



Un viaje en el espacio y el tiempo

Alonso Sepúlveda

*A Galileo,
400 años después del inicio
del viaje*

I

En el año 1609 Galileo Galilei dirigió hacia los cielos un instrumento, probablemente de origen holandés y de reciente invención, que permitió desde entonces a los hombres, sin abandonar la seguridad de sus observatorios, emprender cómodos viajes en el espacio y el tiempo.

Había construido su propio modelo basado en las descripciones que le fueron confiadas por los viajeros. Y en los meses y años sucesivos ensayó diversas variantes. Dos de sus creaciones reposan ahora en el Museo de Historia de la Ciencia en la ciudad toscana de Florencia.

Uno de ellos es un tubo de madera cubierto con papel, de 1.36 cm de longitud, con una lente biconvexa de 51 mm de diámetro y una distancia focal de 1.33 metros. El ocular es una lente planocóncava de 26 mm de diámetro. El instrumento magnifica catorce veces los objetos observados.

El segundo modelo es un tubo de madera forrado en piel y con decoraciones en oro; tiene 92 cm de longitud y está dotado de un objetivo biconvexo de 37 mm de apertura y 96 cm de distancia focal. El ocular es una lente bicóncava de 22 mm de diámetro. Su magnificación es 21.

Uno de los lentes pulidos por Galileo para sus telescopios, que también reposa en el museo de Florencia montado en un marco de marfil, perteneció alguna vez, hacia 1675, al Serenísimo gran duque Ferdinando II. Galileo mismo, accidentalmente, rompió este lente objetivo. Aun así se le conserva, porque es un testimonio de las fragilidades y pequeñas desventuras a las que se enfrenta el conocimiento, un recuerdo precario y ya inútil del inicio de la aventura que nos ha permitido conocer nuestro origen cósmico.



Galileo descubrió los primeros cuatro satélites de Júpiter —dedicados por él a su mentor, el gran duque Cosme de Medici—, las manchas solares, las montañas y valles de nuestra luna, las fases de Venus. Midió luego la altura de las montañas de la luna y dedicó pacientes argumentos para demostrar que las manchas que el sol presentaba en su superficie no residían en las lentes de su telescopio. Según sus conclusiones, y como lo imaginó un filósofo griego, la Vía Láctea “no es otra cosa que una masa innumerable de estrellas apiñadas en racimos”.

Alguna leyenda apócrifa, seguramente una de las tantas invenciones de la historia, insinúa que, en un juego de niños holandeses, el casual alineamiento de un par de lentes —existentes ya en la época— reveló a uno de ellos que la iglesia vecina podía verse más cercana; y que desde esa observación un adulto atento diseñó el invento que trastornaría nuestra percepción del mundo. Sin importar la veracidad de la anécdota, resulta interesante imaginar que el uso de las lentes tomó en un juego de niños la forma instrumental que permitiría a Galileo comenzar a entender dónde estamos y lo que somos. Como si el conocimiento preciso participase de la esencia del juego...

Isaac Newton, años después de Galileo, reemplazó en su nuevo modelo la lente objetivo del telescopio por un espejo parabólico, cuya gran ventaja fue eliminar la aberración cromática de la que adolecen las lentes y que hace que los objetos observados presenten inoportunos halos coloreados que difuminan la claridad de las imágenes.

A partir de estos ensayos precarios e ingeniosos, y del estudio del juego de la luz con los cristales, comenzó una larga serie de trabajos que ocuparon varios siglos y cuyo fruto fue el diseño y construcción de telescopios de aberturas cada vez mayores, con creciente potencial de magnificación y con notables correcciones a la aberración cromática. En el siglo XX potentes telescopios fueron instalados en el monte Wilson y en el monte Palomar, con diámetros de 2.5 y 5 metros.

