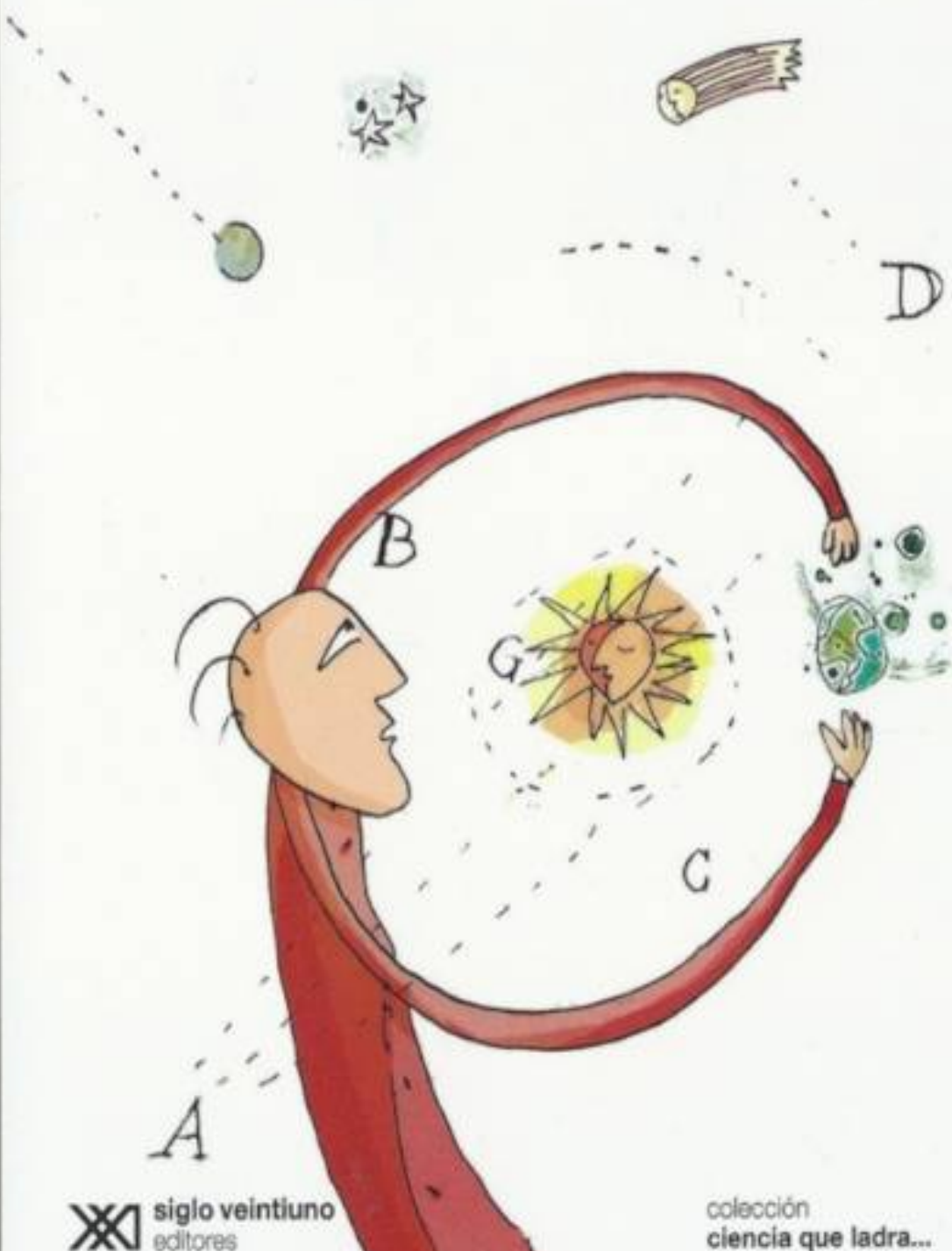
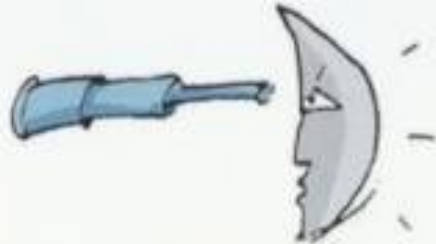


