

## Historias de la ciencia

Por: Guillermo Pineda \*

Alertada por una llamada de Tomás, el anticuario, Eliza se asoma a la ventana y mira hacia el oriente. Magnífica y resplandeciente, la Luna llena empieza a elevarse sobre las montañas en el cielo despejado, exhibiendo un sugestivo contraste entre la exquisita redondez de su figura y la irregular tonalidad de su piel. A pesar de haber visto el mismo espectáculo en incontables ocasiones, la joven se deja atrapar por su influjo como si fuera la primera vez. Su pensamiento la lleva a imaginarse la emoción que debió embargar a Galileo en la primera ocasión que dirigió su primitivo telescopio hacia nuestro más cercano vecino astronómico, para descubrir algo que muy probablemente ya sospechaba: la rugosa textura de su superficie –resuelta gracias al aumento del aparato óptico– tiene más en común con una zona desértica y montañosa de la Tierra que con el mítico e impoluto bruñido de los cuerpos celestes. Luego de un rato de disfrutar del sideral espectáculo Eliza tomó el teléfono y llamó a Tomás:

**Tomás:** Aló.

**Eliza:** ¡Quihubo Tomás!, con Eliza.

**Tomás:** ¿Cómo te pareció la vista?

**Eliza:** Increíble, no es difícil adivinar por qué tantos poetas se han inspirado en ella para cantar sus amores y sus desamores.

**Tomás:** Ni por qué Galileo quedó tan fascinado después de apreciarla en toda su terrenalidad.

**Eliza:** En eso estaba pensando; imagínate que acabo de terminar de leer la primera jornada de los Diálogos, y le dedican mucho espacio a la Luna.

**Tomás:** Ese pasaje es maravilloso, tenemos que comentarlo.

**Eliza:** Mañana por la tarde, cuando salga de la universidad, te voy a hacer la visita al “Antiquarium” para que conversemos.

**Tomás:** Te estaré esperando.

El día de Eliza en la universidad transcurrió sin novedades. Después de la última clase de la tarde se dispuso a visitar a Tomás para continuar su discusión sobre la lectura que desde días atrás estaban haciendo de los Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo de Galileo. Lamentaba que Juancho no los estuviera acompañando pero sus múltiples compromisos —dada su calidad de profesor de cátedra y de estudiante de posgrado en el Instituto de Física— no le dejaban tiempo para este tipo de actividades; no obstante, había ofrecido, muy gentilmente, su asesoría cuando la joven estudiante de periodismo lo requiriera; pero Eliza, consciente de las obligaciones de su amigo, no quería abusar y prefería hacer el esfuerzo de leer el texto y tratar de entenderlo por sus propios medios, cosa que no siempre resultaba fácil. Para la reunión que iba a tener con Tomás llevaba un gran número de preguntas e inquietudes que había anotado muy juiciosamente. Al llegar a “Antiquarium” encontró a su anfitrión bien preparado para el evento.

**Tomás:** ¡Hola Eliza! Te estaba esperando para servir el café.

**Eliza:** Me caería muy bien.

**Tomás:** ¿Y cómo te fue con la lectura?

**Eliza:** Terminé la primera jornada, pero no fue fácil, no sólo por la dificultad del inglés, sino porque a veces no me queda muy claro qué es lo que pretenden demostrar con las discusiones en las que se embarcan.

**Tomás:** Respecto a la primera dificultad te tengo una buena noticia: ya encargué un ejemplar de los Diálogos en español; me debe llegar esta semana y lo tendrás a tu disposición, además será interesante comparar la versión en inglés de Stillman Drake con la del traductor español.

**Eliza:** ¿Y pensás que pueden ser muy distintas?

**Tomás:** No me sorprendería encontrar algunas diferencias significativas, sobre todo porque Drake defiende una interpretación bastante empirista de la obra de Galileo, muy diferente, por ejemplo a la de Koyré, de quien, a su vez, se dice que es muy platónico. Ya veremos.

**Eliza:** “Todo depende del cristal con que se mire”. No deja de sorprenderme la vigencia de ese dicho. Por ejemplo, cuando Galileo habla de la Luna a través de Salviati o de Sagredo, qué Luna tan distinta es de la de Simplicio, a pesar de ser la misma vieja Luna para todos.

**Tomás:** En eso te equivocás. La Luna de Galileo no es la misma de Aristóteles porque los dos habitan mentalmente en mundos muy distintos, y así vean los mismos fenómenos, los interpretan de manera muy diferente, que es lo que se puede apreciar en las discusiones referentes a la Luna de la primera jornada.