Tal vez el más novedoso y moderno de estos artefactos, uno que elimina los molestos efectos de la atmósfera terrestre, sea el telescopio espacial Hubble que, dotado de la más alta tecnología de su época, orbita desde abril de 1990 alrededor de la Tierra cada 97 minutos a casi 600 kilómetros sobre su superficie y ha permitido obtener las más límpidas, claras y hermosas imágenes de los cielos. Está dotado de un espejo parabólico de una abertura de 2.4 metros, que permite aumentos de hasta un millón de veces el alcanzado por el telescopio de Galileo. Con él podría verse desde la Tierra la llama de una vela encendida en la luna, si esta tuviera atmósfera. El telescopio espacial cuenta, además, con diversos equipos de detección que lo hacen uno de los instrumentos más sofisticados de nuestra época.

Este telescopio revolucionó la astronomía en una forma comparable a lo que en su época hizo Galileo con su primitivo artefacto. Ha permitido, entre muchos otros logros, explorar muy lejanos confines del cosmos para asistir al nacimiento de las estrellas, estudiar las colisiones de las galaxias, sondear las explosiones de las supernovas —el exquisito lugar del cosmos que es la cuna de los sistemas solares y de la posibilidad de nuestra vida— y verificar la existencia de los espejismos cósmicos generados por la gravitación, que revelan la naturaleza voluble del espacio y el tiempo.

II

Pequeñas lentes barrocas son el resultado conocido de fogatas encendidas en los suelos arenosos ricos en silicio. Residuos deleznable del descubrimiento del fuego. Muchos años tardarían los hombres en descubrir sus curiosas propiedades ya adivinadas de otra manera en la capacidad de magnificación de las gotas de rocío que amplían los detalles de las nervaduras de las hojas.

Baruch Spinoza, el paciente filósofo, pulía lentes con esmero mientras organizaba su sistema filosófico.

Este paciente y artesanal trabajo ha sido reemplazado en nuestra época por el cuidadoso pulido realizado por máquinas, que trabajan con errores menores a las milésimas de milímetro en la construcción de espejos de varios metros de diámetro.

III

Poco después de la época de Galileo algunas ingeniosas medidas y observaciones revelaron que la luz es veloz; sumamente veloz, de hecho, pero no instantánea, y que se mueve a 300.000 kilómetros por segundo.

Cuando vemos la luna asistimos a su pasado; nunca la vemos en su presente, pues poco más de un segundo separa nuestra sensación de su luz del momento de su partida. La luz de luna que vemos viene de su pasado. De un modo similar, la luz de Sol que baña nuestros días tiene una antigüedad de ocho minutos.

La luz de Sirio, estrella regente del imperio de los faraones, tarda casi nueve años en alcanzarnos; la de Betelgeuse, la supergigante roja de la constelación de Orión que asiste nuestras noches de diciembre, demora unos quinientos años. La luz que de ella vemos ahora salió de su superficie en la época en que Copérnico batallaba por configurar su visión heliocéntrica, unos cien años antes de la invención del telescopio.

Tal vez en este momento Betelgeuse no exista; tal vez ya explotó como una supernova, como lo anuncian las modernas teorías estelares, dispersando su materia por

el cosmos. ¿Qué pasó con esta estrella hace cien años? Lo sabremos en cuatrocientos.

El telescopio es un artefacto de navegación en el tiempo que nos lleva al pasado. Las naves ordinarias nos llevan siempre al futuro.

En las noches estrelladas los astrónomos viajan en silencio a tiempos remotos.

IV

Todas las estrellas que vemos a simple vista pertenecen a la Vía Láctea —la Galaxia—, la mancha lechosa que percibían los griegos y que es nuestra galaxia de residencia. De un extremo a otro de esta gran estructura espiral la luz demora unos cien mil años. Respecto a lo que será dicho a continuación, es como si no hubiésemos abandonado todavía el jardín de nuestra casa.

Los estudios astronómicos han descubierto que la Vía Láctea no es el objeto más notable del cosmos. La galaxia más próxima comparable a la nuestra en su configuración es Andrómeda, visible a simple vista en noches límpidas, lejos de la luz de las ciudades. Es el objeto más lejano que pueden identificar nuestros ojos, y un buen telescopio permite identificar la maravilla de sus brazos espirales. Su luz tarda unos dos millones de años en llegar a la Vía Láctea. Sabemos cómo era en esa época, no ahora. Ninguna forma conocida existe de averiguar su destino hasta hoy, y lo sabríamos sólo si pudiésemos observarla durante el siguiente par de millones de años...