elsa rosenwasser feher

cielito lindo

astronomía a simple vista



Presentación

Qué son esas luces que se mueven en el cielo nocturno? ¿O somos nosotros los que nos movemos? Si vemos salir y ponerse el Sol todos los días, ¿por qué decimos que es la Tierra la que gira? Y la luna, ¿qué cara tiene? ¿Se puede "leer" el cielo basado en las sombras del Sol y en el movimiento de las estrellas y los planetas? Para conocer este cielito lindo no hacen falta supertelescopios, ni computadoras, ni siquiera anteojos. Elsa Rosenvasser Feher nos enseña a mirar hacia arriba, a seguir los astros noche tras noche o, con cuidado, a recorrer el cielo diurno subidos al carro del Sol. En el camino, viajamos junto con Pitágoras, con Ptolomeo, con Copérnico, con Galileo Galilei. ¿Quién no querría viajar con semejante compañía? ¿Quién no miró hacia arriba y se sintió parte de ese cielo que da vueltas?

Porque todavía se mueve, y porque también es parte de nuestro camino, a este cielo se lo recorre subidos a la ciencia. Y mirando para arriba.

Acerca de la autora

Elsa Rosenvasser Feher

Se licenció en Físicomatemáticas en la Universidad de Buenos Aires, cuando todavía estaba en la Manzana de las Luces, en el centro de la ciudad. Se doctoró en Física en la Universidad de Columbia de la ciudad de Nueva York y se ocupó durante varios años de la investigación experimental en el campo de la física del estado sólido (que hoy se llamaría "materia condensada") en la Universidad de California, San Diego. Con el nacimiento de sus hijas viraron sus intereses y desde entonces se ha dedicado, de una forma u otra, a proyectos que involucran la enseñanza de ciencia a docentes y al público no experto. Como profesora en la Universidad Estatal de San Diego, desarrolló y enseñó una serie de cursos para futuros maestros. También comenzó un programa de investigación sobre las barreras conceptuales de los alumnos frente al aprendizaje de las ciencias físicas, un área que a la sazón (las postrimerías de los años setenta) era novedosa.

Durante catorce años a partir de 1983 dirigió el establecimiento del grupo de creación y desarrollo de módulos y exposiciones interactivas en el Centro de Ciencias Reuben Fleet de San Diego. Ahora trabaja con jóvenes científicos argentinos en una variedad de proyectos educativos (salas de museos, campamentos, libros para docentes y de divulgación). Esta labor "de retorno a la patria" le produce inmensa satisfacción.

Capítulo 1

La función que nunca termina

*Ay, ay, ay, ay, canta y no llores,
que yo les daré el secreto,
cielito lindo, pa' que te exploren...*

Agujeros negros, galaxias lejanas; telescopios espaciales, receptores infrarrojos; teorías cosmológicas, cosmogonías: esta es una lista de algunos de los temas que no vamos a tratar en este libro. Con lo interesante que es todo eso, ¿por qué no? Por un lado, porque eso es lo más moderno, la astronomía de punta, y de eso ya se ocupan los medios, los astrónomos y otros libros de divulgación. Y por otro lado, porque la astronomía clásica, aquella que todos pueden apreciar usando tan solo sus propios ojos, también es fascinante pero desconocida por la mayor parte de la población, y raramente expuesta en forma coherente. Y esto es lo que sí vamos a tratar en este libro.

Durante los muchos años que enseñé ciencias, cuando les preguntaba a mis alumnos qué parte del curso les había gustado más, la mayoría contestaba: "Astronomía". Claro que el curso cubría propiedades de la materia, ondas, naturaleza de la luz, y otros temas a mi juicio muy lindos. "¿Por qué astronomía?", quería saber. Y la respuesta más o menos in-variante era "porque lo que sucede allí en el cielo noche tras noche, día tras día, es increíble. Y no puedo creer que llegué a ser adulto sin percatarme de algo que estaba ahí para que yo lo viera cualquier día, en cualquier lado. Y que con un poco de atención podría predecir lo

que iba a verse en el cielo dentro de una semana o un mes, o lo que había pasado hacía una semana o un mes".

