

Los Principia de Isaac Newton: Una introducción

«No sé lo que pareceré a los ojos del mundo, pero a los míos es como si hubiese sido un muchacho que juega en la orilla del mar, y se divierte de tanto en tanto encontrando un guijarro más pulido o una concha más hermosa, mientras el inmenso océano de la verdad se extendía, inexplorado, frente a mí.»

I. Newton

15 de abril, 1726. Un médico y arqueólogo inglés, Mr. William Stukeley, acude a Kensington para visitar a un venerable anciano. Le conoce desde mucho tiempo atrás, cuando en Cambridge la reina Ana visitó la Universidad y quiso premiar su gloriosa contribución a la ciencia con un título de caballero. Ahora quien le recibe es un hombre de ochenta y cuatro años, que no vivirá para conocer el transcurso de la siguiente primavera; lleva semanas quemando papeles y escritos, preparándose para entregar su figura al recuerdo.

Sir Isaac sigue siendo muy serio y comedido, dentro de una cortesía atemperada por su «habitual modestia y cautela». Sin embargo, en esta ocasión las circunstancias son favorables para cierta locuacidad. Stukeley y Newton están solos; el día ha transcurrido sin compromisos formales ni visitas, la temperatura es benigna, la relación entre interlocutores no suscita rivalidad. Por algún motivo, sir Isaac refiere que nació una Nochebuena de 1642¹. Stukeley observa que esa fecha del año es singularmente fértil en grandes genios, comentario donde se contiene un velado y supremo elogio. Siguen sus propias palabras:

Tras la cena, siendo cálido el tiempo, fuimos al jardín y tomamos té, bajo la sombra de algunos manzanos, él y yo solos. Entonces, junto con otras cosas, me contó que estaba en la misma situación que cuando se le vino a la mente, otrora, el concepto de gravitación. El motivo fue la caída de una manzana, mientras estaba cavilando con ánimo contemplativo. ¿Por qué había de caer siempre en perpendicular hacia el suelo esa manzana?, se preguntó. ¿Por qué no iba hacia un lado, o hacia arriba, sino constantemente hacia el centro de la Tierra? Con certeza, la razón es que la Tierra atrae a la manzana. Ha de haber una fuerza atractiva en la materia²; y la suma del poder atractivo de la materia

¹ Se le ha olvidado que antaño modificó esa fecha alguna vez, dicese que con el fin de evitar rumores sobre la virtud de su madre, viuda desde bastante antes del alumbramiento; Cf. la edición de la *Óptica* a cargo de C. Solís, Alfaguara, Madrid, 1977, Intr., pág. XVI.

² La idea de «una fuerza atractiva en la materia» quizá deba atribuirse a la cosecha de Stukeley. Por supuesto, este pensamiento pasa por ser la tesis principal de Newton, y bien pudo expresarse el anciano en semejantes términos, pero lo cierto es que sus principios lógicos y teológicos le impidieron siempre postular la gravedad como propiedad innata de la materia. Una famosísima carta de Newton a Bentley (*Works of Richard Bentley*, vol. III, Londres, 1838, pág. 211, carta 1 7/ 1/1693) afirma: «Una gravedad innata, inherente y esencial a la materia, por la cual un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia a través de un vacío me parece un absurdo tan grande que no creo que pueda incurrir en él nadie con una facultad competente de pensamiento en temas filosóficos. La gravedad debe ser causada por un agente que actúe de modo constante según ciertas leyes, pero dejo la consideración de mis lectores si es material o inmaterial.» Habrá ocasión de volver sobre este tema.

terrestre debe estar en el centro de la Tierra, no en otro lado. Por eso cae perpendicularmente, o hacia el centro, esta manzana. Si la materia atrae así a la materia, debe ser en proporción a su cantidad. Por consiguiente, la manzana atrae a la Tierra tanto como ésta a la manzana. Existe un poder, como el aquí llamado gravitación, que se extiende a través del Universo.

Y así, gradualmente, comenzó a aplicar esta propiedad gravitatoria al movimiento de la Tierra y los cuerpos celestes, para considerar sus distancias, sus magnitudes y sus revoluciones periódicas, hasta acabar descubriendo que dicha propiedad —junto con un movimiento progresivo impreso en ellos al comienzo— resolvía perfectamente sus cursos circulares, evitando que los planetas cayesen unos sobre otros, o se precipitasen juntos hacia un solo centro. Y de este modo desplegó el Universo³.

