

EL ATOMISMO DE GALILEO

Pietro Redondi

Università degli Studi di Bologna

En esta conferencia me propongo ilustrar la influencia que el atomismo ejerció en la física fundamental de Galileo. Hablo de sus «*experiencias sensibiles y demostraciones ciertas*» acerca del movimiento acelerado y en el campo de la cosmología, en las cuales el atomismo clásico había desempeñado, según mi opinión, un relevante papel heurístico. Pero, para proceder de manera ordenada y situar la cuestión en su justa perspectiva, querría ofrecer, primero, la imagen de la relación entre Galileo y el atomismo en la historiografía y hacer un breve examen de algunos pasajes de carácter atomista muy conocidos de la obra del científico florentino.

I. A primera vista, mezclar la antigua doctrina de los atomistas con los nuevos descubrimientos positivos de Galileo a los que acabamos de aludir parece un intento de situarse fuera de la historia. La física de Galileo es una física del peso y de la balanza regida por las leyes matemáticas de Arquímedes. Por definición el atomismo no pesaba, no medía y no calculaba nada, atrincherándose tras entidades subliminarias de materia indivisible que se suponían dotadas de propiedades geométrico-mecánicas y movidas por un impulso externo.

Nada parece más alejado de aquel esfuerzo, que se inició en el siglo XVII, de escribir la física mediante teoremas y experiencias que este fantástico bullir de una población de partículas inobservables. Y, sin embargo, desde Bacon hasta Leibniz, los promotores de la ciencia de la primera Edad Moderna se ocuparon de conferir dignidad de ciencia a esta filosofía imaginaria del cosmos, renovándola y adaptándola a las disciplinas y teorías más diversas, químicas o matemáticas, mecanicistas o dinamicistas. Por qué fue justamente esta doctrina la candidata favorita a la suce-



sión de la física aristotélica constituye uno de los nudos centrales de la Historia de la Ciencia en la primera Edad Moderna todavía no bien explicado.

Sin embargo, en el caso de un físico-matemático y un observador como Galileo, la historiografía de la Ciencia ha excluido, al menos, que se pueda hablar fundadamente de adhesión a los principios del atomismo. De hecho, Galileo no llegó a reconocer sin reservas ni que el vacío fuese una realidad física ni que el universo fuese realmente infinito. Por otra parte, el atomismo clásico en su versión estándar transmitida por la poesía de Lucrecio se fundaba en la aberración geométrica y en el absurdo lógico de imaginar un desvío espontáneo de los átomos respecto al movimiento rectilíneo, el *clinamen*, causa de sí mismo y de todas las cosas. Este pilar en que se basaba la física de los atomistas era ya, según Cicerón, una fábula pueril. Nadie, y menos aún un especialista del plano inclinado como Galileo, había visto jamás a un grave desviarse en su caída de la trayectoria rectilínea.

En su libro *The Mechanization of the World Picture*, Dijksterhuis afirmaba que «sería sorprendente que Galileo hubiese concebido la naturaleza con el espíritu del atomismo antiguo. Su idea del cosmos, completamente organizado con belleza y eficiencia, era demasiado vívida como para que pudiera conformarse con la noción de un vacío infinito en el que a partir de un movimiento en forma de torbellino de un número infinito de átomos se formen mundos para, de nuevo, disolverse después en una sucesión sin fin».

La historiografía galileana reduce la influencia del atomismo sobre Galileo al campo de la gnoseología, es decir, a la distinción de Demócrito, que Galileo recogió en *Il Saggiatore*, entre las cualidades geométrico-mecánicas y las subjetivas como el calor, el sabor y el olor que las emisiones de materia producen en los órganos sensoriales. Si Galileo establecía esta distinción, precisaba Dijksterhuis, sin embargo, lo hacía sólo, sin embargo, por afirmar, de cara a la polémica epistemológica, que la mecánica debía basarse en la matemática. En una palabra, predicaba la gnoseología de los atomistas, pero practicaba una física matemática que estaba justamente en las antípodas de una filosofía natural basada en las percepciones de los sentidos, como lo había sido aquella de Epicuro y de Lucrecio.