Esa es la fascinación que quiero transmitir en estas páginas. La fascinación de sentirse parte de un universo constante, predecible, invariante porque uno lo lleva consigo cuando viaja y, si lo conocemos bien en donde vivimos, lo reconoceremos como cielo amigo en cualquier lugar extraño en que nos encontremos. La fascinación, también, de conocer los cielos como los conocían los egipcios y los babilonios, y de entenderlos como los entendían los griegos. Y como los entendemos nosotros a partir de la gran síntesis newtoniana de todos los movimientos, terrestres y celestes.

Nuestro itinerario de exploración comienza con la luna, sigue con el sol, pasa por las estrellas y termina con los planetas. Esta secuencia de observaciones seguramente no fue la de los babilonios y egipcios. Los registros históricos indican que los antiguos concentraban su atención, inicialmente, en lo que sucedía en el horizonte, en el lugar del horizonte donde se levanta o se pone un astro. Muy especialmente se fijaban en las estrellas, porque son los únicos astros visibles que mantienen constante, a lo largo del tiempo, el lugar sobre el horizonte en donde salen y se ponen.

Sin iluminación artificial nocturna, que aclara el cielo y diluye la luz de las estrellas, sin polución, sin edificios altos que obstruyen el horizonte, nuestros antepasados podían pasar la noche entera siguiendo el curso de las estrellas en el cielo. Para nosotros, en las grandes ciudades, las trayectorias de la luna y el sol cuando están altos en el cielo son

más conocidas que las estrellas o las posiciones de los astros sobre el horizonte.

Un poco de historia

Los primeros registros históricos de la astronomía antigua se remontan a los babilonios y egipcios. Los babilonios no tenían papel y lápiz, pero eso no les impidió hacer su documentación escribiendo con palitos en tabletas de arcilla, hace unos cinco mil años. Los egipcios, antes de haber inventado el papiro, usaban sus templos y tumbas-pirámides como puntos de referencia. Por ejemplo, cuando la estrella Sirio estaba en el este al amanecer, y el primer rayo de sol entraba por una rendija en una tumba e iluminaba la cara de la estatua del faraón ahí dentro... entonces se sabía que estaban por empezar las inundaciones del Nilo. Ese era el comienzo de lo que ahora llamamos verano.

La idea de usar monumentos para documentar -y por lo tanto poder predecir- los movimientos repetitivos de los astros que se notan a simple vista aparece en forma independiente en distintos pueblos en distintas épocas. Así, en Inglaterra, los habitantes de hace dos mil años hicieron grandes construcciones con enormes piedras que se supone eran calendarios. También hay evidencia de que los templos de Teotihuacán y Tenochtitlán en la Mesoamérica precolombina funcionaban como observatorios astronómicos.

Los escritos (códices) mayas y aztecas que se han preservado ¹ contienen almanaques solares y lunares, y hasta un calendario con la descripción de cien años de los movimientos de Venus.

Sabemos que los fenicios, que eran grandes navegadores, empleaban las estrellas para orientarse en el mar Mediterráneo. Y así también los polinesios; la historia del descubrimiento de Hawaii es la de una larguísima travesía, guiada por los cielos, a través del océano Pacífico.

Podríamos decir que las observaciones celestiales de los antiguos tenían tres objetivos: por un lado, la fase religiosa, de adoración, en la que el sol, la luna, los planetas y las estrellas son divinidades. Por otro, la fase pragmática de construir mapas para la navegación y calendarios que permitieran determinar las fechas del culto y las épocas para arar, sembrar, recoger la cosecha. En el medio queda el ejercicio de la astrología, que es la creencia en la influencia celeste sobre lo humano y consiste en emplear lo que ocurre en el cielo para predecir lo que va a suceder en la Tierra.

Nuestro punto de partida

La idea de hacer observaciones por el mero afán de adquirir conocimientos es muy reciente. Hemos heredado de los griegos esta ansia del saber por saber, el gusto por las teorías y explicaciones. Cuando decimos que la ciencia occidental tal como la conocemos tiene su origen en la forma de indagar de los griegos allá por los años 300 a.C., queremos significar que con los griegos nace la noción de ciencia como la búsqueda, por debate y consenso, de explicaciones racionales del mundo que nos rodea.

En la actualidad esta indagación continúa. Ya no adoramos al dios sol, no creemos en la astrología (¡esperemos que así sea!), ya tenemos nuestro calendario y nuestros

geoposicionadores satelitales. Y sin embargo, queremos saber más del mundo que nos rodea. Es por eso, suponemos, que el lector nos ha seguido hasta aquí.