**Eliza:** Y hablando de la Luna, ¡qué Luna la de anoche!

**Tomás:** Se veía muy impresionante porque el cielo estaba muy despejado.

**Eliza:** No sé si era mi impresión, o estoy sugestionada con todo lo que he leído sobre la Luna, pero anoche la veía más grande y más luminosa que nunca. ¿No es cierto que cuando está saliendo, la Luna se ve más grande?

**Tomás:** Sí, pero me parece que es, fundamentalmente, una ilusión óptica, debida a la cercanía con el horizonte.

**Eliza:** Pero anoche sí estaba más luminosa que en otras noches de Luna llena.

**Tomás:** Anoche la atmósfera estaba muy limpia porque había llovido por la tarde, y además no había nubes. Eso hace que el cielo se vea más oscuro porque hay menos partículas en suspensión que dispersen la luz, y en contraste con la Luna completamente iluminada, ésta se ve más brillante.

**Eliza:** ¿Cómo explicaría Simplicio, el aristotélico, el hecho de que a veces la Luna sea vea más luminosa, cuando se supone que por ser perfecta e inmutable debería tener siempre el mismo brillo?

**Tomás:** Supondría, como acabo de hacerlo yo, que se debe a fenómenos atmosféricos. A propósito, me sorprendió que la explicación de Simplicio de las manchas de la Luna no fuera atribuida a fenómenos atmosféricos, como creo que hicieron algunos escolásticos de la Edad Media, sino a la falta de uniformidad de su transparencia.

**Eliza:** Sí, pero compara a la Luna con las perlas y las piedras preciosas, cuya magnificencia se puede apreciar justamente debido a esas irregularidades, que son las que les dan valor al exhibir sus diferentes matices y tonalidades.

**Tomás:** Galileo no era tan ingenuo como para hacer que Simplicio pareciera un idiota, lo pinta tan inteligente y recursivo como puede, como para después mostrar que ha derrotado a un adversario formidable. Además, la explicación sobre las manchas de la Luna como debidas a un fenómeno atmosférico no resiste la evidencia de que siempre se ven las mismas manchas y en el mismo lugar, de modo que, indudablemente, son algo que pertenece a la Luna.

**Eliza:** Pero al comparar las manchas con las diferencias de tonalidad de la más perfecta de las perlas, o con las diferentes facetas de un diamante, le conserva el estatus de perfección, de modo que no desmerezca su condición celestial. Es muy ingenioso.

**Tomás:** No hay duda de que Galileo fue un atento observador de la Luna, yo quedé admirado de la agudeza y de la minuciosidad de sus comentarios sobre las diferencias de brillo en cada una de las regiones lunares.

**Eliza:** Yo también me quedé con la impresión de que se estaban diciendo cosas muy importantes, pero te confieso que no me quedó muy claro el tema de que una pared rugosa refleja más luz que un espejo, ¿cómo puede ser eso?

**Tomás:** Esa parte me pareció absolutamente magistral. Galileo, o Salviati, logran demostrar con argumentos muy convincentes que la Luna no es un cuerpo perfecto y que su superficie es rugosa y dispareja, algo que resulta incompatible con la supuesta perfección que le correspondería a un cuerpo celeste, perfecto e incorruptible.

**Eliza:** Eso sí me quedó claro, lo que no entendí muy bien es qué tienen que ver los espejos y las paredes de superficie rugosa con que la Luna sea un cuerpo perfecto e incorruptible.

**Tomás:** En realidad el argumento central de Galileo es muy sencillo: si la Luna fuera una esfera perfecta y su superficie fuera perfectamente lisa y especular, sería prácticamente invisible.

**Eliza:** Bueno, sí, yo entiendo que ese es el argumento, pero ¿cómo así que un espejo no se ve? ¿Acaso no es el mejor reflector de luz posible?

**Tomás:** No es que un espejo no refleje la luz, al contrario, por supuesto que sí la refleja, y lo hace mejor que cualquier otra superficie; lo que sucede con un espejo es que refleja la luz que proviene de una dirección específica en una única dirección, perfectamente determinada por la ley de reflexión que se conoce desde la antigüedad.

**Eliza:** El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. ¿Y qué pasa con las paredes?

**Tomás:** La rugosidad de la superficie de una pared hace que la luz que incide sobre ella se disperse en todas las direcciones, por eso se dice que es un difusor.

**Eliza:** Pero entonces sí refleja la luz.

**Tomás:** Claro, lo que pasa es que la estructura microscópica de una pared de textura mate está formada por un inmenso número de espejos diminutos orientados al azar, de modo que cuando los rayos de luz inciden sobre ellos se reflejan en todas las posibles direcciones.

