

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XIII JORNADAS

VOLUMEN 9 (2003), Nº9

Víctor Rodríguez

Luis Salvatico

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



El desarrollo de la concepción galileana de la naturaleza: ¿del átomo al punto geométrico? ¹

Fernando Tula Molina*

Introducción

En el presente trabajo quisiera presentar un artículo reciente de Carla Rita Palmerino sobre la evolución del atomismo galileano y al mismo tiempo hacer una observación que considero importante.² Palmerino propone un nexo significativo entre la demostración galileana de que cualquier extensión finita contiene infinitas partes, algunas llenas de materia y otras vacías, con el proyecto de fundamentación de su teoría de caída de los cuerpos mediante la definición de “reposo” como grado infinito de lentitud. Así, su artículo – que lleva por subtítulo “un puente entre las teorías del movimiento y las de la materia” – le otorga un valor central a la solución a la paradoja aristotélica de las ruedas concéntricas (*rota aristotelis*) ofrecida en la Primera Jornada de los *Discorsi e dimostrazione matematiche in torno a due nuove scienze* de 1638. Su trabajo argumenta consistentemente que el uso galileano de tal paradoja puede ser visto como un *medio de transformar* una teoría continuista del movimiento en una teoría atomista de espacio, tiempo y materia, y también en sentido contrario.

Al mismo tiempo esta tesis pretende dar una razón por la que Galileo habría abandonado el atomismo del *Saggiatore* donde las diversas formas y tamaño de los átomos daban lugar a las cualidades primarias, por un atomismo de infinitos e indiferenciados *indivisibles*. A este cambio lo describe como el paso del atomismo *físico* al atomismo *matemático*. En su opinión, si bien esta transformación recibió considerable atención fundamentalmente en los años setenta, no se habría propuesto ninguna razón convincente para justificar esta evolución del atomismo galileano.³ Como único intento de hacerlo durante los 80 menciona la tesis de Pietro Redondi quien lo atribuye a la *prudencia* de Galileo frente las decisiones del Concilio Tridentino teniendo en cuenta que su atomismo físico hacía imposible dar cuenta de la presencia del cuerpo y sangre de Cristo en los accidentales pan y vino eucarísticos. Lejos de esta explicación en términos de circunstancias externas, Palmerino cree que las razones deben buscarse en los problemas que la propia obra de Galileo fue dejando abierto con relación al comportamiento de los cuerpos materiales y también para

proveer una justificación implícita para uno de los principios fundamentales de su teoría de caída libre.⁴

Mi intención aquí no es en sí mismo la de impugnar esta tesis ni su decisión de buscar la respuesta en el desarrollo propio de la obra de Galileo. Mi intención es la de señalar, en contra de la tesis de Palmerino, que el atomismo Galileano no dejó en ningún momento de ser un atomismo *físico*.

* Universidad Nacional de Quilmes CONICET

Esquema del argumento de Palmerino

Como dije, Palmerino hace un uso central de la paradoja de la *rota aristotelis*. Inicialmente, Palmerino hace referencia a la formulación de Algazel: ¿cómo es posible que en una rueda que gira, un punto cercano al centro y uno cercano a la periferia describan *circunferencias diferentes en el mismo tiempo*?⁵ También recurre a la formulación de las pseudo aristotélicas *Quaestiones Mechanicae* donde el problema se formula mediante dos círculos de diámetro diferente que ruedan separadamente sobre sus respectivas tangentes, trazando en una revolución dos líneas de longitud diferente.

