

LUNA

JOSÉ MARÍA MAZA SANCHO

LUNA

El origen, la historia
y los mitos que orbitan el
satélite terrestre

 Planeta

1

Distancia a la Luna: de Aristarco al radar

Hoy sabemos que el Sol funcionará durante diez mil millones de años (10 giga-años, 10 Ga). La mayoría de las estrellas tiene masa para funcionar entre 10 y 100 Ga. Las estrellas de masas muy grandes, 30, 50 u 80 masas solares, consumen tan rápido su combustible nuclear que viven (funcionan) apenas diez o veinte millones de años. Los tiempos en el universo, en las galaxias se cuentan en millones de años, o miles de millones. Hay algunos fenómenos celestes muy efímeros, como las supernovas, pero son de muy baja ocurrencia. Si pudiésemos hacer turismo por la Vía Láctea hoy o en un millón de años más veríamos paisajes idénticos. Habría que afinar mucho la vista para ver algún cambio sutil. En el cosmos el tiempo terrícola, el de nuestro reloj, parece estar detenido. Por lo vertiginoso que nos parece el acontecer en la Tierra, al salir al espacio todo se ralentiza y parece detenerse. Esa inmutabilidad del cielo debe haber sido uno de los grandes atractivos para que las primeras civilizaciones se preocuparan de estudiarlo. En un mundo donde todo cambia, el cielo permanece. Tomar una perspectiva cósmica nos lleva a cambiar el tictac de nuestro reloj, pero también tenemos que cambiar la vara de medir. Los centímetros y los metros son inútiles. Incluso los kilómetros solo nos sirven en la cercanía de nuestro planeta. Los

astrónomos han tenido que inventar dos unidades para ser usadas en el espacio interestelar: el año-luz y el parsec. El año-luz es simplemente la distancia recorrida por un rayo de luz en un año, viajando a trescientos mil kilómetros en cada segundo, o $300.000 \times 3.600 = 1.080.000.000$ km en una hora. Eso multiplicado por 24 y luego por 365,25 da un gran total de 9.467.000.000.000 km en un año, es decir, 9,5 billones de kilómetros en un año. Esa unidad no tiene utilidad alguna en la Tierra, pero las estrellas más cercanas están a 4,3 a 6 o a 8 años-luz y las más lejanas que podemos ver a simple vista están ya a cientos de años-luz. La otra unidad, el parsec, equivale a 3,26 años-luz y deriva de la forma como se miden las distancias estelares (mediante paralaje). Las distancias entre galaxias se miden en kiloparsecs o megaparsecs, equivalentes a mil y un millón de parsecs, respectivamente. Esta historia de medir distancias en el cosmos empezó hace más de dos mil años, midiendo la distancia a la Luna.

La naturaleza nos brinda un espectáculo sublime cuando vemos salir la luna llena por sobre la cordillera. Y esa misma belleza no disminuye si la vemos levantarse desde el mar. Su luz suave, amortiguada por la absorción de la atmósfera que le imprime un tinte amarillento, nos permite ver en ella manchas; zonas oscuras y brillantes. Entonces, la pregunta surge de inmediato: ¿A qué distancia nuestra se encuentra la Luna y cuán grande es? Al ser el cuerpo celeste que vemos moverse con mayor rapidez en el cielo hizo sospechar a los antiguos que se trataba del cuerpo más próximo a la Tierra, pero ¿qué tan cercano?

Mucho tiempo atrás se vio que el “tamaño angular” del Sol y la Luna son muy similares. Se dice que fue Tales de Mileto quien advirtió que el tiempo que demora el Sol en ponerse, desde que su limbo parece tocar el horizonte hasta que desaparece totalmente es $1/720$ del tiempo que transcurre en un día. Por lo tanto, concluyó que el Sol ocupa esa fracción del círculo recorrido. Entonces, como el círculo completo tiene 360° el Sol ocupa medio grado, la misma cantidad que ocupa la Luna. Dicho en un lenguaje coloquial, la puesta del Sol (o de la Luna) demora dos minutos y el día tiene 1440 minutos ($24 \times 60 = 1440$). Dos minutos de tiempo corresponde a $1/720$ del día.

El gran avance en nuestro conocimiento sobre la distancia a la Luna ocurrió en el siglo III a. C, gracias al gran astrónomo griego Aristarco de Samos, quien se dio cuenta de que cuando vemos iluminada solo la mitad de la Luna, en cuarto creciente o cuarto menguante, el triángulo Sol-Luna-Tierra es rectángulo en ella.

