

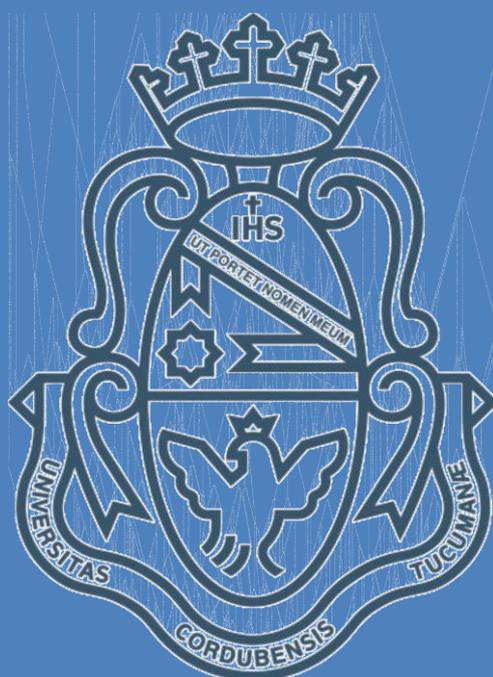
EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XVIII JORNADAS

VOLUMEN 14 (2008)

Horacio Faas
Hernán Severgnini

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



La trama no mecánica de los conceptos dinámicos: Galileo y Newton

Guillermo Boido* y Fernando Tula Molina†

1. Introducción

El dualismo cartesiano, con su separación radical entre lo extenso y lo pensante, volvió a la naturaleza realmente *inerte*, desprovista de toda vitalidad y propósito. Concebida, entonces, como un *mecanismo* que sólo responde a sus tendencias inerciales, y a los necesarios choques con su entorno que las modifican y encierran en círculos cerrados de movimiento (vórtices), la física cartesiana puede desarrollarse en términos estrictamente mecánicos dejando sólo interrogantes filosóficos sobre la relación entre ambas sustancias. Sin embargo, ni Galileo ni Newton recurrieron a la salida dualista, y fueron otros conceptos de naturaleza no mecánica los que guiaron y delimitaron el alcance de sus principales conceptos dinámicos.

En este trabajo pretendemos mostrar la trama no estrictamente mecánica de conceptos claves en el pensamiento científico de Galileo y Newton. Tal objetivo tiene el propósito adicional de cuestionar el uso de categorías homogeneizantes al hablar de la Revolución Científica, como pueden serlo las referencias aisladas a la *matematización* de la naturaleza o al surgimiento de la física-matemática. Si bien mucho se ha escrito sobre la necesidad de considerar las ideas en su contexto, tales referencias siguen vigentes, quizás por las dificultades de nuestra propia cultura para asociar el origen de la ciencia moderna con la búsqueda de una visión coherente del mundo *a la vez* material y espiritual.

Sea como fuese, trataremos de mostrar de qué modo esto sucede tanto en el pensamiento de Galileo como en el de Newton, i.e., procuraremos mostrar que nociones no mecánicas como la de *perfección del orden natural* o del *sensorio divino* jugaron un papel rector tanto en la explicación como en la incorporación o el rechazo de nuevas ideas. En el caso de Galileo, la perfección del movimiento *circular* se constituyó en una idea-marco que le impidió aceptar las ventajas explicativas de la disposición elíptica de las órbitas keplerianas, las cuales conoció desde 1612. En el caso de Newton, sus estudios alquímicos le permitieron concebir fuerzas diferentes a las del mero choque, y sus trabajos de exégesis bíblica lo condujeron a concebir la *armonía de la naturaleza* sólo a partir de la voluntad activa de un Dios providente.

Esperamos que un recorrido sobre tales relaciones, aunque sea superficial, permitan ilustrar el tipo de *proyecto* que debe intentar reconstruirse cuando abordamos el análisis de los grandes pensadores que hicieron surgir la ciencia moderna.