En esta línea, al comienzo de su gran obra *Del mundo cerrado al universo infinito*, Alexandre Koyré formula aquella interpretación que todavía hoy sigue siendo la canónica sobre el problema de la relación entre el atomismo antiguo y la primera ciencia moderna: «el atomismo de los antiguos, al menos en el aspecto que representan Epicuro y Lucrecio [...] no era una teoría científica y, aunque algunos de sus preceptos, como, pongamos por caso, el que trata de explicar los fenómenos celestes de acuerdo con el modelo de los terrestres, parecen conducir a aquella unificación del mundo que la ciencia moderna llevaría a cabo más tarde, no ha estado nunca en disposición de proporcionar un fundamento para el desarrollo de la física; y esto sucedería igual en la época moderna. Su resurgimiento con la obra de Gassendi siguió siendo perfectamente estéril [...]».



El florecimiento de los modelos corpusculares en la filosofía natural del siglo XVII significaba la desaparición del atomismo clásico y no su fecundidad. Y ello por causa de la filosofía empirista del conocimiento de la que estaba impregnada la física de Epicuro y de Lucrecio, que la Ciencia Moderna había desechado y a su vez sustituido «*por una interpretación matemática de la naturaleza, [entonces] el atomismo en las obras de Galileo, Boyle, Newton, etc. se convierte en una concepción científicamente válida, y Lucrecio y Epicuro aparecieron como los precursores de la Ciencia Moderna. De hecho, es posible e incluso probable que la Ciencia Moderna, al ligar matemática con atomismo, hubiera resucitado las intuiciones e intenciones de Demócrito*».

Pero como decía también Dijkterhuis, el resurgimiento moderno del atomismo tendría que considerarse como un truco táctico contra el aristotelismo. Bajo el estandarte de la nueva filosofía matemática de la naturaleza, los promotores de la Ciencia Moderna habían terminado por meter en el mismo saco a dos autores tan incompatibles como Demócrito y Platón. «*Étrange alliance*» aquella desafortunada combinación entre Demócrito y Platón: «*¡Extraña alianza! A fe mía, sucede en la historia que el Gran Turco se alía con el Cristianísimo Rey, los enemigos de nuestros enemigos son nuestros amigos*».

Por tanto, querríamos verificar si y cómo esta extraña coalición entre Platón y Demócrito se llevó a cabo en el caso de Galileo. La mayor parte de la historiografía galileana se ha mostrado de acuerdo, sin embargo, en relegar su atomismo a un papel marginal y accidental. No hay un atomismo propio de Galileo, sino, como mucho, algunas «*ideas ingenuas*» (Hall), o bien, «*viejas ideas renovadas*» (Shea) en forma de hipótesis corpusculares espúreas, ocasionales. Incluso un historiador adversario de Koyré como Stillman Drake estaba de acuerdo con él al menos en que cuanto más se habla de constitución atómica de la materia en el último libro de Galileo, los *Discorsi intorno a due nuove scienze*, tanto más «*las concepciones de Galileo no tenían nada que ver con el atomismo antiguo en cuanto tal*».

II. La explicación de Koyré según la cual la nueva ciencia del siglo XVII combatió la física de Epicuro y de Lucrecio revalorizando el espíritu matemático de Demócrito, virtualmente al menos, parece encajarle perfectamente a Galileo.

En el corpus Galileano jamás aparecen los nombres de Epicuro y de Lucrecio. La ausencia de citas no implica por sí misma la falta de influencia. Sin embargo, que Galileo fuera un seguidor de la escuela de Epicuro sólo llegó a sostenerlo un adversario suyo, el matemático jesuita Orazio Grassi, y, además, con una evidente intención de polemizar contra *Il Saggiatore* (como he referido en mi libro *Galileo eretico*). Grassi, desde luego, no constituye una fuente de atribución digna de ser tenida en cuenta.

En dos ocasiones, en cambio, Galileo citaba expresamente a los atomistas presocráticos y en particular a Demócrito. La primera vez en su tratado inédito *De motu* de 1590, en el que, contra Aristóteles, defendía la idea de los *antiquio-*



res philosophi («los filósofos más antiguos») de que todos los cuerpos están dotados de peso; y la segunda vez en los textos relativos a su *Discorso sui galeggianti* de 1612, en los que se alineaba con Demócrito al sostener la hipótesis de que el agua estaría compuesta de átomos redondos y desligados, y el fuego de ignícolas puntiagudos y veloces.