Este *despliegue*, como Stukeley añade, causó estupor en Europa y «estableció la filosofía sobre bases sólidas». No fue, sin embargo, un hallazgo súbito y sin precedentes; no fue una ocurrencia casual motivada por la madurez del manzano de Newton. Es un hallazgo desde luego, pero tan trabajosa y sinuosamente alcanzado que su resultado final es —sin el camino hacia allí— como un hecho desprovisto no ya de condiciones, sino incluso de sentido en la acepción más vulgar del término. Para lograr la explicación que el anciano narra a Stukeley una noche de primavera han sido precisos más de tres mil años, con su estela de sacrificios, persecuciones y polémicas, con centenares de visionarios, charlatanes, laboriosos sabios y fanáticos censores. En realidad, ha sido preciso que algunos hombres confiaran ilimitadamente en el poder de la inteligencia humana, en su semejanza esencial con algo que podría llamarse la razón cósmica.

LA NOCHE DE LOS ORÍGENES

La bóveda estrellada presenta dos hechos a cualquier observador con un mínimo de paciencia: a) puntos de luz que conservan siempre sus posiciones respectivas, sin variación de brillo, desplazándose conjuntamente desde el Este hacia el Oeste; b) puntos de luz que incumplen todas las condiciones anteriores. Los primeros cuerpos son las estrellas, que los antiguos llamaban «fijas», y los segundos son los planetas, que los griegos llamaron «errantes» por la extravagancia de sus evoluciones.

Detectados estos dos hechos, el observador primitivo destacó en la bóveda celeste grupos relevantes o constelaciones. Sobre el fondo de tales constelaciones comprobó que los astros errantes —incluyendo a la Luna— no se desviaban de una franja relativamente estrecha, el cinturón zodiacal⁴.

³ Cf. W. Stukeley, *Memoirs of Sir Isaac Newton's Life*, reimpresión, Taylor & Francis, Londres, 1936, págs. 19-20.

⁴ Por algunas tablillas descubiertas cerca del Éufrates puede colegirse que antes del 2450 a.C. las constelaciones se nombraban de un modo muy semejante al empleado por los griegos. En este sentido, véase N. R. Hanson, *Constelaciones y conjeturas*, Alianza Universidad, Madrid, 1978, págs. 22-23.

No hace falta nada más para que comience la historia del conocimiento de los cielos. Aunque quizá a estos hechos simples haya de añadirse otro, casi tan antiguo: el observador comprobó también que las salidas y puestas de Sol no siempre se producían contra el mismo fondo de estrellas, sino que más bien se deslizaban a lo largo de una banda de posiciones, un «camino solar» denominado mucho más tarde «eclíptica», porque sólo se observaban eclipses cuando era cruzado por la Luna.

Con estos datos hubo de enfrentarse el hombre al *mysterium magnum*. Y no pudo al principio observar con la serenidad de quien contempla un mecanismo eterno. Esa serenidad sólo logrará conquistársela el desarrollo de la propia astronomía. La ocurrencia de eclipses, con la consiguiente sensación de precariedad en el orden cotidiano universal, fue un cataclismo repetido que sólo la predicción convirtió en curiosidad instructiva. Lo mismo puede decirse de los cometas, que aún hoy siguen cargados de presagios amenazadores para el vulgo. En la Oda compuesta para Newton por E. Halley, que abre los *Principia*, se destaca como uno de los grandes valores del libro haber librado a los hombres del miedo irracional a «horribles» cometas y a «las apariencias de estrellas barbudas» (*barbati phaenomena astri*).

Por lo demás, en los astros estaba el control de las estaciones, la orientación sobre la Tierra, las pautas para toda medida. En realidad, no hay cuestión más vital para un entendimiento y, a la vez, no hay enigma más irreductible. A simple vista, sin muchas generaciones de observadores, los primitivos más inteligentes comprendieron que los astros estaban muy lejos y, después, que eran demasiado longevos para una criatura local y pasajera como el hombre. No sabían bien hasta qué punto lejanos y longevos.

Sin embargo, la respuesta humana ante problemas como el planteado por el orden del cielo es uno de los principales motivos para atribuir realidad a la idea de progreso. Es también una pormenorizada sucesión de errores y arbitrariedades, conceptualizable como historia de sonámbulos que se fueran tropezando en dicho estado con las leyes del movimiento y la materia⁵.