2. Galileo

La mayor obra cosmológica de Galileo es sin duda el *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632). La importancia de la idea de movimiento circular aparece desde la primera dificultad considerada: la distinción entre movimientos circulares y rectilíneos en la cosmología aristotélica. Esta dificultad es de tal magnitud que sus diferentes aspectos consumen las dos

* Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires

† Centro de Estudios e Investigaciones. Universidad Nacional de Quilmas. CONICET

primeras jornadas (los aspectos cosmológicos o metafísicos la primera y los aspectos físicos la segunda). Pero hay que recordar que para Galileo

[...] ésta es la primera piedra, base y fundamento de toda la arquitectura del mundo aristotélico, sobre la cual se apoyan todas las otras propiedades de lo que carece de gravedad y ligereza, lo inengendrado, incorruptible y exento de toda mutación, más allá de la local, etc.: y todas las cuales las afirma como propias de los cuerpos simples y movidos con movimiento circular; y las condiciones contrarias, de gravedad, ligereza, corruptibilidad, etc., las asigna a los cuerpos movidos naturalmente con movimiento rectilíneo. Por consiguiente toda vez que descubra falla en los fundamentos, se podrá dudar con razón de todo el resto (Galileo, 1632, p. 42).

Y a continuación, lo que no es de menor importancia, Galileo agrega:

No niego que esto, que ha sido introducido mediante un discurso general por Aristóteles, no se vea más adelante confirmado con razones particulares y con experiencia, todas las cuales es necesario considerar y ponderar de modo individual (Galileo, 1632, p. 42).

Aquí ya podemos percibir los ejes centrales que anudan la trama galileana sobre el significado del movimiento circular, sobre el papel que ocupa en la crítica a Aristóteles y sobre la necesidad de ponderar de modo individual los diferentes aspectos involucrados. El primer eje es físico en un extremo y metafísico en el otro, y lo constituye la relación *movimiento rectilíneo-cuerpos corruptibles* (leves o graves), y su correspondiente *movimiento circular-cuerpos incorruptibles* (ni leves ni graves). El segundo eje es cosmológico y argumentativo; enmarca que toda la discusión sea analizada bajo la dicotomía: o la Tierra está quieta o se mueve con *movimiento circular*. Finalmente, el tercero es epistemológico y se refiere a la ponderación individual (no *a priori*) que requieren todos los argumentos y sus experiencias asociadas. Nos concentraremos aquí sólo en los dos primeros.

Antes de poder argumentar a favor del movimiento terrestre es preciso hacer que la propia idea sea *plausible*, para lo cual es necesario equiparar la posibilidad del movimiento y del reposo terrestre respecto a la experiencia; nada se podrá afirmar mientras se mantenga el orden impuesto por la cosmología de las dos esferas a la taxonomía de los movimientos naturales. Ésta reserva la exclusividad del movimiento circular -en virtud de su perfección- al orden de lo inengendrado e incorruptible, impidiendo, por consiguiente, asociarlo al corruptible mundo sublunar.

Dentro de esta trama de ideas y supuestos, la experiencia parece estar a favor y la esgrime Simplicio con tono concluyente:

[...] quién puede ser tan ciego que no vea las partes de la Tierra o del agua moverse, en tanto graves, naturalmente hacia abajo, es decir hacia el centro del universo, asignado por la misma naturaleza como fin y término del movimiento descendente; y no vea igualmente, moverse el fuego y el aire hacia arriba hacia el cóncavo del orbe lunar, como término natural del movimiento ascendente (Galileo, 1632, p. 57). (Nuestra cursiva.)

Por supuesto, esta primera experiencia se ve despojada de todo peso si se invalida el supuesto de que el centro de la Tierra y el del universo *coinciden*; paralogsismo que Galileo no tarda en señalar:

[...] ni tú ni Aristóteles probaron nunca que la Tierra *de facto* se encuentre en el centro del universo [...] (Galileo, 1632, p. 58).

y agrega, adelantando sus intenciones:

[...] si se puede asignar algún centro al universo, encontraremos mucho más fácil asignarlo al Sol, como más adelante intentaré mostrar (Galileo, 1632, p. 58).

Galileo aprovecha este momento para declarar que ninguna de las restantes afirmaciones de Aristóteles que conducen a diferenciar la Tierra de los cuerpos celestes tiene más peso que la que se basa en sus distintos movimientos, por lo que propone

[...] dejar de lado estas consideraciones generales acerca de si el movimiento rectilíneo es necesario en la naturaleza y conviene a algunos cuerpos, y considerar las demostraciones, observaciones y experiencias particulares. En primer término, examínense todas las dadas por Aristóteles, Ptolomeo y otros en favor de la inmovilidad de la Tierra, buscando resolverlas, y trayendo por último aquellas por las cuales sea posible convencerse que la Tierra se encuentre, no menos que la Luna u otro planeta, entre los cuerpos naturales movidos circularmente (Galileo, 1632, p. 69).