**Eliza:** Pero Simplicio insistía en que el espejo reflejaba la luz mejor que la pared iluminada por el Sol, porque cuando él se colocaba en el lugar adecuado recibía un chorro de luz del Sol tan intenso que ni siquiera lo podía mirar.

**Tomás:** Y es cierto, pero sólo para una dirección determinada, como ya te había dicho; en cambio, la luz del Sol que se refleja en una pared difusora ilumina todo el recinto de manera muy uniforme. Los experimentos que describe Salviati para comprobar su afirmación son tan sencillos como contundentes.

**Eliza:** Te referís al experimento de colgar un espejo en la pared iluminada por el Sol. Yo no podía entender lo que él decía, que toda la pared se veía bien iluminada pero que el lugar del espejo se veía oscuro, pero ahora caigo en cuenta de lo que quería decir.

**Tomás:** Es muy fácil verificar lo que dice Galileo saliendo a la calle cuando el Sol esté iluminando la fachada de un edificio. Los vidrios se ven oscuros, excepto aquel que pueda estar reflejando la luz del Sol directamente hacia nuestros ojos.

**Eliza:** Curiosamente yo sí he hecho esa observación, y lo que he visto es que el cielo se refleja en los vidrios de los pisos más altos de los edificios.

**Tomás:** Pero a menos que el cielo esté nublado, los vidrios se verán oscuros, porque el azul se refleja poco, y el cielo despejado es mucho menos luminoso que una nube iluminada directamente por el Sol, o que una nubosidad translúcida.

**Eliza:** Eso es cierto, recuerdo un ejercicio que hicimos en el curso de fotografía: cuando el cielo estaba nublado, el exposímetro de la cámara indicaba que había mucha más luz que cuando el día estaba brillante y sin nubes.

**Tomás:** La iluminación fotográfica es un excelente ejemplo de cómo una luz direccional ilumina mucho menos el campo visual que la luz difusa, y la mejor forma de comprobarlo es con el uso del flash. Cuando uno apunta el flash directamente a un grupo de personas, usualmente obtiene un resultado muy desagradable, porque los que están en primer plano quedan sobreexpuestos, mientras que el fondo y los que están atrás quedan subexpuestos.

**Eliza:** Sí, yo sé, por eso recomiendan rebotar la luz del flash en el techo, y todo queda iluminado de manera más uniforme.

**Tomás:** Bueno, pues el hecho de que la Luna, sobre todo si está llena, ilumine tan uniformemente a la Tierra, es para Galileo una buena prueba de que su superficie es comparativamente tan irregular como la superficie de una pared.

**Eliza:** O como la arena, o la nieve, o las nubes.

**Tomás:** Esos son buenos difusores.

**Eliza:** En cambio el agua es como un espejo.

**Tomás:** Por eso los arquitectos hablan de espejos de agua cuando diseñan estanques decorativos de muy poca profundidad.

**Eliza:** A propósito, una de las discusiones más interesantes sobre las irregularidades de la superficie lunar tiene que ver con los mares de la Luna, esas inmensas extensiones más oscuras que conforman las manchas que se ven a simple vista.

**Tomás:** Para Galileo, la mayor uniformidad de la superficie de los mares, en comparación con la estructura montañosa del resto de la superficie, explica que sean menos luminosos.

**Eliza:** Es el mismo argumento de los espejos, la superficie de los mares se parece más a un espejo que las zonas montañosas, que se asemejarían a la pared difusora. Incluso comenta que, vistos desde la Luna, los océanos de la Tierra se verían más oscuros que los continentes.

**Tomás:** No sé si recordás el pasaje en el que, hablando del mismo tema, describe lo que sucede cuando se vierte un poco de agua sobre las losas del piso expuestas al Sol.

**Eliza:** Claro, lo recuerdo muy bien, dice que el agua llena los poros de la losa y forma un espejo, de modo que la luz del Sol se refleja en una sola dirección y el piso mojado se ve más oscuro que el resto.

**Tomás:** Eso es lo mismo que sucede en una carretera, de noche, cuando está lloviendo; el dicho popular es que el agua se traga la luz, pero no es que se la trague sino que la luz de las farolas se refleja hacia adelante y se pierde, regresando muy poca de ella hasta los ojos del conductor; todo lo contrario de lo que sucede cuando el pavimento está seco y se comporta como un buen difusor.

**Eliza:** Bueno, pero hubo otro argumento sobre las irregularidades de la superficie de la Luna que me llamó mucho la atención. Salviati dice que si la Luna no tuviera la superficie montañosa, y por el contrario fuera muy uniforme, aunque no necesariamente pulida, en la Luna llena se debería ver más brillante el centro.