Como veremos, durante un período muy dilatado de tiempo —no inferior a dos milenios antes de Platón— los hombres no osan esperar de la astronomía sino nociones sobre el dónde y el cuándo de los astros, siempre por motivos prácticos o, cuando menos, extracientíficos. Sólo al hacerse con un sistema de observaciones, y un cierto utillaje conceptual e instrumental, surge el segundo período, que intenta reducir los datos a movimientos ordenados, pero que sigue sin explorar —por falta de medios y de confianza— el qué y el cómo de los cielos. A grandes rasgos, y con algunas transgresiones, este período dura desde Eudoxo a Kepler (408 a.C. hasta 1608 de nuestra era), si bien el *De Coelo* de Aristóteles y algún tratado de Ptolomeo empiezan a rozar la posibilidad, entonces remota, de una astrofísica.

Aunque son pocos los documentos que contienen noticias precisas, se cree que los chinos construyeron ya en el año 2608 a.C. un observatorio astronómico, bajo el emperador Hoang-Ti, con el fin principal de corregir el calendario. Los matemáticos respondían con su vida de la exactitud de las predicciones, y se cuenta que reinando Tchong-Kang los astrónomos imperiales

⁵ Cf. A. Koestler, *Les Somnambules, Essai sur l'histoire des conceptions de l'univers* (orig. inglés: *The Sleepwalkers*, etc.), Calmann-Lévy, Paris, 1960.

Hi y Ho fueron víctimas de esta sanguinaria ley, porque hubo un eclipse del que no avisaron a tiempo⁶. Si tales noticias fuesen ciertas, Hi y Ho serían los primeros mártires de la ciencia. Lo que sí parece seguro es que para el año 2317 a.C. los chinos tenían un año de 365,25 días; el círculo se dividió en 365,25 partes, de manera que el Sol describía diariamente en su órbita un arco de un grado chino. Esta notabilísima precisión, junto con descubrimientos como la oblicuidad de la eclíptica y la posición del solsticio de invierno, no bastaron para seguir impulsando el estudio de los cielos. Al contrario, desde el siglo V a.C. la práctica de la astronomía se abandonó, y parte de los conocimientos fueron conscientemente destruidos.

También de asombrosa antigüedad y precisión pudieron ser las nociones manejadas por el pueblo constructor del famoso crómlech de Stonehenge⁷, y queda por resolver el enigma maya, donde —si bien se han podido descifrar los jeroglíficos en las partes referentes al calendario— los resultados siguen siendo oscuros cuando no contradictorios. Es indudable que los mayas poseían un cómputo del tiempo de exactitud sólo igualada por nuestra civilización en la edad contemporánea. Su año era de 365 días, dividido en 18 meses de 20 días cada uno y un breve mes adicional de cinco días. Disponían además de tablas para predecir eclipses de Sol y de Luna, todo lo cual implica observaciones minuciosas durante un período de estudio muy dilatado, que abarca como mínimo hasta el siglo V a.C. Sin embargo, ningún resto arqueológico llega más allá del siglo V d.C., cosa que estimula a pensar en la posibilidad de que hubiesen adquirido sus conocimientos astronómicos a través de otros pueblos, por completo desconocidos.

Ya en Mesopotamia comenzamos a disponer de datos más precisos. Aunque la historia de la astronomía se remonta allí hasta treinta siglos antes de la era cristiana, no parece que los astrónomos asirio-babilonios hayan alcanzado un cómputo seguro y regular del tiempo antes de la edad llamada de Nabonasar (747 a.C.), donde ya calculaban novilunios y predecían eclipses. En Nínive se descubrieron centenares de astrolabios arcaicos, que son tablillas con tres círculos concéntricos, divididos en doce secciones; en cada uno de los 36 campos así obtenidos se encuentra el nombre de una constelación y números simples, que crecen y disminuyen en proporción aritmética, lo cual se interpreta como un calendario esquemático de doce meses. En Babilonia nace la curiosa —y longeva— derivación llamada astrología, que supone un conocimiento preciso de los movimientos planetarios.

Por lo que respecta a Egipto, donde según Aristóteles nacieron las matemáticas «porque el pueblo aseguró ampliamente el ocio a su casta sacerdotal»⁸, su caudal astronómico quizá se haya exagerado considerablemente. Parece establecido que desde el 2782 a.C. los egipcios adoptaron el año solar de 365 días, sin dejar de advertir que sufría un retraso cada cuatro años, que equivalía a casi un mes cada 120. Esta exactitud no les impedía pensar que las estrellas eran fuegos cuyas emanaciones se formaban ascendiendo desde la Tierra.

⁶ Cf. G. Abetti, *Historia de la astronomía*, FCE, México, 1956, pág. 41.

⁷ Al menos ésa es la pretensión del astrónomo F. Hoyle en *From Stonehenge to Modern Cosmology*, Freeman & Company, 1972, San Francisco.

⁸ *Metafísica* A 981 b 24.