Podemos apreciar que la estrategia galileana está directamente orientada a equiparar el movimiento de la Tierra con los restantes astros, lo cual sólo puede hacerse considerando su movimiento como *circular*. Su ataque a la cosmología de las dos esferas tiene dos frentes: sacar a la Tierra del geostaticismo -ubicándola entre los cuerpos con movimiento circular natural-, y criticar la asociación entre lo supralunar y lo incorruptible. En ambos casos enfatiza la existencia de un perfecto *orden natural*, respecto del cual el reposo y el movimiento circular se comportan de la misma manera. La gran importancia de esta observación consiste en que, si bien sacar a la Tierra del reposo supone negar el orden *aristotélico y ptolemaico*, en la medida en que tal movimiento sea *circular*, ello en nada afecta el orden *natural*.

En este juego de ideas, y promediando la primera jornada, Galileo ha avanzado también en la argumentación: habiendo sido impugnado de modo certero todo argumento que incurra en el paralogismo de suponer lo que está en discusión, la figura de Simplicio se verá obligada a abandonar todo razonamiento que *suponga* la cosmología aristotélica y a remitirse a la *experiencia*.

De este modo, en esta trama de ideas y pasos argumentativos, no es sorprendente que Galileo rechace (o, mejor dicho, no acepte) las órbitas keplerianas: éstas se oponían no sólo a Aristóteles, sino a la naturaleza: ¿cómo rescatar con órbitas *elípticas* esa característica de orden del movimiento circular que lo equipara al reposo? ¿Cómo mantener ese sentido de perfección que permite que algo al mismo tiempo se mueva y que lo haga *sin variar su distancia* respecto de un punto central? No basta decir, como lo hace Giorgio de Santillana, algo que otros repetirán luego: que Galileo y Kepler “[...] se cruzan como dos barcos en la oscuridad”. Por el contrario, Galileo tenía conocimiento de las órbitas keplerianas al menos cuatro años antes de haber realizado el primer bosquejo del argumento central a favor del movimiento terrestre, su teoría de las mareas, enviado en forma de carta al Cardenal Orsini el 8 de enero de 1616, basado en la *combinación* de dos movimientos *circulares*: los de rotación y traslación propuestos por Copérnico.

Vemos, entonces, en el pensamiento de Galileo, cómo las ideas no mecánicas de *orden*, *circularidad* y *perfección* determinaron el contorno de lo aceptable, lo plausible y lo evidente.

3. Newton

En el caso de Newton, los principales conceptos mecánicos son “materia”, “espacio” y “atracción” (o “fuerza centrípeta”). Pero tales conceptos tienen un marco de origen no mecánico tanto en la alquimia como en la teología. Estos ámbitos de reflexión guiaron tanto la crítica como la superación del mecanicismo cartesiano y su estricto dualismo. La primera nutrirá la investigación de fuerzas diferentes a las que suponen *choque* y *contacto*, y la segunda nutrirá un concepto de espacio, y una concepción del mundo asociada, mucho más rica que mera *dimensionalidad* de la sustancia extensa de Descartes. Ambos caminos constituyeron vías para indagar sobre sus primeras preocupaciones sobre la concepción *mecánica*, relacionadas con el hecho de que una ontología de partículas en movimiento, pero *en sí mismas inertes*, se prestaba a una concepción atea de la naturaleza.

En este sentido es útil la distinción de Betty Dobbs entre motivaciones *religiosas* y *teológicas*, y motivaciones *de filosofía natural o científicas*:

- Entre las primeras encontramos la insistencia de Epicuro sobre el carácter *increado* de los átomos, contrapartida de su indestructibilidad. También es problemático para Epicuro que los átomos que se mueven de modo lineal y vibratorio puedan desviarse espontáneamente, sin motivo alguno, “sin ninguna clase de guía divina”. Lejos está Newton de pensar que su tarea es explicar la actividad de las interacciones azarosas entre corpúsculos: no es eso lo que hay que explicar.

- Entre las dificultades propias de la filosofía natural estará el problema clásico de la cohesión, la cual es difícil de explicar en su aspecto mecánico (y sólo haciendo hipótesis sobre las diversas configuraciones de los átomos), y mucho más sobre las formas vivientes (Dobbs, 1991, pp. 221-222).