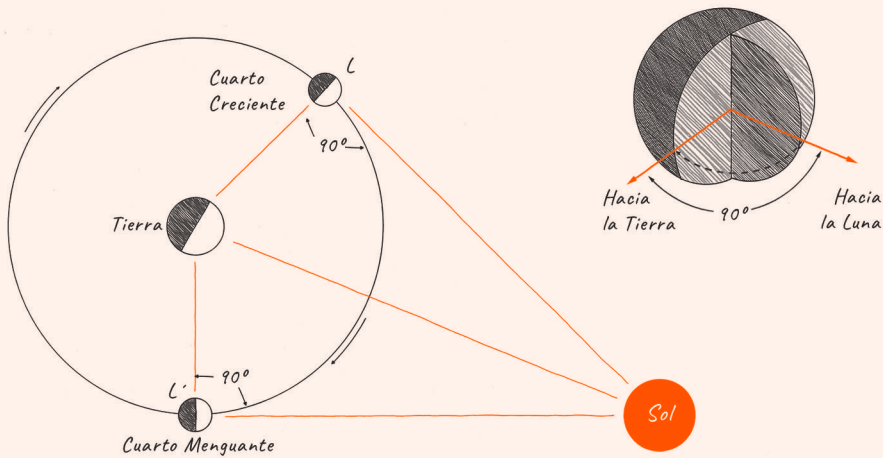


Figura 1: En el presente dibujo se muestra el cuarto creciente (L) y el cuarto menguante (L'). Ambos triángulos son rectángulos en la Luna (L o L').

Aristarco, asumiendo que la Luna recorre su órbita con igual velocidad, pensó que transcurre un menor tiempo entre la luna menguante a la creciente que el tiempo que demora de creciente a menguante. Esta diferencia la midió y determinó en un día. De esa manera encontró un ángulo de 87° para el ángulo Sol-Tierra-Luna. Ese triángulo le permitió concluir que la distancia Tierra-Sol es diecinueve veces la distancia Tierra-Luna. Un siglo más tarde, el gran astrónomo de la Antigüedad, Hiparco de Nicea, se declaró incompetente para resolver este problema dejándolo sin solución. Posteriormente, Claudio Ptolomeo adoptaría el valor de Aristarco. El ángulo, que Aristarco adopta como 87° , en verdad es mucho más cercano al ángulo recto (es $89^\circ 51'$, pero este ángulo es muy difícil de medir y además la hipótesis de igualdad de velocidades en la órbita lunar no es correcta).

Aristarco toma el valor 19 para la distancia al Sol en términos de la distancia a la Luna. Como ambos cuerpos subtenden en el ojo una medida angular de medio grado, si el Sol está diecinueve veces más lejos deberá ser diecinueve veces más grande en diámetro que la Luna.

Sabiendo eso, Aristarco estudió los eclipses de Luna llegando a la conclusión de que la sombra de la Tierra a la distancia de la

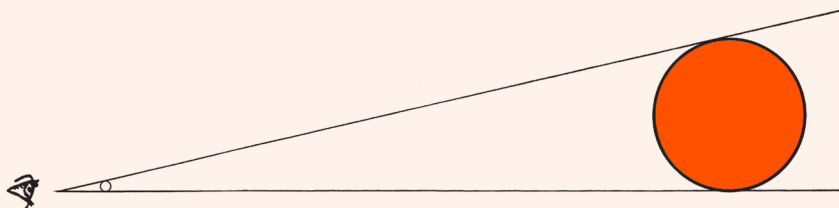
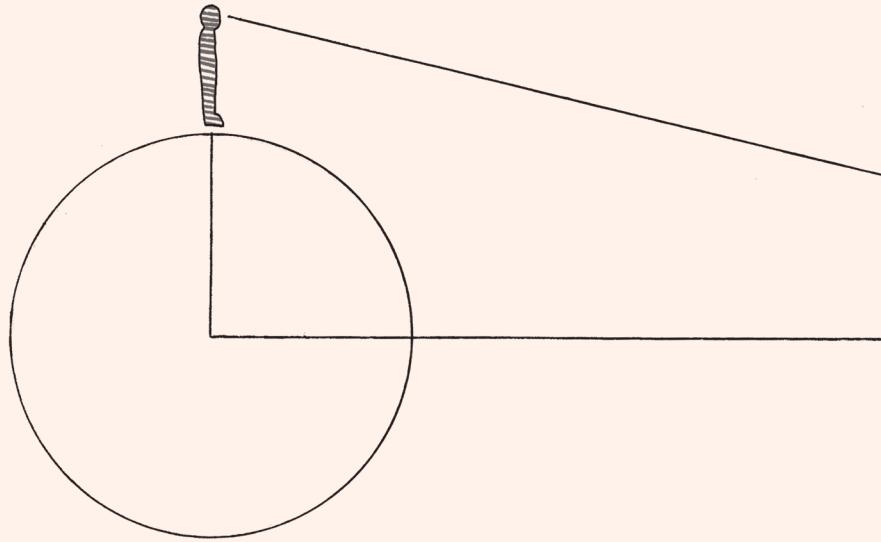


