debe ahumar con una vela, de manera que el disco del Sol aparezca a través del vidrio como un círculo claramente dibujado, sin rayos y sin aureola. Resulta más cómodo si se cubre el vidrio ahumado con otro vidrio limpio y se encola ambos por los bordes con un papel. Como no se puede prever cuáles serán las condiciones de visibilidad del Sol durante el eclipse, conviene preparar varios vidrios con distintas densidades de ahumado.

Se pueden utilizar también vidrios coloreados, colocando uno sobre otro dos vidrios de distintos colores (preferentemente "complementarios"). Los lentes oscuros de sol habituales son insuficientes para este fin. Finalmente, son también muy adecuados para la observación del Sol los negativos fotográficos que te tengan partes oscuras con la densidad necesaria.<sup>9</sup>

[Volver](#)

### **¿Cuál es el clima de la luna?**

Hablando con propiedad, en la Luna no existe clima, si se toma esta palabra en el sentido corriente. ¿Cuál puede ser el clima donde faltan totalmente la atmósfera, las nubes, el vapor de agua, las precipitaciones, el viento? De lo único de que puede hablarse es de la temperatura de la superficie lunar.

<sup>9</sup> A quien desee conocer más detalladamente cómo se desarrolla un eclipse total de Sol y qué observaciones llevan a cabo los astrónomos durante él, se le recomienda el libro Eclipses solares y su observación, escrito por un grupo de especialistas bajo la dirección general del profesor A. A. Mijailov. El libro está dedicado a los aficionados a la astronomía, a los profesores y a los estudiantes de las clases superiores. En forma más popular está escrito el libro de V. T. Ter-Oranezov, Eclipses solares, Editorial Técnica del Estado, 1954 (Biblioteca Científica Popular).

Pues bien, ¿en qué medida está caliente el suelo de la Luna? Los astrónomos disponen actualmente de un aparato que les da la posibilidad de medir la temperatura no sólo de los astros lejanos, sino de algunas de sus partes separadamente. La construcción del aparato está basada en el efecto termoeléctrico en un conductor formado por dos metales diferentes se genera una corriente eléctrica cuando uno de los metales está más caliente que el otro; la intensidad de la corriente originada depende de la diferencia de las temperaturas y permite medir la cantidad de calor recibido.



*Figura 61. En la Luna, la temperatura llega a ser en el centro del disco visible, de +110 °C y desciende rápidamente hacia los bordes hasta -50 °C, y aún más*

La sensibilidad del aparato es sorprendente. De dimensiones microscópicas (la parte fundamental del aparato no es mayor de 0.2 mm y pesa 0.1 mg), puede detectar incluso la acción calórica de estrellas de 13<sup>a</sup> magnitud que elevan la temperatura en diezmillonésimas de grado. Estas estrellas no son visibles sin telescopio; brillan 600 veces más débilmente que las estrellas que se encuentran en el límite de la visibilidad a simple vista. Detectar una cantidad tan sumamente pequeña de calor es lo mismo que captar el calor de una vela desde una distancia de varios kilómetros.

Disponiendo de este casi maravilloso instrumento de medición, los astrónomos lo aplicaron en distintos puntos de la imagen telescópica de la Luna, midieron el calor recibido y apreciaron así la temperatura de sus distintas partes (con una precisión de hasta 10 °). He aquí los resultados (figura 61) : En el centro del disco de la Luna llena la temperatura es mayor de 100 ° C; si se situara agua en dicha parte de la Luna, herviría aun a presión normal. "En la Luna no tendríamos necesidad de preparar la comida en el reverbero -escribe un astrónomo-; el papel de éste podría desempeñarlo cualquier roca cercana." A partir del centro del disco la temperatura desciende regularmente en todos los sentidos, pero a 2700 km del punto central todavía no es menor de 80°C. Después; la caída de la temperatura se hace más rápida, y cerca del borde del disco iluminado reina un frío de -50°C. Aún más fría es la parte oscura de la Luna, la que se halla en dirección contraria al Sol, donde el frío alcanza a -160 ° C.

Ya hemos dicho que durante los eclipses, cuando la esfera de la Luna se sumerge en la sombra de la Tierra, la superficie lunar que se ve privada de la luz del Sol, se enfría rápidamente. Se ha medido la magnitud de este enfriamiento; en un caso, el descenso de la

temperatura durante el eclipse resultó ser de  $-70^{\circ}\text{C}$  a  $-117^{\circ}\text{C}$ , es decir, de casi  $200^{\circ}\text{C}$ , en un período de tiempo de, aproximadamente,  $1\frac{1}{2}$  a 2 horas. En la Tierra, en cambio, en condiciones similares, es decir, durante un eclipse solar, se registra un descenso de temperatura de  $2^{\circ}$ , a lo sumo de  $3^{\circ}$ . Esta diferencia debe atribuirse a la influencia de la atmósfera terrestre, que es relativamente transparente para los rayos visibles del Sol pero que retiene los rayos "caloríficos" invisibles que el suelo caliente irradia.

El hecho de que la superficie de la Luna pierda tan rápidamente el calor acumulado muestra, al mismo tiempo, la baja capacidad calórica y la mala conductividad térmica del suelo de la Luna, de lo cual se desprende que, durante el calentamiento, nuestro satélite sólo puede acumular una pequeña reserva de calor.

[Volver](#)