3.1. Alquimia y éter

Alrededor de 1670 Newton desplazó su atención hacia la alquimia, principalmente a partir de los trabajos de George Starkey (1628-1665), quien firmaba como *Eirenaeus Philalethes* y todavía se encontraba activo en Inglaterra cuando Newton comenzó a estudiar su obra. Se dedicó a ello, con tal profundidad que dominó la literatura existente y destinó a sus propios tratados alquímicos más de un millón de palabras. Pero el objetivo principal de sus investigaciones no estaba asociado a procurar transmutar los metales en oro u obtener sustancias milagrosas, sino a entender el *funcionamiento* de la naturaleza. La alquimia le permitía advertir la acción de *principios activos*, los cuales asociaba con la *primacía del espíritu* en la naturaleza. Por este camino será posible para Newton concebir fuerzas *sin choque*, aquellas que con el tiempo se transformarán en las fuerzas de *atracción* y *repulsión* entre partículas.

En esta fase juvenil Newton concebirá a la naturaleza como “diversas texturas de espíritus etéreos o vapores que se condensan como si fuera precipitación”, asignándole a Dios ser su *causa primera*. Buscará explicar tanto los efluvios magnéticos como eléctricos y la gravitación (todos fenómenos difíciles de explicar por medio de una mecánica basada en el choque) a través de tales espíritus etéreos. Así, por ejemplo, la experiencia asociada a la electricidad estática --producida por ejemplo al frotar un trozo de vidrio y luego acercarlo sin

contacto a pequeños pedazos de papel (observando su movimiento)-- era explicado por esta *materia sutil* que se encontraría *condensada* en el vidrio y *rarificada* por la fricción: al *extenderse* causaría los diversos movimientos observados, y luego se *condensaría* nuevamente en el vidrio causando la *atracción eléctrica*.

Newton concedió en esta etapa de su vida un *gran poder explicativo* a las vibraciones del éter: explicaría tanto los fenómenos de reflexión y refracción, pero también los fenómenos de *fermentación*, *putrefacción* y movimiento constante de cualquier otro cuerpo caliente. En parte a partir de tales investigaciones, Newton le comunicó en 1675 al Secretario de la *Royal Society*, Henry Oldenburg, su *hipótesis sobre la luz*. Ésta implica una concepción de la naturaleza que postulaba la existencia de un *medio etéreo* compuesto a su vez de diversos *espíritus etéreos* (igual que el aire se encuentra compuesto de diversos vapores y exhalaciones). Dicho medio etéreo sería *más sutil*, *elástico* y *rarificado* que el aire y se encontraría *vibrando* de modo constante. (La diferencia principal entre el éter y el aire sería entonces su *orden de magnitud*: mientras las ondas vibran en el aire cada medio pie, las ondas en el medio etéreo, mucho más sutil, se produciría cada cien milésimas de pulgada. En ambos casos las ondas difieren en *amplitud*, pero no en *velocidad*).

Los cuerpos serían “asaltados constantemente por tales ondas como un barco por las olas”, disipándolos progresivamente en vapores, exhalaciones y humo. La *causa de cohesión* de los cuerpos sólidos y líquidos –problema dejado en parte abierto por Galileo– podría ser esta *diferencia de presión* entre las partes más *rarificadas* en los poros y las más *condensadas* fuera de ellos (lo cual ofrecería una explicación de la fuerza que es necesario realizar para separar dos planchas de mármol perfectamente pulidas).

También en esta primera etapa de juventud Newton formula su primera explicación de la *gravedad* en la Tierra. Ésta podría ser causada por la *condensación continua* de *otro espíritu* similar al etéreo, tal vez de naturaleza untuosa, pegajosa y *elástica* que tuviese la misma relación con el éter que la que tiene el *espíritu vital* con el aire. La Tierra, con sus constantes procesos -- que condensan tal espíritu en una *materia activa húmeda* para los continuos usos de la naturaleza, como la *fermentación* o la *combustión*--, podría *condensar* tal cantidad como para causar que este segundo éter *descienda* con gran velocidad. Esta explicación era contraria a la de Descartes, quien suponía que la gravedad se originaba en la *presión* ejercida por la velocidad del vórtice que se encuentra entre la Tierra y la Luna. Sin embargo, la explicación newtoniana sigue asociada a un éter *material*, tal como lo era el *plenum* cartesiano.