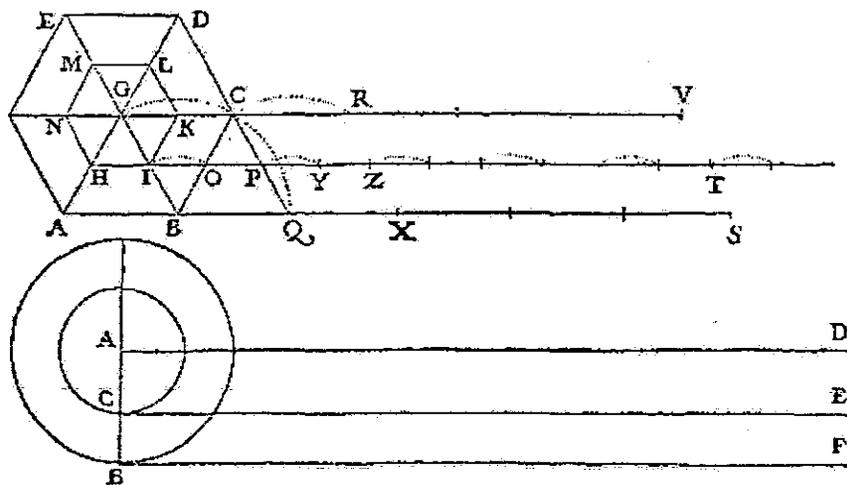


Fig 1

Lo innovador de la estrategia galileana para tratar el problema consistió en analizarla sobre la base de hexágonos concéntricos, gracias a la definición de círculo como polígono de infinitos lados. Con ello facilita la comprensión dado que pasa del dominio de lo infinito al de lo finito, en donde demuestra geoméricamente que el polígono interno traza una línea de la misma longitud, pero interrumpida por cinco saltos (Fig. 1).⁶

Luego, dado que lo que le sucede al hexágono le debe suceder a todos los polígonos que sean similares y concéntricos, el comportamiento de los círculos concéntricos debe explicarse por analogía. Así, logra regresar al dominio de lo infinito, demostrándose que un número infinito de vacíos no extensos pueden encontrarse en una extensión finita (y adicionalmente solucionar la paradoja de la *rota aristotelis*).

Galileo no fue original, sin embargo, en invocar el argumento para explicar el mecanicismo de condensación y rarefacción. La rarefacción se explica por el hecho de que es la rueda externa la que imprime el movimiento. El lado IK es movido *sin tocar* la línea tangente, dejando *vacío* el segmento IO. De este modo la longitud total de la línea tangente quedaría *compuesta* por segmentos intercalados *plenos* y *vacíos*. Por el contrario, cuando es

la rueda interna la que rige el movimiento, la externa está obligada a comprimir sus propios vacíos, obteniéndose de este modo el fenómeno de condensación (Fig. 2)

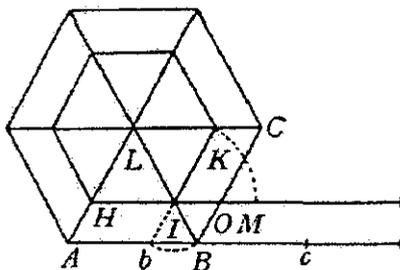


Fig. 2

En mi opinión, entonces, dado que los fenómenos que se busca explicar son la rarefacción y la condensación, en principio no habría motivos para dudar que el atomismo involucrado sea de tipo *físico*. Sin embargo, dado que ahora un cuerpo rarificado debe ser entendido por analogía con la línea trazada por el círculo menor, debe estar compuesta de un infinito número de *puntos* no extensos (parte de ellos llenos de materia y parte vacíos). Con ello, según Palmerino entonces, Galileo habría postulado un “isomorfismo absoluto entre los cuerpos físicos y los geométricos,”⁷ volviendo *matemático* el aspecto central de su propuesta atomista.

Como puede apreciarse, una parte importante de la discusión que intento presentar es de tipo *terminológico*, aunque en mi opinión no menor para evitar confusiones con la interpretación de la propuesta galileana. Por otro lado, no se trata de que Palmerino simplemente no haya *prestado atención* a este aspecto. En nota al pie, Palmerino rechaza la traducción de Drake de “*no quanto*” como *no cuantificable*, y explícitamente responsabiliza a esta traducción de haber acarreado gran confusión entre los intérpretes de Galileo. Su propuesta es la de traducir “*no quanto*” como “*inextenso*”.