Ver Andrómeda es viajar dos millones de años atrás. La luz que de ella vemos ahora comenzó su viaje cuando el homo habilis daba sus primeros pasos sobre la tierra.

V

Los telescopios son, ante todo, artefactos diseñados para recoger la luz que nos llega de lejos. Son ojos amplificados. Mientras mayor es el diámetro de sus objetivos, mayor es la cantidad de luz que reciben; lo que nos permite ver objetos que son tenues por lo lejanos, aunque muchas veces más luminosos que nuestro sol, como Betelgeuse, que brilla unas diez mil veces más.

El telescopio fue el primero de una vasta parafernalia de instrumentos destinados a ampliar los sentidos. Para entender el orden lejano no son suficientes los ojos, es necesario aumentar su poder recogiendo la mayor cantidad posible de luz en los objetivos del instrumento, el que a su vez permite, por ampliación en los oculares, descubrir detalles invisibles a la simple mirada. Sólo por ello podemos ver las montañas de la luna, las tormentas que agitan la atmósfera de Júpiter o las convulsiones que anuncian el nacimiento de las estrellas.



Telescopio de Galileo Galilei

Otro de estos instrumentos potenciadores del ojo es el microscopio, no destinado a escrutar la vastedad de lo inmenso sino el orden que se oculta en lo muy pequeño. Nervaduras, células, cromosomas. Cuando se quiere descender aún más —al territorio profundo del microcosmos, al abismo del átomo—, el sucesor del microscopio, el acelerador de partículas elementales, nos permite entender este nuevo acontecer sacrificando lo visual, pues en esos espacios la noción de mirar carece de sentido. El territorio de las partículas elementales huye de lo visual y exige al pensamiento entrar en los terrenos de la abstracción matemática. Este mundo, lejano hacia el fondo porque en él habita la íntima estructura de la materia, se revela en una forma singular, difusa en el espacio y el tiempo, porque una de las reglas rectoras de la física de nuestra época, expresada en el principio de incertidumbre, asegura que en el mundo de lo ultrapequeño no es posible ver, ni oír, ni tocar. En lo profundo de la materia no hay cabida para los sentidos, habita en él un orden que, tocado por el azar, es sólo perceptible por la inteligencia.

Tal vez el encanto mayor de la astronomía frente a la física de lo muy pequeño radica en que, en aquella, la imaginación todavía tiene su reino.

VI

Mucho más que luz nos viene de los espacios lejanos. La ciencia del siglo XIX descubrió que la luz es una forma de ondulación que, conteniendo los colores del arco iris, hace parte de una familia muy amplia que incluye los rayos X y gamma, las radiaciones ultravioleta e infrarroja y las microondas, entre muchas otras, a la que se conoce como espectro electromagnético.

La tecnología moderna, la más sutil y sabia forma de artesanía conocida, ha logrado detectar estas nuevas formas de luz de ciegos sólo visibles a los ojos de los nuevos hermanos de los telescopios: los detectores de ondas de radio, de rayos X, de ultravioletas e infrarrojos.

Resulta así que el cosmos nos envía con sus ondas mensajes invisibles. También nos visitan los más diversos tipos de partículas que hacen parte de la estructura de lo material: neutrinos, protones, mesones, electrones... Este mundo de lo minúsculo hace parte de lo inmenso. Ninguna de estas ondas y partículas llega a nuestro vecindario en el momento de ser emitidas por los cuerpos lejanos.



Lente objetivo

Cuando aumenta el poder de los telescopios y de los diversos tipos de detectores podemos ver más lejos, y siempre más hacia atrás en el tiempo. Resulta así que la instrumentación astronómica nos revela un mundo estructurado en capas concéntricas de tiempo. En una noche ante las estrellas parece que asistimos al presente del cosmos, pero es sólo ilusión, pues nuestros ojos asisten a la vez a todos los tiempos ya idos.