En las últimas décadas se ha señalado muchas veces la insistencia de Newton en la necesidad de restaurar una antigua sabiduría que prácticamente no reconoce límites entre lo natural y lo moral. Como lo ha destacado el historiador James Force, la concepción newtoniana del absoluto dominio de Dios sobre la naturaleza incide profundamente no sólo sobre su filosofía natural sino también sobre sus doctrinas teológicas, morales y políticas (Force, 1999, p. 256). Ahora bien, como lo señalara Dobbs, Newton modificó su atomismo inicial reflexionando sobre los aspectos insatisfactorios del epicureísmo en el que había sido tempranamente introducido por Pierre Gassendi. Lo sintetizó progresivamente con ideas de inspiración estoica, referentes a un *pneuma* divino que todo lo penetra. En su visión más integral, tanto material como espiritual, sólo un Dios providente puede producir y mantener las formas y su armonía. La divinidad

inmanente de los estoicos, *activa simultáneamente en todo el cosmos*, explica el orden, la belleza, la simetría y el propósito de la naturaleza; todo lo cual es pura dificultad intelectual en la doctrina epicúrea.

En esta segunda etapa, de madurez -que incluye el período de redacción de los *Principia*-, Newton rechaza abiertamente la existencia tanto de fuerzas como de fluidos *materiales*: ahora admite que las fuerzas son *manifestaciones no mediadas* de la presencia de Dios en el mundo. La elaboración conceptual por parte de Newton de la idea de *sustancia activa* tiene muchas consecuencias. Por un lado estará asociada a la posibilidad de una causalidad *sin contacto material*, imposible por principio en la mecánica inerte y corpuscular de Descartes. La idea de fuerza centrípeta (que impide que un cuerpo sujeto a movimiento circular se fugue por su punto tangente, manteniéndolo asociado a tal movimiento en torno a un centro) es concebida como *externa* -no propia- del móvil.

Es en este marco estoico que cobra significado la idea de *espacio* como *sensorio* de Dios; y como Samuel Clarke, *alter ego* de Newton, habrá de explicar luego pacientemente a Leibniz, el sensorio no es un órgano de Dios (que no los tiene), sino el *lugar de la sensación*. ¿De qué otro modo explicar la acción constante y providente de Dios en el mundo? ¿No supone esto un ser incorpóreo, viviente, inteligente, omnipresente, que ve íntimamente las cosas en el espacio infinito percibiéndolas plenamente y comprendiéndolas totalmente por su presencia inmediata? Como lo señalara hace ya tiempo Alexandre Koyré, el Dios de Newton no es una inteligencia mundana ni supramundana, sino una inteligencia omnipresente, en el mundo y fuera de él. La voluntad de Dios mueve los cuerpos que se hallan en su sensorio, formando y reformando las partes del universo. Claramente, nos dice Newton, Dios permanece en el mundo luego de la Creación y es la fuente de la *actividad* del mismo, en modo alguno atribuible a la materia.

El *absurdo filosófico* del que nos habla Newton en su célebre carta a Bentley -aceptar causalidad a distancia sin contacto alguno entre los cuerpos- gana inteligibilidad cuando entendemos la importancia en su pensamiento de la *presencia de Dios* en la naturaleza, cuando pensamos que la ausencia de contacto *material* no implica la ausencia de *todo* contacto.

3.2. Teología

Si nos internamos ahora en el ámbito de las preocupaciones teológicas de Newton, vemos que su convicción arriana -fruto de sus propios y extensos trabajos de exégesis bíblica- lo condujo a concebir como herejía la adoración a Cristo, mero profeta humano, por ser éste una creación de la omnipotencia divina a la que debe subordinarse. San Atanasio, persecutor de Arrio, había sido en el siglo IV apoyado por la Iglesia romana y ella fue de allí en más sede de un culto idolátrico que se había manifestado *después* de que la Iglesia primitiva estableciera que había que adorar a un *único* Dios.

Aquella remota controversia estuvo centrada en tres posiciones acerca de la esencia del Hijo con respecto al Padre, asociadas con las palabras *homoousion*, de la misma esencia; *heteroousion*, de distinta esencia; y *homoioousion*, de similar esencia. Una gran mayoría de teólogos adhirieron a la primera posición y condenaron la segunda, sostenida por los arrianos, a la vez que declaraban a las creencias de Arrio "errores" y "herejías". La doctrina trinitaria, obra de "blasfemos y fornicadores intelectuales", como los llamaba Newton, se había convertido en

un dogma a su juicio inaceptable tanto para la Iglesia católica como para la anglicana, y conformaba una "falsa religión infernal".