Dado que el sentido no es que el mínimo no pueda ser cuantificado, sino que no tiene cantidad en el sentido de extensión espacial.⁸

Si bien es posible que no sea central entrar en este debate, esta interpretación tiene para mí tres problemas:

- a) Establece una distinción entre dos tipos de atomismo que no alcanzo a percibir.
- b) Resulta extraño que lo “*no quanto*” sea el objeto propio de un atomismo “*matemático*”.
- c) Deja el problema, como la propia Palmerino reconoce, de cómo entender que lo *inextenso* sea *operativo* – produzca cambios – desde el punto de vista físico.

Condensación, rarefacción e indivisibles

Paso entonces a tratar de justificar una traducción diferente para "no quanti" como *no discreto*, como el resultado del proceso *físico* y un cambio no cuantitativo, sino cualitativo. El ejemplo constante al que recurre Galileo es el de la liquefacción del oro donde se produce un salto de lo cuantitativo a lo cualitativo, al alcanzarse el "punto de liquefacción" por suma sucesiva de grados de calor. Con el paso de lo finito y divisible o sus infinitos indivisibles como constituyentes últimos, Galileo no está hablando tanto del paso del atomismo físico al matemático sino, por el contrario, y en mi opinión, mostrando cómo una transformación física no puede ser completamente descripta de modo numérico ni geométrico.

Como primer punto quisiera comenzar por la cita de *Il Saggiatore* donde Galileo busca distinguir entre los *minimi quanti* y los *atomi realmente indivisibili*, que Palmerino interpreta explícitamente como *mínimos extensos* y *átomos inextensos*. Galileo afirma refiriéndose a los átomos más pequeños, los átomos de calor o fuego (*ignicoli*).

Y tal vez mientras la sutilización y frotamiento se produce entre partes mínimas divisibles (*i minimi cuanti*), su movimiento es temporal y su acción es sólo calórica; pero, cuando se alcanza su resolución más alta y última en átomos realmente indivisibles (*atomi realmente indivisibili*), se crea la luz con movimiento o – preferiríamos decir – expansión y difusión instantánea, capaz de ocupar inmensos espacios por su – no sé si decir sutileza, rareza, inmaterialidad, o aún otra propiedad diferente de todas ellas y sin nombre.⁹

Esta cita indica para Palmerino un punto intermedio en la evolución del atomismo galileano, dado que la carencia de extensión – en su traducción – se postula aquí sólo como distintiva de las partículas últimas de la luz, mientras que en 1638 se postulará como el atributo común de *todos* los átomos. De modo contrario, veo en esta cita con más claridad que Galileo *no sabe* como describir la propiedad resultante de que el proceso de rarefacción no se detenga en los átomos ígneos, a que afirme que los átomos de la luz, en tanto *non quanti*, son inextensos.

El problema hidrostático y el atomismo

El mayor problema hidrostático de Galileo fue no poder conceptualizar el fenómeno de tensión superficial responsable de que Ludovico delle Colombe pudiese refutar experimentalmente su hidrostática arquimedeaná. Como he observado en otras ocasiones este problema lo conduce explicaciones *ad hoc* para mantener el esquema arquimedeano. Formula el problema de la siguiente manera:

¿Cuál es la causa por la que se detiene el hundimiento donde ya se ha vencido la resistencia del agua por el propio peso y queda suspendida en la cavidad que ha fabricado en el agua? ¿Por qué al sumergirse sin que su superficie llegue al nivel del agua, el cuerpo ha perdido parte de su gravedad. ?

Su respuesta, completamente falsa a nuestros ojos, es que:

Tal pérdida se produce por el hecho de hacer descender a tal cavidad por contacto adherente una parte del aire superior, con lo cual lo que está colocado en el agua no

es una tableta de ébano o de metal, sino un compuesto de ébano y aire, del cual resulta un sólido que ya no es superior al agua, como lo eran el simple ébano u oro."¹⁰

Sin embargo, esta teoría respondía perfectamente a las condiciones de su problema:

- a) La explicación debía darse en término de mayor o menor peso específico.
- b) Dado que el cuerpo *detuvo* su hundimiento debe haberse producido una disminución de su peso específico.
- c) Salvo el aire contiguo no hay nada que pueda explicarlo.
- d) En conclusión, de alguna manera partes del aire deben *combinarse* con partes del ébano.