Nuestro punto de partida en esta aventura conjunta son las observaciones, que nos pondrán al tanto de lo que ya conocían los griegos. Una vez generada la evidencia observacional —y recién entonces—, iremos proponiendo modelos que expliquen racionalmente los datos acumulados. El objetivo será construir una teoría que dé cuenta de los pormenores de los movimientos de los cuerpos celestiales. La historia de los modelos, cómo unos van suplantando a otros, la naturaleza de los debates y los tiempos transcurridos hasta que un modelo prima sobre otros... todo eso lo veremos en una vívida lección sobre lo que es, verdaderamente, una teoría científica aceptada.

¿Listo? Vamos, entonces, afuera, a mirar la función que nunca termina. Tomen nota: en el teatro celeste, donde la función nunca termina, los mejores asientos (aunque no es en absoluto necesario sentarse: se puede mirar perfectamente el espectáculo de pie) son los que miran al norte si uno vive en el hemisferio sur, o los que miran al sur si uno vive en el hemisferio norte. Para los que viven sobre el ecuador, habrá que mirar derechito hacia arriba. Y si no es del agrado del lector salir a mirar, puede quedarse sentado en su sillón leyendo, y saltarse todo lo que está impreso en *bastardilla*². Sea como sea, ¡que lo disfruten!

Capítulo 2

Luna lunera

*"¿Cuál es más importante, la luna o el sol?"
"La luna", contestan los chicos, "porque nos ilumina
de noche cuando está oscuro, mientras que de día
hay luz de cualquier forma."*

Luna lunera cascabelera, ¿dónde estás, adónde vas?

O, mejor aún, que la luna lunera nos diga qué hora es y qué cara tiene, y lo del lugar y el movimiento lo resolvemos nosotros.

La forma más interesante de hacerlo es realizar una serie de observaciones a lo largo de un mes. Si tienen la paciencia de mirar el cielo casi todos los días, haremos un estudio juntos. De lo contrario, pueden saltarse lo que sigue en bastardilla e ir derecho a la sección que da los resultados (¡pero así se van a perder la experiencia!).

Sabemos que la luna cambia de lugar en el cielo: un día está acá, en otro momento está allá. Para determinar en forma sistemática cuánto se mueve, necesitamos un instrumento para medir ángulos. Usaremos un instrumento portátil que llevamos siempre a cuestas: nuestro puño.

¿Cómo medir ángulos con el puño? Siéntense frente a una mesa. Estiren un brazo sobre la mesa. Fíjense en que quede paralelo al piso. (Si no, ajusten las alturas de silla o mesa). Formen puños con las manos. Vayan poniendo un puño sobre otro, meñique sobre

pulgar -para esto conviene que alguien los ayude a mantener la posición de los brazos- hasta que un brazo quede totalmente vertical, paralelo a las paredes:

Figura 1. Calibrando el puño para medir ángulos

Ahora hay que contar cuántos puños se necesitan para cubrir los noventa grados entre el brazo horizontal y el brazo vertical. Dividiendo 90° por el número de puños, se obtiene el ángulo que mide el puño. Por ejemplo, yo necesito doce puños para cubrir el ángulo recto, así que un puño mío mide $7,5^\circ$.

Observación 1.

Además del puño, se necesitará un cuadernillo para ir anotando lo que observemos. Para empezar, tenemos que mirar el cielo hasta que encontremos la luna. (No sólo de noche: de día también se suele ver). Cuando la encontremos, debemos notar nuestra posición y ubicar la luna alineándola con algún objeto presente en el campo visual (un poste, una chimenea, un árbol) que sirva de referencia³. Con esto podemos realizar un croquis y anotar día y hora de la observación. Algo así:

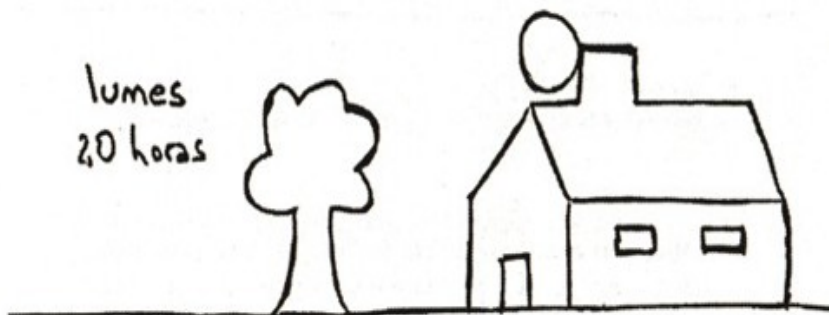


Figura 2. Ubicando la luna

Si regresamos una hora más tarde al mismo lugar, el dibujo podrá cambiar así:



Figura 3. Desplazamiento de la luna

Midamos cuánto se movió la luna. ¿Cuántos puños? ¿Cuántos grados? El número en puños no sirve para comparar el resultado de diferentes personas. Pero los grados son una unidad universal, y ese resultado sí se puede comparar con el de los demás.

En el hemisferio sur (en la Argentina, por ejemplo) la luna se mueve de derecha a izquierda. En el hemisferio norte (en España, por ejemplo) la luna se mueve de izquierda a derecha. En ambos casos, el movimiento es de este a oeste, pe-

ro en el hemisferio sur, para seguir la luna un buen rato estaremos mirando al norte, mientras que en el hemisferio norte estaremos mirando al sur... En suma, para ver la "carretera celeste" donde transitan el sol, la luna y las estrellas del zodiaco⁴, tendremos que mirar en direcciones opuestas según el hemisferio en que estemos.

Observación 2.

Ahora haremos otra observación: uno o dos días más tarde, se deberá volver al mismo lugar a la misma hora del primer dibujo. Hagamos otro esquema mostrando la posición de la luna respecto de la referencia que hayamos elegido, y así podremos medir cuánto se movió la luna en un día.

Sigamos cada día el movimiento de la luna a la misma hora, hasta que no la podamos seguir más. Notemos bien los cambios de forma de la luna; incluso podemos dibujarlos. ¿Por qué no la podemos seguir más? ¿Desapareció detrás de casas, árboles o montañas? ¿Se hizo tan pequeña que no la podemos ver? ¿Estaba acercándose demasiado al sol y era peligroso seguir mirando? ¿Estuvo nublado tantos días consecutivos que se perdió de vista? Es cuestión de buscarla en el cielo en otro momento y seguir notando los cambios de forma.

¿Cuánto y cómo se mueve esa luna?

De hora en hora vemos que la luna se mueve del este al oeste (del mar hacia las montañas, en la Argentina) junto con el sol y las estrellas. Todo el firmamento parece moverse junto, quince grados por hora, como si fuera una gran bola.

¿La observación 1 dio esto como resultado? (Un giro entero son trescientos sesenta grados en veinticuatro horas, o sea quince grados en una hora.)

De día en día la luna se mueve alrededor de la Tierra de oeste a este $12,5^\circ$ (¿fue ése el resultado de la medición?), de modo que la vemos en el mismo lugar que el día anterior casi una hora más tarde. (Como la luna es responsable de las mareas en el océano, las mareas también se postergan casi una hora de día en día.)

Las caras de la luna

A medida que pasan los días, la luna va cambiando su forma, su "cara", o lo que llamamos su "fase". El orden de las fases es siempre el mismo: si vemos la luna que parece una medialuna de esas que comemos con el café con leche (que, en rigor, no son ni medias ni cuartos) y después se va rellenando, la llamamos luna creciente; crece hasta llegar a ser llena y luego decrece -luna menguante- hasta que parece otra vez una medialuna de las que se comen, pero con las puntas mirando hacia el otro lado. ¿Hacia dónde apuntan las puntas? Hacia el oriente, si la luna es creciente. Para el otro lado si la luna ha menguado. La luna "nueva" es la que ocurre entre la luna menguante y la luna creciente, cuando no la vemos.

La luna tarda cuatro semanas en dar la vuelta a la Tierra, casi un mes en el calendario solar que usamos cotidianamente. Si empleáramos un calendario lunar, como el judío y el musulmán, la fase de la luna nos indicaría el día en que estamos. En el calendario lunar, el comienzo del mes suele ser la luna nueva, de modo tal que el 15 del mes es siempre

luna llena. La pascua judía, por ejemplo, se celebra el 15 del mes de Nisán, o sea, en la primera luna llena después del comienzo de la primavera en el hemisferio norte (21 de marzo), y por lo tanto puede caer en marzo o en abril.