Ahora bien, el arrianismo cumplirá un papel importante en la tercera y última concepción de Newton sobre el éter, impulsándolo a abandonar el modelo en el cual Dios actuaba *directamente* sobre la naturaleza y a adoptar un *éter divino intermediario*, sede de *fuerzas a distancia* con cuya *actividad* aspiraba a explicar *todas* las interacciones del universo: el nuevo éter de esta tercera etapa *mediaba* ahora entre Dios y el mundo. Para Newton, el Dios de Arrio está demasiado distante respecto a su creación como para ocuparse de mover por sí mismo a todo cuerpo imaginable del universo, trátese de planetas o manzanas. Del mismo modo en que Cristo es un delegado de Dios en sus relaciones con la humanidad, lo es el nuevo éter en el dominio de los fenómenos naturales (Solís Santos, 1987, p. 73).

Es sólo bajo esta trama de preocupaciones por una visión coherente del mundo a la vez material y espiritual que cobra verdadero sentido el "Escolio General" de la segunda edición de los *Principia*, y las sorprendentes *Cuestiones* [*queries*] de la segunda edición inglesa de la *Óptica* (1717), donde Newton vuelve a especular con respecto a un medio etéreo, que podríamos llamar *arriano*, muy distinto del *éter material* de Descartes.

4. Conclusiones

Las consideraciones anteriores nos permiten destacar la importancia de las vinculaciones entre las diversas motivaciones que llevan a un individuo a no detenerse en la búsqueda meramente intelectual de explicación de la naturaleza, y a la elaboración de conceptos que se volverán referentes para la cultura científica posterior. Por este motivo, cuando hablamos de *explicar* en historia de la ciencia, nos encontraremos con diferentes posiciones (y en tal sentido con distintos tipos de explicaciones) según la clase de relaciones significativas que logremos establecer. ¿quién podría pensar de antemano que existe una relación significativa entre la polémica teológica del siglo IV entre Arrio y san Atanasio sobre si la esencia de Cristo es la misma que la de Dios, diferente a la de Dios, o similar a la de Dios, con la manera newtoniana de comprender la gravitación universal? Esta observación parece alejarnos de cualquier abordaje que conciba el *contexto explicativo* como algo *cerrado*, tanto para los propios actores, como para quienes estudian su pensamiento.

El *orden natural* asociado a la *perfección circular*, en el caso de Galileo, y el *sensorio divino* o el *éter intermedio* (de inspiración arriana), en el caso de Newton, determinan el significado, los límites y los alcances de dos de los principales conceptos dinámicos de la ciencia moderna, los de *inercia circular* y de *atracción gravitatoria*.

El ejemplo de Galileo, sumado al de Newton, pueden llevarnos nuevamente a ser cuidadosos con las categorías homogeneizantes sobre la Revolución Científica, donde, por ejemplo, podemos ver que la matemática, completamente satisfactoria por su claridad y distinción cuando la aplicamos a los ejes cartesianos, no arroja luz suficiente sobre las inquietudes que *trascienden* tales ejes. Sin haber recurrido ninguno de los dos a una salida dualista, la idea de *centro de gravedad* cobraba, tanto para Galileo como para Newton, un significado que iba mucho más allá del mero *equilibrio dinámico* expresado por el *cero* de una balanza. En su trama no mecánica, tal centro representaba un punto de equilibrio no meramente

dinámico, sino que su significado era mucho más amplio y profundo al vincularse con las ideas de *perfección, atracción y armonía divina*.

Referencias bibliográficas

- Dobb, J. J. T., (1991), "Stoic and Epicurean doctrines in Newton's system of the world", en *Atoms, pneuma, and tranquillity: Epicurean and Stoic Themes in European Thought*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 221-238
- Force, J. E. (1999), "Newton, the 'Ancients' and the 'Moderns'", en J. E. Force y R. H. Popkin (comps.), *Newton and Religion. Context, Nature and Influence*, Dordrech: Kluwer Academic Publishers, pp. 237-257
- Galilei, G. (1632), *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, en A. Favaro (ed.), *Le Opere di Galileo Galilei*, VII Firenze: G. Barbèra, 1890-1909
- Solis Santos, C. (1987), "La fuerza de Dios y el éter de Cristo. la explicación de la interacción a través del espacio en la filosofía de la naturaleza de Newton", *Sylva Cluis*, vol. 2, pp. 51-80.