Queda entonces, como problema derivado, explicar de qué manera puede producirse tal combinación, lo cual Galileo explora experimentalmente:

Seguramente algunos de los que discrepan conmigo se maravillarán de que yo quiera en cierto modo atribuir una cierta *virtù atractiva* al aire para sostener los cuerpos graves con los cuales es contigua. Por ello he estado pensando cómo demostrar con alguna otra experiencia sensata cómo efectivamente un poco de aire contiguo y superior puede sostener aquellos sólidos que por su propia naturaleza se irían al fondo... Encontré que al ubicar uno de tales cuerpos en el fondo y mandarles aire sin tocarlos, el aire se combina con la parte superior del cuerpo y es suficiente no sólo para sostenerlo como antes, sino para llevarlo a la superficie... Así hay entre el aire y los restantes cuerpos una *cierta afinidad* que los mantiene unidos.¹¹

Es en este punto en mi opinión donde se genera problema, al que la hipótesis de los infinitos indivisibles vendrá a dar una tardía respuesta quince años después. El problema, entonces, es explicar en qué consiste tal *afinidad*. Su primera aproximación será en términos aristotélicos de *horror al vacío*, la cual explora mediante la conocida experiencia de la dificultad de separar dos trozos de mármol perfectamente pulidos, donde "no queda nada entre ellos." La responsable de tal cópula y adherencia será la virtud atractiva:

... la cual con nexo sólido mantiene unidos a todos los cuerpos que tocan mientras no medie la interposición de un medio fluido.¹²

Vemos el vínculo que hay entonces entre cohesión y el carácter fluido o no de los cuerpos. Todavía no habla de infinitos indivisibles, pero ya especula sobre la posibilidad de generalizar esta idea en una teoría de la materia y agrega en tono de especulación filosófica:

... y quien sabe si tal contacto, cuando sea completo no sea causa suficiente de la unión y continuidad de las partes de un cuerpo natural.¹³

Pienso que este marco de ideas y problemas es el que debe verse como punto *inicial* de la evolución del atomismo galileano. Un atomismo derivado de la necesidad de ampliar la teoría arquimedea de flotación para incluir el inexplicable fenómeno de tensión superficial, y donde su posición se constituye a partir de combinar una teoría atomista de la materia con una teoría del movimiento todavía en parte asociada a los lugares naturales de Aristóteles. El resultado de esta síntesis hasta aquí fue una concepción de peso específico

entendida como la *proporción característica* de unidades de elementos fundamentales (agua, aire, tierra, fuego) en cada material natural (madera, plomo, oro), y la postulación de cierta *afinidad* o *virtù atractiva* que permite la *combinación* de partes de materiales naturales diferentes (ébano, aire). Dicho aún de otro modo, podría decirse que al terciar en el tratado hidrostático en la polémica entre Aristóteles y Demócrito, Galileo estuvo considerando la definición arquimedea bajo la idea del fragmento 9 de Demócrito donde afirma su escepticismo para tener conocimiento cierto dado que las cosas:

... cambian continuamente según la disposición del cuerpo y de las cosas a ser penetradas y a ofrecer resistencia.¹⁴

De todos modos, no se pudo resolver, y quedó largos años pendiente el problema de en qué consistía tal *virtù atractiva*, causa de la cohesión de todos los cuerpos y de su resistencia a ser penetrados.

Liquefacción e indivisibles

Sin duda esta es la razón por la que el problema de la resistencia de los materiales es atacado en los *Discorsi e dimostrazioni matematiche in torno a due nuove science* (1638) como central desde la primera jornada. Allí afirma que.