**Tomás:** Claro, porque la luz de la parte central es la que más fácilmente se refleja hacia la Tierra, mientras que la que incide sobre los bordes se dispersaría preferentemente hacia adelante y éstos se deberían ver más oscuros. El hecho de que este fenómeno no se aprecie es una prueba de que la luz se está reflejando en las faldas de las montañas situadas en los bordes de la Luna, directamente hacia la Tierra.

**Eliza:** Todos esos argumentos me parecen muy ingeniosos, pero ¿no hubiera sido más sencillo prestarle un telescopio a Simplicio para que se convenciera por sus propios ojos de que la superficie de la Luna se asemeja más a un desierto terrestre que a una esfera perfecta?

**Tomás:** Simplicio afirma no haber tenido ni el tiempo ni los elementos para hacer ese tipo de observaciones, al estar, por el contrario, ocupado en estudios más serios; de modo que Salviati debe recurrir a sus mejores recursos lógicos y pedagógicos para convencerlo. Al parecer, los escolásticos no confiaban en las observaciones telescópicas porque, según ellos, el endemoniado aparato, que hacía ver cerca lo que en realidad estaba lejos, ofuscaba a la mente y engañaba la imaginación.

**Eliza:** Pues eso mismo se podría decir de cualquier otro aparato de medida y observación.

**Tomás:** Sí, en el fondo la disputa era cómo observar y medir el mundo para poder disponer de criterios que permitan juzgar la veracidad de las afirmaciones que se puedan hacer sobre él.

**Eliza:** Otra discusión que me pareció interesante fue sobre la iluminación de la parte de la Luna que no está expuesta al Sol. Para serte sincera yo nunca me había fijado en que la Luna nueva o la Luna creciente se podían ver completas, así fuera de manera muy tenue.

**Tomás:** Esa discusión es bellísima. Salviati afirma que así como la luz del Sol reflejada por la Luna ilumina a la tierra, la luz reflejada en la Tierra ilumina a la Luna. Para probarlo, agrega un argumento muy interesante; dice que cuando se ve la Luna menguante por el Oriente, un poco antes del amanecer, se ve más iluminada que cuando se ve creciente por el Occidente, un poco después del atardecer.

**Eliza:** Sí, recuerdo haber leído esa parte, pero no le presté mucha atención; en realidad no entendí por qué tendría que ser diferente.

**Tomás:** Para comprender el argumento hay que recordar que Galileo hace sus observaciones en Italia. Desde allí, cuando la Luna menguante aparece por el Oriente está recibiendo la luz reflejada por el continente asiático; en cambio, cuando se ve la Luna creciente en el Occidente, poco después de atardecer, la luz que ilumina la Luna desde la Tierra se ha reflejado en gran parte en el océano Atlántico que, por su asemejarse más a un espejo, ilumina menos que la parte continental.

**Eliza:** Ahora lo entiendo perfectamente. Pero Simplicio no da su brazo a torcer, él niega que la Tierra pueda iluminar a la Luna, y sostiene que esa luz secundaria proviene de la propia Luna.

**Tomás:** Porque no puede aceptar que un cuerpo terrestre, imperfecto y corruptible como la Tierra pueda tener ningún tipo de influjo sobre un cuerpo celeste como la Luna. Sencillamente pertenecen a mundos excluyentes.

**Eliza:** Por el contrario, Galileo los considera pertenecientes al mismo universo.

**Tomás:** De eso se trata toda la discusión. Simplicio trata de preservar sobre todas las cosas el orden establecido, y no reconoce más hechos que los que apoyan su argumentación; en cambio, Galileo concede a los astros una misma naturaleza y se atreve a decir que entre ellos existe una especie de interacción luminosa.

**Eliza:** ¿Como una atracción gravitacional?

**Tomás:** Decir algo así sería muy especulativo; sin embargo, es posible que Galileo estuviera pensando en las interacciones magnéticas entre los astros, que habían sido sugeridas por William Gilbert. Lo cierto del caso es que la mentalidad de Galileo estaba abierta a nuevas posibilidades que el pensamiento vigente en la época excluía de plano.

**Eliza:** De ahí su estrategia de demolición lenta y sistemática de la cosmología aristotélica. Con razón lo querían mandar a la hoguera.

*\* **Guillermo Pineda**, Profesor del Instituto de Física de la Universidad de Antioquia. Este texto hace parte del libreto del programa radial *Las historias de la ciencia* que se emite por la Emisora Cultural de la Universidad de Antioquia. Sistema de Radio Educativa (FM 101.9), los miércoles a las 9:00 p. m. De la serie, la Editorial Universidad de Antioquia ha publicado dos discos compactos, con el mismo título.*