VII

Los astrónomos llaman Grupo Local al conjunto de unas 25 galaxias del que hacen parte la nuestra y Andrómeda. En cuanto a las distancias, es como si ahora, después de abandonar el jardín, echásemos un vistazo al vecindario. ¿Y unas cuadas más allá? ¿Cómo será la ciudad entera? ¿Y los otros países?

El Grupo Local es un pequeño cúmulo de galaxias de diferentes tipos, que hace parte de un supercúmulo conformado por más de veinte cúmulos, uno de los cuales —el de la Cabellera de Berenice, distante unos cien millones de

años— contiene unas once mil galaxias. No es infrecuente que los cúmulos típicos sean mayores que el nuestro y que los supercúmulos contengan millones de galaxias.

El que habitamos se conoce como Universo Local.

A este nivel el universo empieza a mostrarse inmenso. No estamos ya en el jardín ni en el vecindario sino en otro país. Las distancias no son entonces de decenas de millones de años-luz sino de cientos de millones. Las distancias inmensas involucradas exigen la introducción de unidades nuevas de distancia, y conviene para ello pensar en la luz. Un año-luz es la distancia que la luz viaja en un año. En estos términos el sol está a unos ocho minutos-luz y Andrómeda a dos millones de años-luz.

Este viaje en la escala de distancias revela luego, a una escala mayor, nubes cósmicas con forma de filamentos constituidos por supercúmulos; cual hilos en una alfombra mágica e inmensa, que es tal vez la mayor de todas las estructuras, el tejido esencial del universo. La escala es ahora de unos miles de millones de años-luz.

VIII

En este punto la consideración de los detalles —planetas y lunas, sistemas solares, galaxias, cúmulos y supercúmulos— cede su lugar al estudio global que lleva el nombre de cosmología; una disciplina de larga historia, que fue tormento y deleite de teólogos y filósofos, de magos, ocultistas y poetas, y que, hasta Einstein, hizo parte formal de la metafísica.

Según Einstein, el espacio y el tiempo son una suerte de molusco cuyas convulsiones se deben a la materia del mundo y a su movimiento, y a toda forma posible de la energía. Hay un ente nuevo, el espacio-tiempo, que en vez de ente pasivo y escenario indiferente de los fenómenos del mundo, determina activamente la historia global del universo y evoluciona con él. Espacio, tiempo y materia parecen no tener realidades independientes. A diferencia del teatro isabelino donde el escenario antecede a la acción, en la nueva física, como en el teatro de Beckett, el escenario es parte de la acción. El mundo es teatro total.

En 1917 Einstein inauguró la cosmología como una rama precisa de las ciencias naturales. Desde ese momento las ideas sobre la estructura del espacio y el tiempo, sobre el origen, evolución y destino del universo, emprendieron un camino que dio lugar a la imagen moderna del cosmos. Antiguas y vagas especulaciones cedieron su lugar a un pensamiento preciso y predictivo.

En los años veinte del siglo pasado, Edwin Hubble —el mejor telescopio moderno lleva su nombre— descubrió que, globalmente, el universo no es un ente estático, sino en expansión, de modo tal que visto desde cualquier

ra de sus lugares cada observador parece ser el centro de su movimiento. Puro efecto de perspectiva. Simple ilusión, pues una atenta consideración del proceso de expansión revela que el universo no tiene centro alguno o, si se quiere, que el centro está en todas partes.

IX

La cosmología moderna es uno de los últimos eslabones de una cadena de hallazgos y de ideas que ha suprimido la pretendida y milenaria importancia del hombre en el orden del universo. Conviene recordar que la cosmología geocéntrica de Aristóteles, adoptada en el pensamiento cristiano mediante la obra de Tomás de Aquino y que tomó su forma más sublime en la *Divina Comedia*, ubicó al hombre en el centro de la Creación.