Lo que queráis oír es lo que pienso acerca de la resistencia a la fractura de los cuerpos cuya textura no está compuesta de filamentos, como es el caso de las cuerdas y la mayor parte de las maderas. La cohesión de sus partes resulta, según mi punto de vista, de otras causas, las cuales se reducen principalmente a dos. Una es la tan vapuleada repugnancia de la naturaleza a admitir el vacío; la otra (al no bastar ésta del vacío) hay que buscarla en algún aglutinante, cola ó viscosidad que una fuertemente las partículas de las que se componen dichos cuerpos.¹⁵

Para dar cuenta de la existencia de esta segunda causa hace referencia a una experiencia elaborada de un modo sumamente ingenioso consistente en comparar cuanto lastre es necesario colgar de un tapón de un cilindro lleno de líquido y puesto boca abajo para que éste salga (medida que atribuirá a la resistencia al vacío), y cuanto lastre es necesario para quebrar un cilindro de mármol de las mismas dimensiones (medida que atribuirá a la fuerza de cohesión de las partes de un sólido). Luego de tal comparación Galileo concluirá que para el caso del mármol la relación entre ambas fuerzas es de 5 a 1.

Pero más allá de esta proporcionalidad numérica, reconoce que no es capaz de imaginarse cuál cola podría ser esta dado que, si tenemos en cuenta cómo el oro se licúa en el crisol, y sin embargo, si se lo retira vuelve a recobrar la misma cohesión que tenía al principio ¿qué aglutinante puede ser este que no se ha quemado ni consumido?

A continuación Galileo ofrece, su explicación de la liquefacción del oro por la anulación de los intersticios vacíos que las partes buscaban evitar manteniéndose consecuentemente unidas entre sí. Me resulta también interesante tratar de captar el tono de este fragmento que cito *in extenso*.

Os voy a decir algo que se me acaba de pasar por la imaginación y que no os lo daré como algo verdadero sino a modo de conjetura aún sin madurar, sometiéndola a consideraciones más elevadas. Todo lo que os parezca y del resto haced lo que juzguéis más conve-

niente. Considerando, a veces cómo el fuego deslizándose entre las partículas más pequeñas de tal o cual metal, las cuales se encuentran fuertemente unidas, acaba por separarlas y desunirlas; y cómo cuando el fuego se retira, vuelven a unirse inmediatamente con la misma fuerza que al principio poseían, sin que haya disminuido en nada la cantidad en el caso del oro, y muy poco en otros metales, incluso si han permanecido éstos separados durante mucho tiempo, pensé yo que esto podía suceder debido a que las partículas más sutiles del fuego, al penetrar por los poros estrechos del metal (a través de los cuales y dada su estrechez no podrían pasar ni el aire ni otros muchos fluidos) llenase estos vacíos mínimos, liberando así a las partículas más pequeñas de la presión ejercida por estos mismos vacíos, al atraerse libremente, su materia se haría fluida, permaneciendo en este estado mientras quedasen entre ellas los corpúsculos de fuego. Al desaparecer éstos, los vacíos primitivos volverían a su sitio, dándose de nuevo la atracción entre Galileo habría postulado un “isomorfismo absoluto entre los cuerpos físicos y los geométricos,”¹⁶ volviendo *matemático* el aspecto central de su propuesta atomista:

ellos, y consecuentemente, la unión de las partes.¹⁷

Y es justamente en este punto donde Galileo afirma inicialmente la hipótesis de los infinitos indivisibles con relación a los cambios de estado físicos, y que luego tratará mediante la paradoja aristotélica de la *rota aristotelis*.

Me parece que de todo esto se puede concluir, razonablemente, que los elementos más pequeños en que puede resolverse el agua son muy diferentes de las partículas mínimas extensas y divisibles. Esta tiene menos consistencia que el polvo, por fino que éste sea, más aún, se podría decir que no tiene consistencia ninguna. Yo no sabría explicar esta diferencia si no es diciendo que los elementos últimos del agua son indivisibles. Me parece también que la perfecta transparencia del agua es un argumento muy fuerte a favor de esta hipótesis, ya que si tomamos el cristal más transparente que podamos encontrar y comenzamos a romperlo y triturarlo, una vez que los hemos reducido a polvo, pierde la transparencia y esto tanto más cuanto más finamente lo pulverizamos. El agua, sin embargo, que está sumamente triturada, es diáfana. El oro y la plata, pulverizados más sutilmente bajo la acción de ácidos que lo que se conseguiría con la mejor lima, con todo siguen siendo polvo, y no se convierten en fluidos ni se licúan a no ser que los disuelvan en sus últimos componentes los indivisibles del fuego o de los rayos del sol, siendo aquellos, creo yo, infinitos e indivisibles.¹⁸