Esto es todo lo que se refiere a las citas galileanas de Demócrito. Es poco, pero es mejor que nada. Como compensación, tenemos las páginas de la primera jornada de los *Discorsi intorno a due nuove scienze*, en los cuales la condensación y la rarefacción se estudian *more geometrico* y con razonamientos infinitesimales que podrían hacer pensar en las demostraciones por exhaución atribuidas a Demócrito o en su obra perdida sobre el contacto entre la esfera y el plano tangente.

Sabemos por la correspondencia del padre Micanzio que Galileo y Paolo Sarpi no encontraban cómo conciliar la idea de átomos de materia impenetrable con el fenómeno de la condensación. En los *Discursos* proponía que se imaginara que la materia estaba compuesta no de partes elementales de cantidad y forma determinada, *atomi quanti*, sino de infinitos átomos carentes de dimensión como los puntos geométricos, *atomi non-quanti*. Si todos los puntos de una línea están contenidos en un segmento, ¿por qué entonces toda la materia del mundo no iba a poder condensarse en el tamaño de una nuez (al menos idealmente)? Galileo aportaba el fenómeno observable de un grano de pólvora de disparo que en presencia del fuego explota expandiéndose en una gran esfera de luz y calor: ¿cómo refutar que en aquel minúsculo granito de pólvora pirotécnica estaban contenidas infinitas partículas de calor y fuego?

Pero Galileo, más que acabar con la antigua doctrina atomista con estas especulaciones infinitistas dignas del cardenal de Cusa, pretendía quizá defenderla de la objeción ritual de carácter matemático que Aristóteles les ponía a Anaxágoras y a Demócrito, es decir, que imaginando los átomos como partes indivisibles de un segmento se terminaba por caer pronto en la irracionalidad de las relaciones inconmensurables.

Por lo demás, no se debe pasar por alto que en las páginas de los *Discursos* que preceden a estas «*altísimas contemplaciones*» suyas, ofrecía una teoría físicamente bastante concreta del estado sólido como un mecanismo hidroneumático a escala corpuscular: la resistencia o la cohesión de los cuerpos sólidos dependía de su porosidad. Para mantener próximas, más bien pegadas, a las partículas había en los cuerpos infinitos vacíos diseminados que actuaban como bombas/ventosas invisibles. En términos modernos, la presión negativa interna era la que funcionaba como agente puntiforme de la unión. Galileo se basaba en el modelo fenomenológico de la fusión de los metales por la intervención del fuego. Cuando las sutilísimas partículas de fuego penetraban en el metal hasta rellenar sus intersticios, desaparecía la cohesión y las partículas quedaban sueltas, libres para deslizarse haciendo pasar el metal a su estado fluido. Tan pronto como las partículas



de fuego desaparecían con el enfriamiento, los intersticios volvían a quedarse vacíos, reuniendo de nuevo a su alrededor las partículas de metal, volviéndolo a hacer sólido.

Una micromecánica de los fluidos así de precisa, propia de un auténtico ingeniero, parece, sin embargo, inspirada más en la *Neumática* de Herón de Alejandría que en las parcas ideas de Demócrito sobre la constitución de los sólidos. Desde luego, no estaba inspirada en Epicuro y Lucrecio. De hecho, el *De rerum natura* se limitaba a explicar la cohesión simplemente con la geometría de los átomos más elemental: «*los cuerpos que se muestran duros y macizos deben estar formados de átomos en forma de gancho, cuyas ramificaciones forman entre sí un tejido íntimamente entrelazado*» (II, 446).

Se ha observado, asimismo, que sería difícil hablar de un atomismo galileano incluso en la gran discusión filosófica del *Saggiatore* acerca de las cualidades primarias y secundarias, donde la terminología corpuscular evitaba cuidadosamente la palabra «átomo». Como ha observado William Shea, Galileo usaba, en cambio, términos como «mínimos de cantidad» (*minimi quanti*) o bien «corpúsculos mínimos», y definía las partículas de calor como «mínimos de fuego»; y tales expresiones, indudablemente, ofrecen una apariencia más de doctrina aristotélica medieval de *minima naturalia* que de atomismo clásico.