A mitad del siglo XVI la astronomía copernicana puso el sol en el centro y propuso pensarnos como habitantes de un planeta que orbita alrededor del sol. Esta imagen heliocéntrica fue disuelta medio siglo después, y sin consecuencias científicas, por la desbordada imaginación de Giordano Bruno, quien hizo del universo un sistema infinito de soles y planetas —el sol es tan sólo una estrella— habitados por pecadores redimidos por un Cristo que padecía crucifixiones sin término...

La astronomía de finales del siglo XIX, superando a Copérnico, creyó que la Vía Láctea era el centro del universo; ilusión que se desvaneció cuando en la segunda década del siglo XX se descubrió que las nebulosas difusas que parecían pertenecer a la Galaxia son también galaxias. Este descubrimiento debilitó una vez más la idea de nuestra posición central en el universo. La expansión del universo, con su falta de centro, terminó con la pretensión de que el hombre, en alguna forma, era el centro del cosmos.

El golpe final lo daría, tiempo después, la física de las partículas elementales de finales del siglo XX, con su descubrimiento de que ni siquiera estamos hechos de las especies de materia que dominan en el universo; la abundancia del tipo de materia que nos constituye representa apenas el cuatro por ciento del total.

X

La cosmología del siglo XX llegó a la conclusión —y es un amplio consenso— de que el universo comenzó con una gran explosión, a la que se conoce como el Big Bang, hace unos 13.700 millones de años. En ese evento singular, aun confuso en sus detalles esenciales, surgieron la materia, el espacio, el tiempo y el supuesto orden del mundo. Es tema fértil para las más diversas formas de divagación. Físicos y teólogos plantan allí sus exóticas e improbables ideas.

Hasta hace pocos años se supuso que la gravitación del cosmos sobre sí mismo, siempre atractiva, retardaba la expansión. Pero una evidencia sorprendente, descubierta en los últimos años del siglo XX, señala que el universo se expande en forma acelerada. Y aunque nadie sabe la causa, existe la sospecha de que un nuevo componente del mundo ha revelado su presencia: la energía oscura; un campo exótico que actúa en forma repulsiva, que acelera la expansión y contrarresta el poder atractivo y retardante de la gravitación total del mundo. Tal parece que mientras más se expande el universo con mayor aceleración lo hace; que mientras el universo envejece, el nuevo campo repulsivo toma con mayor intensidad el comando de la expansión y, dominando la gravitación, conduce al universo a un fin inesperado.

Las evidencias más recientes sugieren que hace unos siete mil millones de años, el universo inició un proceso desbocado que sólo desde entonces fue notorio, y que lo lleva a expandirse sin límite, cada vez a una rata mayor. Esto se llama expansión acelerada del universo.

En unos cien mil millones de años —apenas unas diez veces la edad actual del universo— el panorama cósmico tendrá algo de desolador: desaparecerán las estructuras básicas que conocemos —galaxias, cúmulos, supercúmulos— y el universo persistirá en su proceso de expansión cada vez más rápido, en el que se irán borrando las evidencias de lo que alguna vez hubo en el espacio y el tiempo en todos los órdenes posibles de organización, incluida toda estructura existente o probable, la forma de cada cosa que fue o pudo ser, la vida y la memoria de todo lo sucedido. Los recuerdos escritos o soñados y la existencia del futuro. El último cosmos, desvanecido, olvidará lo que en él alguna vez aconteció.

Como si el orden inicial que dio lugar a las leyes del mundo hubiese implicado su disolución.

Como si nuestros íntimos fuegos hubiesen sido fatua luz en la oscuridad.

Como si el Universo hubiese sido solo el sueño de Brahma y su desvanecimiento el comienzo del despertar del dios...

Coda

La aventura intelectual cuyo logro es la cosmología del siglo XXI comenzó hace cuatrocientos años con un instrumento gobernado por las mismas leyes que explican la amplificación de las nervaduras de una hoja por una gota de rocío. ■

Alonso Sepúlveda (Colombia)

Investigador del Centro Internacional de Astrofísica de la Universidad de Roma "La Sapienza" y miembro de la Sociedad Colombiana de Física. Entre sus obras están: *Estética y simetrías* (2003) y *Electromagnetismo* (2009).