Conclusiones

Con relación a mi objeción respecto de la tesis de Palmerino de que el atomismo de Galileo *evoluciona de atomismo físico a uno matemático* puede decirse que.

- a) Que Galileo haya postulado un “isomorfismo absoluto entre los cuerpos físicos y los geométricos” no conduce necesariamente a que el atomismo galileano se refiera en adelante a *puntos matemáticos inextensos*. Por el contrario, tal isomorfismo puede tener la intención de poder *utilizar* la geometría para explicar propiedades físicas.

- b) El hecho de que la teoría de los infinitos indivisibles surja como una reflexión sobre la “naturaleza del agua” y que la conclusión de Galileo en 1638 se refiera a los “elementos más pequeños en que puede resolverse el agua” habla de una continuidad del carácter físico del problema que busca solucionar mediante su propuesta atomista.
- c) El hecho de que Galileo se haya inscripto en la tradición de utilizar la paradoja de la *rota aristotelis* para reflexionar sobre el continuo material y sobre los fenómenos de rarefacción y condensación tampoco avalan la interpretación del carácter meramente *matemático* de su atomismo.
- d) También debe tenerse en cuenta que su investigación deriva de modo central en problemas físicos y no matemáticos, como el de la cohesión de los cuerpos materiales sólidos y su resistencia a la fractura.
- e) Finalmente, no debe olvidarse que la intuición fundamental que explícitamente guió su reflexión fue la de la liquefacción del oro en el crisol.

En mi opinión el atomismo galileano ha estado en todo momento guiado por el problema físico de la resistencia a la división. En este sentido, me parece adecuado concluir con la analogía que Galileo propone en el tratado hidrostático al decir que, cuando nos retraemos a la contemplación más interna de la naturaleza del agua reconocemos que la constitución de sus partes no sólo no se opone a la división sino que no hay nada que pueda ser dividido. A esto agrega:

La resistencia que se siente al moverse en el agua es similar a la que sentimos al avanzar entre una multitud apretada de gente, donde sentimos impedimento, y no por la dificultad que se encuentra en el dividir, sino dividiendo alguna de las ondas que la componen, con sólo mover lateralmente las personas individualmente y no en conjunto; y así experimentamos resistencia al tratar de introducir un palo en una duna, no porque alguna de sus partes se tenga que dividir, sino solamente moverse y elevarse. Representamos entonces dos maneras de penetrar: una la de los cuerpos cuyas partes son continuas y donde parece necesaria la división; la otra en el agregado de partes no continuas, sino solamente contiguas, y donde no es necesario dividir, sino solamente mover.¹⁹

Por otra parte quiero hacer una observación historiográfica independientemente de las diferencias que pueda haber con Palmerino sobre la evolución del atomismo galileano. La separación entre un atomismo *físico* por un lado y *matemático* por el otro, obliga a explicar tal cambio y se presta a verlo como un cambio en las *reglas del discurso*. Así Pietro Rondóni y su propuesta en términos de *prudencia* frente al dogma de la *eucaristía*, explícitamente pretende explicar el cambio *tácito* por parte de Galileo de un lenguaje físico a uno matemático.²⁰ Por otra parte la idea de cambios ocultos o tácitos se presta a pensar en maniobras retóricas o búsqueda de visibilidad.

Por mi parte pienso que independientemente de cómo Galileo pretenda o logre moverse dentro de la estructura de poder-conocimiento particular de su contexto, en todo momento buscó avanzar por donde no lograba terminar de entender, exhibiendo una de las características más distintivas de la actividad científica.