Sin embargo, también se podría reconocer en esta oscilación o prudencia lingüística la fidelidad de Galileo al atomismo clásico en lugar de su transgresión, ya que, en definitiva, también en el *Saggiatore*, cuando debía estar, la palabra átomo sí que estaba. A los ojos de Galileo la única sustancia verdaderamente dotada de cualidades mecánicas acordes con el estado de infinita fluidez de la materia eran los «átomos realmente indivisibles de la luz»: la luz es materia en su estado de disolución más altamente fluido, ya que Galileo la veía expandirse instantánea e ilimitadamente en la inmensidad del espacio. No sucedía lo mismo con el fuego, dado que para Galileo el calor se propagaba con un «movimiento temporal», o sea, con velocidad finita, y no llegaba a estar hecho, por tanto, de átomos realmente indivisibles, sino todavía sólo de «mínimos».

A propósito de esta diferencia de escala, debemos reconocer que Galileo parecía seguir aquí verdaderamente la física de Lucrecio. En el *De rerum natura* se leía, de hecho, que el espacio recorrido por el fluir atómico de la luz es equipotente al conjunto del mundo: «*no es de extrañar —dice Lucrecio— que este disco solar tan pequeño pueda emitir una luz suficientemente abundante como para inundar con sus flujos los mares, las tierras y el cielo todos enteros, y para bañar con su calor a toda la naturaleza [...]*» (V 592-600). Y no sólo eso, sino que Lucrecio precisaba que, a diferencia de la luz producida por las sustancias combustibles, sólo una luz pura como la del relámpago tenía velocidad infinita: «*el fuego del rayo es más sutil por la pequeñez de sus elementos, y puede atravesar agujeros por los que no podría pasar nuestro fuego, nacido de la leña y producido por la antorcha*» (II, 381-385).



Igual que en el *De rerum natura*, también en el *Saggiatore* e incluso en la carta dirigida por Galileo a Pietro Dini en 1615 la luz es un fluido rarefacto que recorre en un átomo de tiempo la totalidad del espacio con una velocidad actualmente infinita «*de movimiento*—escribe Galileo— *o, dicho de otra forma, expansión y difusión instantánea y potente por su sutilidad, rareza e inmaterialidad, o incluso alguna condición distinta de todas éstas e innominada [...]*».

La velocidad infinita y todas aquellas otras virtudes que el *Saggiatore* contemplaba eran las propiedades impronunciables («innominadas») de la luz pura, absoluta: *lumen luminis*. Y no me parece, por tanto, contradictorio que, tras haber escrito en el *Saggiatore* que los átomos realmente indivisibles de la luz se movían en el cosmos con velocidad instantánea, proponga después, en los *Discursos*, un experimento para medir en la tierra la velocidad de la luz. El experimento galileano en cuestión se proponía, de hecho, medir la velocidad de la luz emitida por una linterna de aceite, es decir, la luz producida por la combustión.

Eso es lo que más cuenta. Galileo no estaba en disposición de probar la verdad de sus propias hipótesis corpusculares. Eso no significa que no se pueda hablar por ello de física del discontinuo en Galileo, sino sólo de especulaciones matematizantes o bien de tesis gnoseológicas. Las partículas y los átomos eran entidades inobservables, como inobservable era la rotación de la tierra. Galileo se esforzaba, sin embargo, en demostrar mediante «*experiencias sensatas*» la posibilidad de la existencia de aquellos. Él le negaba al padre Orazio Grassi que una balanza, aunque de precisión, fuese el instrumento más adecuado para medir la materia atómica emitida por un cuerpo que se enfría.

Por su parte, él observa, sin embargo, que, contrariamente a lo que afirmaba Aristóteles en *Sobre el cielo* en polémica con los atomistas (IV,6), una lámina de metal sumergida en un recipiente de agua se eleva efectivamente cuando el fondo del recipiente quedaba expuesto a la llama. Galileo observa también, en el *Saggiatore*, la violenta exhalación de calor producida por la cal viva en presencia de agua. Él examina, en los *Discursos*, la fusión de los metales por obra del fuego y el aguafuerte que los disuelve.