Figura 2: El Sol estando diecinueve veces más lejos que la Luna debe ser diecinueve veces más grande, pues ambos tienen igual diámetro angular.

Luna es $\frac{8}{3}$ del tamaño de la Luna. Con ello, determinó que el tamaño de la Luna es $\frac{1}{3}$ del tamaño de la Tierra, y la distancia a la Luna es de sesenta radios terrestres. La verdad es que Aristarco se equivocó en su cálculo y encontró un valor 20, pero que fue rápidamente corregido por Hiparco de Nicea a 60,5. Ptolomeo, tres siglos después, adoptó el valor 59, siendo 60,3 el valor moderno. Podemos decir con exactitud que la distancia a la Luna se conoce con muy buena precisión desde el siglo III a. C. cuando el gran Eratóstenes de Alejandría midió el radio terrestre. Su valor para el radio terrestre era, sorprendentemente, de 6320 km, con lo cual el valor de la distancia a la Luna de Hiparco es de 380.000 km.

Con los instrumentos adecuados el valor de la distancia a la Luna se puede medir fácilmente por paralaje geocéntrico. Dos observadores en diferentes lugares de la Tierra verán a la Luna proyectada en distintas partes de la esfera celeste. Como la Luna está tan cerca y la Tierra rota, cuando se ve la Luna en el horizonte la estamos viendo un radio terrestre más arriba que el centro de la Tierra y por ende la vemos “más baja y más adelante en su órbita”. Cuando la Luna está en el meridiano la vemos en la misma dirección que la vería un observador desde el centro de la Tierra. Cuando la Luna se está poniendo en el horizonte la vemos “más baja y más



atrás". Ese paralaje geocéntrico es de casi un grado y muy fácil de medir. Por esta razón innumerables astrónomos, desde Ptolomeo al siglo xx, midieron el paralaje lunar y con ello la distancia a Selene.

Durante el siglo xx, con el descubrimiento de las ondas electromagnéticas y el invento del radar en la Segunda Guerra Mundial, las mediciones a la Luna entraron en una nueva etapa. La distancia media a la Luna, de 384.400 km, se conoce hoy con una precisión de milímetros. Los mejores valores actuales de la distancia a la Luna son 384.403 km para la media, 363.300 km para una mínima (perigeo) y 405.500 km para una máxima (apogeo). Tres de las misiones Apolo dejaron un autorreflector láser, un aparato que devuelve el rayo en la dirección en que venía, no como lo hace un espejo que solo lo devuelve en la misma dirección en que venía cuando incide perpendicularmente a él. Desde 1969 la Luna se aleja de la Tierra a una velocidad de 3,8 cm/año, por lo tanto se ha distanciado dos metros, más o menos la velocidad a la cual crecen las uñas. Ese alejamiento se debe, entre otras cosas, al efecto de la Luna en las mareas que frena la rotación terrestre. Lo que pierde la Tierra en momento angular (cantidad de giro) lo gana la Luna alejándose de la Tierra.

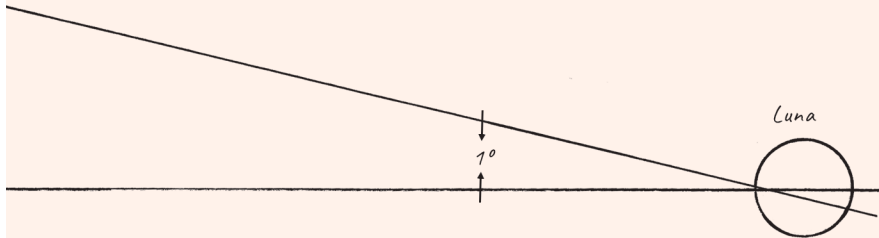


Figura 3: Desde la Luna el radio terrestre subtende un ángulo de aproximadamente 1° .