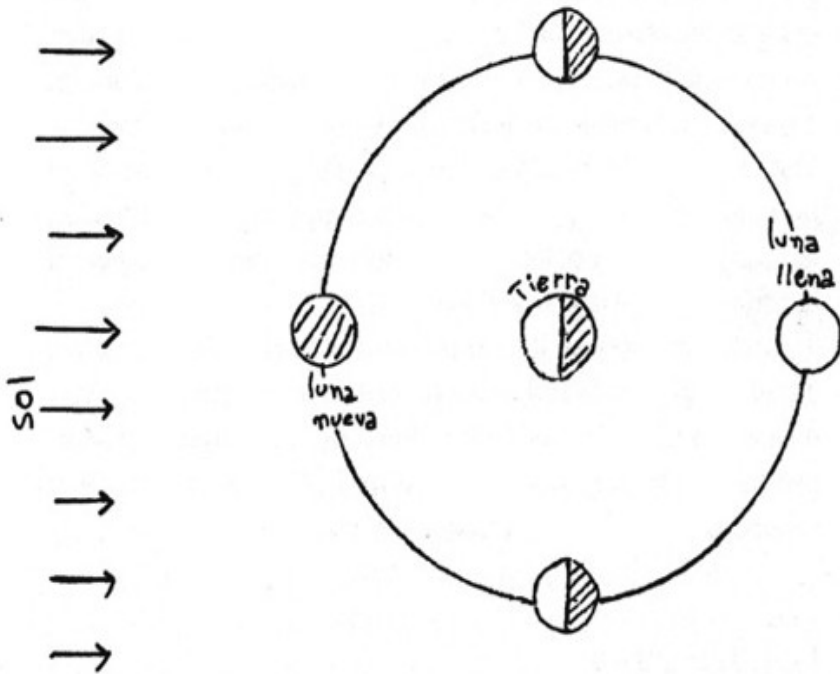


Figura 4. Formación de las fases de la luna

Como la luna no tiene luz propia, nosotros la vemos porque la ilumina el sol. La disposición sol-luna-Tierra va cambiando a lo largo de un mes, y eso es lo que nos hace ver fases: los rayos del sol iluminan la cara de la luna que le hace frente; si algunos de esos rayos se reflejan a nuestros ojos, vemos la luna. (Siempre que vemos algo es porque hay luz que llega a nuestros ojos desde ese algo.)

Cuando la luna está entre el sol y la Tierra, no la vemos porque ninguno de los rayos del sol que la iluminan se refleja hacia nosotros. Es la luna nueva. Cuando la luna se en-

cuentra en el lado opuesto al del sol, vemos toda la cara iluminada, es decir, la mitad de la luna. Es lo que llamamos luna llena. Vemos la luna en cuarto creciente o menguante cuando el sol, la luna y nuestros ojos forman un ángulo recto. Pensando a la luna como una pelota, vemos sólo un cuarto de la pelota: la mitad de la mitad que ilumina el sol.

Si estas fases se llamaran cuartos porque lo que vemos es un cuarto de la luna entera, entonces la luna llena tendría el nombre de medialuna. Pero no, se llaman "cuartos" porque ocurren cuando la luna ha hecho un cuarto de su recorrido entre las fases nueva y llena.

Los eclipses

Podría parecer que la Tierra, cuando está entre la luna y el sol, impide que los rayos de éste lleguen a la luna, con lo cual tendríamos un eclipse de luna. Es decir, no veríamos nunca la luna llena porque estaría en la sombra de la Tierra.

También podría parecer que la luna, cuando está entre el sol y la Tierra, impide que los rayos de sol lleguen a la Tierra, con lo cual tendríamos un eclipse de sol.

Si es así: ¿por qué no hay eclipses todos los meses, cuando tenemos luna llena y cuando hay luna nueva? Porque para que ocurra un eclipse, el sol, la Tierra y la luna tienen que estar perfectamente alineados. Pero la luna, en su trayecto alrededor de nuestro planeta, no se mueve en el mismo plano que la Tierra alrededor del sol; más aún, otros factores (influencias gravitacionales de la Tierra y del sol, *elipsicidad* de la órbita terrestre) perturban el recorrido de la luna. Por eso los eclipses de sol y de luna no ocurren todos los meses, sino sólo cada tanto.