Esta fenomenología física y química desempeña en la física corpuscular de Galileo la misma función heurística que desempeñan en su copernicanismo el argumento del cuerpo que se deja caer desde el mástil de un barco, los satélites de Júpiter, las fases de Venus y la superficie montañosa de la Luna. Así que una lámina depositada en agua hirviendo podría ser elevada por mínimos de fuego; por tanto, la cal en el agua confirma la posibilidad de que las partículas de agua, al rellenar los poros de aquella piedra calcinada permiten a los mínimos de fuego contenido en ella fluir libremente, según el mismo mecanismo por el que el fuego licúa el metal y el ácido nítrico lo disuelve.

La luz, el fuego, el agua, los metales: la naturaleza de estos fenómenos entra en el esquema mental de Galileo con la coherencia y la sistematicidad de una mecánica de los fluidos a escala microscópica, de acuerdo con la idea de fluidez uni-



versal de la materia, que era el paradigma arquimediano de la física de Lucrecio: *fluere omnia constat*.

¿Y qué otra adhesión más clara al atomismo clásico que ésta del *Diálogo*, donde Salviati dice que nada se crea y nada se destruye? «*Yo no me he considerado nunca capaz de explicar esta transmutación sustancial (aun permaneciendo siempre dentro de los estrictos términos naturales) [...] no doy por imposible que pueda seguir, por medio de una simple trasposición de las partes, sin corromper o generar nada nuevo*». Salviati dejaba la física en «*estrictos términos naturales*» o, dicho de otra forma, sin mezclarla con los fenómenos sobrenaturales *de fide*, como la transustanciación eucarística, o incluso la resurrección de los cuerpos o la inmortalidad del alma.

III. Hasta el momento no he hecho otra cosa que dibujar una tabla de presencias y ausencias del atomismo en el *corpus* galileano: como si citar a Demócrito o a Epicuro o a Lucrecio en la Contrarreforma fuese tan inocente como citar a Platón o a Arquímedes o a San Agustín. Sólo he hablado de un hilo fino pero resistente que une a Galileo con el atomismo antiguo; como si el verdadero núcleo de la ciencia galileana no se encontrase en otra parte: en su nueva mecánica y en la cosmología.

Decididamente he tomado un camino equivocado. Me he detenido hasta ahora en corolarios y detalles sin afrontar de hecho la cuestión de fondo suscitada por Koyré acerca del papel inexistente de Epicuro y de Lucrecio en la ciencia del siglo XVII.

Ahora bien, yo creo que, al menos en el caso de Galileo, la cuestión se debería plantear de otra manera, observándola a contracorriente, en vez de desde el punto de vista de la ciencia clásica. El redescubrimiento en 1417 del texto del *De rerum natura* de Lucrecio constituyó un evento intelectual cuyo impacto fue igualado en el Renacimiento sólo por la publicación del *Corpus hermeticum*; pero con una diferencia capital: el hermetismo era una *pia philosophia* iniciática, críptica. El poema didascálico de Lucrecio, en cambio, divulgaba en el lenguaje más sugerente y más persuasivo del mundo, en poesía, la *philosophia damnata* de Epicuro, la bestia negra de los padres de la Iglesia.

El *De rerum natura* desvelaba, sin embargo, una *physiologia* cuya fecundidad naturalística y médica no era inferior a la de las obras de Teofrasto, Ovidio, Plinio, Virgilio. El culto a los clásicos, la sintonía de la cultura renacentista con el himno lucreciano a la primavera del progreso no bastan para explicar la fascinación que el *De rerum natura* ejerció en el Renacimiento, desde el entorno del papa León X al misticismo paracelsiano, desde el poema cósmico *Zodiacus Vitae* de Palingenio Stellato al poema médico *Siphilis* de Girolamo Fracastoro y a aquel *remake* lucreciano que constituían los poemas frankfurtianos de Giordano Bruno.