Notas

¹ Este trabajo fue realizado con el apoyo de la Fundación Antorchas.

² Palmerino, C.R., "Galileo's and Gassendi's solutions to the *rota aristotelis* paradox: a bridge between matter and motion theories", en Lüthy, C.; Murdoch, J.E.; y Newman, W.R. (eds.), *Late medieval and early modern corpuscular matter theories*, Brill, Leiden, 2001, pp. 381-422

³ Ídem, pág. 393, n. 31 Refiriéndose a W. Shea, H. Baldini y H. E. Le Grand.

⁴ Ídem, pág. 394.

⁵ Palmerino, C.R. (2001), *op. cit.*, pág. 383

⁶ Ídem, pág. 387.

⁷ Ídem, pág. 390.

⁸ Ídem, pág. 338, n. 18

⁹ "E forse mentre l'assottigliamento e attrizione resta e si contiene dentro a i minimi quanti, il moto loro è temporaneo, e la lor operazione calorifica solamente; che poi arrivando all'ultima ed altissima risoluzione in atomi realmente indivisibili, si crea la luce, di moto o vogliamo dire espansione e diffusione instantanea, e potente per la sua, non so s'io debba dire sottilità, rarità, immaterialità, o pure altra condizione diversa da tutte queste ed innominata, potente, dico, ad ingombrare spazii immensi" Galilei, G., *Il Saggiatore*, en Favaro, A. (ed.), *Le Opere di Galileo Galilei*, Vol. 6, Edizione Nazionale, 1890-1909, pág. 351

Agradezco aquí al referí anónimo por sus observaciones que han permitido mejorar este trabajo. En este punto sugiere comparar la traducción de este párrafo con la realizada por Víctor Navarro: "Y tal vez mientras dura esta sutilización y frotamiento y se mantiene dentro de unas cantidades mínimas divisibles, su movimiento es temporal y su operación solamente calorífica; pero al alcanzar la última y elevadísima resolución de átomos realmente indivisibles se crea la luz con un movimiento o, mejor dicho, expansión y difusión instantánea y capaz por su, no sé si debo decir, sutalidad, rareza inmaterialidad o bien por otra condición diversa de todas éstas e innominada, capaz, digo, de llenar espacios inmensos."

Quiero simplemente señalar que en mi opinión es más adecuado traducir "i minimi quanti" por "partes mínimas divisibles" y no por "cantidades mínimas divisibles," así como traducir "risoluzione in atomi realmente indivisibili" como "resolución en átomos realmente indivisibles" y no "resolución de átomos realmente indivisibles." En el último caso, en mi opinión el texto señala que hay un proceso (la resolución última) que cambia la *naturaleza* de los átomos. Por ello me parece importante que no se pierda de vista que en el primer caso se habla de partes *materiales* mínimas y no meramente de *cantidades* mínimas.

¹⁰ Galilei, G., *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o que in quella si muovono*, 1612, en Favaro, A. (ed.), *Le Opere di Galileo Galilei*, *op. cit.*, Vol. IV, pág. 98.

¹¹ Ídem, pp. 101-102.

¹² Ídem, pág. 103.

¹³ Ídem

¹⁴ Cfr. Diels, H., y Kranz, W., *Die Fragmente der Vorsokratiker*, Band I, Olms, pág. 57.

¹⁵ Galilei, G., *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due nuove scienze*, Favaro, A. (ed.), *Le Opere di Galileo Galilei*, *op. cit.*, Vol. VIII, pág. 59

¹⁶ Ídem, pág. 390.

¹⁷ Ídem, pág. 66.

¹⁸ Ídem, pág. 86.

¹⁹ Galilei, G., *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o que in quella si muovono*, *op. cit.*, pp. 105-106.

²⁰ Redondi, Pietro, *Galileo Heretic*, Einaudi, 1983 [versión inglesa de R. Rosental, *Galileo Heretic*, New York, Penguin Books, 1987, pp. 24-25]