Pese a que la distancia a la Luna en términos astronómicos es muy pequeña, la luz viaja a 300.000 km/s, por lo cual la distancia a la Luna es de 1,28 segundos-luz. Una conversación telefónica con un astronauta en la Luna tendrá un retardo de 2,56 segundos de base más los retardos introducidos por la comunicación. Ese retardo será pequeño; sin embargo, mucho más notorio es el retardo a Marte donde su valor mínimo será de 3,5 minutos (7 min ida y vuelta) y puede llegar a 20 min (40 min ida y vuelta), lo que haría imposible la comunicación con Marte a través de una conversación telefónica normal. Lo más probable es que tengamos que comunicarnos vía WhatsApp u otra aplicación equivalente.

2

Órbita lunar: excentricidad e inclinación

El gran filósofo griego Platón, en el siglo IV a. C. dijo que el cosmos era perfecto al igual que los cuerpos celestes, y que sus movimientos eran circulares y uniformes. Platón veía más belleza y perfección en los movimientos circulares uniformes que en cualquier otro movimiento y por ello la Luna debía girar alrededor de la Tierra siguiendo un círculo, con velocidad angular constante. Pero las observaciones de la Luna ponían en duda la afirmación de Platón. La Luna no se mueve con velocidad constante en el cielo y su tamaño angular cambia en el curso de un mes. Pese a que dichos cambios son pequeños, los astrónomos antiguos los conocían bien e hicieron modelos matemáticos muy ingeniosos con los que, sumando movimientos circulares uniformes, se podía explicar el movimiento aparente de la Luna. En el siglo II d. C. el astrónomo egipcio Claudio Ptolomeo utilizó epiciclo y deferentes para explicar el movimiento de la Luna. Es una situación completa, ya que se trata de lo que los astrónomos llaman “un problema de tres cuerpos”, pues si bien la Luna gira en torno de la Tierra siente la influencia del Sol; en una parte de su órbita va hacia el Sol y se acelera, y en el lado opuesto se va alejando del Sol y se va retrasando. Recién al empezar el siglo XVII, el astrónomo alemán Johannes Kepler descubre las leyes del movimiento planetario

estudiando el planeta Marte. La órbita es una elipse con el Sol en uno de los focos. Kepler aplica sus descubrimientos a todas las órbitas planetarias incluidos los satélites de Júpiter y la Luna.

Desde entonces sabemos que la Luna orbita la Tierra siguiendo una trayectoria elíptica, que posee un semieje mayor (a), de 384.400 km y una excentricidad (e) de 0,055. La distancia mínima a la Tierra es $a(1-e) = 363.300$ km (perigeo) y una distancia máxima a la Tierra (apogeo) $a(1+e) = 405.500$ km. La órbita de la Luna está inclinada con respecto al plano de la órbita terrestre, la eclíptica, un pequeño ángulo de tan solo $5^{\circ} 8,7'$. La elipticidad de la órbita hace que la Luna aparezca ante un observador de un mayor tamaño angular (se ve más grande) cuando está en el perigeo y su tamaño angular es menor cuando se encuentra en el apogeo. Esto nos explicará las superlunas y es muy importante en los eclipses de Sol. Ya hablaremos de ello.

3

Período sideral y sinódico

La Luna completa un giro en su órbita en relación con las estrellas lejanas, conocido como período sideral, en 27,3 días. Como la Tierra se va trasladando alrededor del Sol, si empezamos a ver la Luna en el momento en que está en conjunción con el Sol (luna nueva), 27,3 días más tarde habrá completado una vuelta en su órbita, pero aún faltarán 2,2 días para que la Luna vuelva a estar en conjunción (siguiente luna nueva). Se llama período sinódico al tiempo que le toma a la Luna ir entre dos conjunciones consecutivas. El período sinódico de la Luna es de 29,53 días, el mismo que corresponde al de sus cuatro fases.

Cuando se formó la Luna se estima que la Tierra rotaba muy rápidamente, en tan solo seis horas a 25.000 km de la Tierra. Las mareas que la Luna introduce en la Tierra, que eran mucho más intensas cuando estaba mucho más cerca, fueron frenándola y alejando a la Luna.

Figura 4: Revolución sideral y revolución sinódica. Mientras la Luna gira alrededor de la Tierra, esta se desplaza en torno al Sol. Desde que la dirección Tierra-Luna apunta a una estrella, por ejemplo, Aldebarán, pasarán 27,3 días hasta que la dirección Tierra-Luna vuelva a apuntar a Aldebarán. Sin embargo, faltarán aún 2,2 días para la siguiente luna nueva.