Me parece que hay al menos tres buenas razones para explicar esta «lucreciomanía» renacentista. En primer lugar, estaba la fuerza propositiva del ideal lucreciano de penetrar en la grandeza de la naturaleza (la *maiestas cognita rerum*) para captar una realidad que se escondía tras las posibilidades. En segundo lugar, la



sugerencia de aplicar al universo la infinitud actual que hasta entonces le había estado reservada a Dios. Pero la clave más importante para comprender el impacto que el atomismo produjo en el Renacimiento cristiano residía, en mi opinión, en las páginas del quinto libro del *De rerum natura*, en que Lucrecio entonaba la gran sinfonía de la creación: «[...] de qué manera este amasijo de materia ha podido formar la tierra y el cielo, los abismos del océano, el sol, la luna, su curso». Lucrecio, de golpe, volvía a poner en primer plano lo que la reputación de inmoralidad de Epicuro y el materialismo de Demócrito habían hecho olvidar, a saber, que los átomos permitían comprender la naturaleza en el sentido de nacimiento, como génesis primordial de las cosas; lo que no podía hacer la física de Aristóteles; ya que la física de Aristóteles, aun habiéndose conciliado con el cristianismo, se consideraba la ciencia de las causas inmanentes de un mundo eterno, coeterno con Dios y no creado.

A este propósito, el filósofo platónico Jacopo Mazzoni, profesor de Galileo en la universidad de Pisa y amigo suyo, invitaba en su libro *In Universam Platonis et Aristotelis philosophiam praeludia* a no confundir a Lucrecio con Epicuro, sino a leer el *De rerum natura* con la misma perspectiva de la profecía pagana de la creación anunciada por Platón. También el religioso Platón, señalaba Mazzoni, para explicar el orden divino del mundo había recurrido en el *Timeo* a la idea de estructuras atómicas.

IV. Sigamos pues la invitación del profesor Mazzoni de releer desde este punto de vista el *Timeo* y el *De rerum natura*. Platón contaba cómo Dios, tras haber formado el alma del mundo mezclando en un vaso los principios de lo permanente y de lo mutable, había cruzado los círculos celestes del zodiaco y de la eclíptica. Después había creado el tiempo, o sea los planetas, regulando el movimiento de manera que sobre sus movimientos disformes prevaleciese la regularidad del movimiento uniforme de las estrellas. En fin, para hacer pasar al mundo desde el caos hasta el orden, Dios había recortado el espacio en pequeños triángulos, con los que había construido los cinco sólidos regulares destinados a formar la estructura atómica de los elementos: con el cubo había producido las partículas de la sólida tierra; con el tetraedro las del puntiagudo fuego; con el octaedro las partes del aire, y con el icosaedro las partículas, todavía más móviles, del agua. De estos cuerpos elementales habían nacido todos los seres vivientes de la naturaleza: las plantas, los animales y el hombre. Para terminar, Platón aludía también al dodecaedro, con el cual el Dios ordenador del *Timeo* creaba las partículas etéreas del cielo.

En la génesis de Lucrecio, en cambio, Dios y la providencia estaban totalmente ausentes. La naturaleza no conocía mandato. En compensación, conocía las leyes del equilibrio de los fluidos de Arquímedes; ya que explicaba el movimiento de los átomos por efecto de su peso mucho mejor que como lo explicaba Demócrito. La física de Epicuro y de Lucrecio hacía del peso el primer motor de la naturaleza, un motor arquimedianeo.



Pesados o ligeros, en el vacío los átomos tenían la propiedad de moverse todos a la misma velocidad, es decir, con la misma aceleración de caída (*celerare*). La primordial inclinación natural al movimiento hacía a los átomos precipitarse con movimientos rectilíneos «*como gotas de lluvia*», sin encontrarse nunca; hasta que un día se producía un evento excepcional: «*en la caída en línea recta que lleva a los átomos a través del vacío, en virtud de su propio peso, en un momento indeterminado, en un lugar indeterminado, se desvían un poco de la vertical, sólo cuanto hace falta para que se pueda decir que su movimiento se ha modificado*».

Lucrecio explicaba que sin esta desviación angular espontánea y fortuita «*la naturaleza no habría creado nada*», ya que, al perturbar los movimientos rectilíneos de caída de los átomos, el *clinamen* los hacía chocarse y unirse en torbellinos dotados de movimiento rotatorio. El origen de las cosas consistía, por tanto, en la eventualidad extraordinaria del paso de desplazamientos rectilíneos aleatorios a movimientos rotatorios: de la caída a los torbellinos. El agente espontáneo de la creación era el desvío, el *clinamen*, que a partir de la recta inclinada producía un ciclo originando cuerpos más o menos estables según su densidad, destinados a disolverse un día y a renacer de nuevo, hasta el infinito, de manera cíclica.

A continuación, el libro quinto del *De rerum natura* se abría a la escena del amanecer del mundo, cuando todo estaba en el caos y en el desorden: «*había en el principio una masa tempestuosa de elementos de toda clase presa de la discordia que confundía distancias, direcciones, combinaciones, densidades, golpes, choques, movimientos [...] en una confusión general*» (V, 346-39). Pero gracias a la tendencia natural de los cuerpos a caer por su propio peso en busca de las condiciones de equilibrio, se trazaba un primer orden del universo. Como un río que transporta elementos pesados, la naturaleza se apresura a constituir y distribuir los elementos según sus pesos relativos: «*al principio todos los elementos de la tierra, en virtud del peso y del entrelazamiento, venían a reunirse en el centro y ocupaban en masa las regiones más bajas [...], y estrechándose más su unión y su maraña, expulsaron con más fuerza fuera de su materia a los átomos que habían de formar el mar, los astros, el sol, la luna*» (V, 449-52).

V. También en la física arquimediana de Galileo todo pesa, todo cae. Como los átomos de Lucrecio, también los cuerpos de Galileo caen en el vacío con la misma velocidad acelerada. Y también la física del peso de Galileo se estructura desde su nacimiento como una cosmogonía. En el manuscrito pisano *De motu* figura sólo un primer esbozo escasamente original de la creación del mundo, con un Dios que trabaja por el orden de un universo todavía geocéntrico separando y distribuyendo los elementos según su densidad relativa: «*tras la creación de la esfera celeste —escribía Galileo— el divino Creador acumuló lo que quedaba en el centro del universo. [...] Él separó esta masa confusa y pesada [...], y la tierra quedó en el centro, y del mismo modo los cuerpos más densos quedaron junto a la tierra*».

La verdadera teoría galileana de la constitución del universo es, sin embargo, la publicada al comienzo del *Diálogo* (y después reimpressa también en los *Dis-*



courses), que el autor había apuntado ya en 1610 en el *Sidereus Nuncius*; lo cual es muy importante, ya que significa que Galileo había concebido aquella cosmogonía justamente en los años de Padua en que estudiaba el movimiento naturalmente acelerado de caída y la cosmología del *Mysterium Cosmographicum* de Kepler.

En el *Diálogo*, Salviati ponía como hipótesis una mecánica con la cual la naturaleza había pasado en su génesis desde el desorden «*donde confusa y desordenadamente las materias vagaban indistintas*» hasta el orden actual de las «*partes del mundo dispuestas en orden perfecto*». En un principio la naturaleza había seguido la propia tendencia espontánea a descender con movimientos rectilíneos, que dispersaron la materia hasta el infinito en todas direcciones. La simetría providencial del universo que Galileo denominaba «*la distribución y disposición óptima*» había nacido gracias a una milagrosa conversión «*del movimiento recto en movimiento circular, en el que después se han mantenido*» todos los cuerpos del mundo.

Este modelo de la creación le servía a Galileo para introducir, a través de infinitos incrementos de velocidad, su descubrimiento de la ley temporal del movimiento de caída a partir del estado de reposo: ley universal, válida tanto para los cuerpos terrestres como para los celestes. Galileo la aplicaba, de hecho, al estudio del caso particular de la creación de los movimientos de los planetas. También los planetas, en un principio, se habían dejado caer durante un tiempo fijado, y después Dios los había desplazado a sus órbitas circulares uniformes.

Para este argumento planetario de su teoría mecánica de la creación de los planetas, Galileo afirmaba haberse inspirado libremente en Platón. Eso era aceptable, visto que en el *Timeo* Dios había hecho prevalecer en las órbitas planetarias el movimiento uniforme de las estrellas; pero en los cielos: en la tierra el Dios de Platón se limitaba a imponer formas geométricas a las partículas de los elementos sin preocuparse de manera efectiva de las direcciones de sus movimientos.

Galileo, en cambio, imaginaba la creación como tránsito de toda la materia («*los cuerpos integrales del mundo*») desde un sistema abierto a un sistema estable. Y explicaba que eso había sucedido gracias a la singularidad de un suceso mecánico extraordinario que había eliminado el desorden inicial: aquel caos primigenio, que era como un campo de vectores infinitos. El providencial suceso ordenador del universo había consistido en la transformación de los movimientos inicialmente rectilíneos de la materia en una dirección circular en torno a un centro. El único criterio posible para concebir la constitución temporal de los cuerpos como un universo creado era, por tanto, idéntico al principio lucreciano de la declinación fortuita de los átomos, aquel *clinamen*, que ahora el *Diálogo* bautizaba en clave providencial, en cuanto que principio omnipotente de orden, con el nombre cristiano de Dios: «*en nada menoscaba Su omnipotencia* –precisa Salviati en el *Diálogo*– *el decir que Dios no puede hacer que lo hecho no esté hecho*».

Querría concluir diciendo que el atomismo antiguo, lejos de no ser una influyente retórica yuxtapuesta a la verdadera ciencia galileana, fue el alfa y la omega de la física de Galileo; y no sólo porque en su física tienen pleno derecho de ciu-



dadanía las hipótesis corpusculares censuradas en nuestros días como instrumental polemista de una filosofía natural veleidosa y fanfarrona; sino porque la física corpuscular de Galileo, su mecánica, su cosmología, pertenecen a un modelo global idéntico, que las dirige. La atomización representaba en la física lo que el descubrimiento de las leyes del movimiento de caída era en la mecánica de Galileo, y la circularidad copernicana de las órbitas planetarias en su astronomía.

El movimiento sobre el plano inclinado era un caso singular de la constitución del universo trazada por los *antiquiores philosophi*. La física arquimediana de Galileo iba de la ontología a la fenomenología. La nueva ciencia galileana había tomado los impulsos de la ontología fundamental del atomismo, es decir, de las categorías lucrecianas de pesadez y fluidez universales, para llegar a la fenomenología mecánica de la caída de los cuerpos pesados y aplicarla a los movimientos de los planetas. El precepto atomista de estudiar de la misma manera los fenómenos terrestres y celestes había sido, por tanto, fecundo para Galileo. Y no debe sorprendernos la fecundidad del atomismo para el surgir de la ciencia moderna, ya que en la física de los átomos la ciencia de finales del Renacimiento encontraba lo que más falta le hacía: la posibilidad de pensar el orden divino en *rerum natura*.

Copérnico había escrito en el *De revolutionibus* que una simple gota de agua revelaba la propensión instintiva de la materia universal a plasmarse en la forma esférica. También para Kepler el código genético del cosmos lo constituían sus formas y proporciones geométricas. A Galileo no le bastaba este formalismo, ya que Galileo no era un matemático platónico, sino arquimediano. Era un físico atomista que creía que el primer instinto de la naturaleza universal era el movimiento de descenso, cuya ley matemática había descubierto: un descubrimiento superior a su propio genio; ya que la caída natural no bastaba para producir el orden sin intervención de un motor, de una fuerza productiva capaz de transformar en rotación la caída. Y esta fuerza misteriosa quedaba fuera del alcance de la inteligibilidad estática y cinemática de la física de Galileo. El universo, por tanto, remontaba su origen hasta una intervención externa a la naturaleza, sobrenatural. La fuerza ordenadora, el *deus ex machina* de la Creación, que Lucrecio llamaba *clinamen*, Galileo vuelve a bautizarlo con el nombre de Dios. La «extraña alianza entre Demócrito y Platón» que Alexandre Koyré señalaba era, en realidad, una alianza entre Lucrecio y Moisés, y no era, por tanto, tan extraña.

Traducción del italiano de *Joaquín Gutiérrez Calderón*
Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia