



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado  
Facultad de Letras y Ciencias Humanas  
Unidad de Posgrado

**La nueva concepción de objetividad ontológica en la  
ciencia galileana**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Filosofía con  
mención en Epistemología

**AUTOR**

Modesto Abundio ORTIZ CENTENO

**ASESOR**

Marino LLANOS VILLAJUAN

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Ortiz, M. (2017). *La nueva concepción de objetividad ontológica en la ciencia galileana*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

434

**UNIDAD DE POSGRADO**  
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DE**  
**GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER**

9-175


A los diez días del mes de mayo de dos mil diecisiete, siendo las 14.00 horas, en el local de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas, se reunió el Jurado de Grado integrado por los profesores: Dr. Javier Aldama Pinedo (Presidente-Informante), Dr. Marino Llanos Villajuán (Asesor), Dr. Richard Orozco Contreras (Informante), Dr. Roberto Katayama Omura (Miembro) y Mg. Jorge Quispe Cárdenas (Miembro) para calificar la sustentación de la tesis titulada **LA NUEVA CONCEPCIÓN DE OBJETIVIDAD ONTOLÓGICA EN LA CIENCIA GALILEANA**; presentada por el señor Modesto Abundio Ortiz Centeno Bachiller en Filosofía, para optar el Grado de Magister en Filosofía con mención en Epistemología.

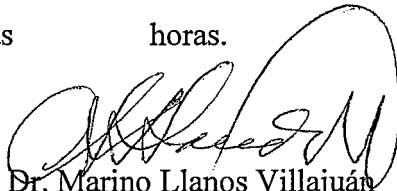
Hecha la exposición y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado, éste acordó la siguiente calificación de acuerdo a lo establecido por el Art. 61 del Reglamento General de Estudios de Posgrado, aprobado por R.R. N° 00301-R-09 del 22 de enero de 2009.

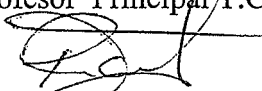
*Buena (15)*

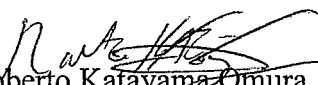
Habiendo sido aprobada la sustentación de la tesis, el Jurado recomendó que la Facultad proponga que se le otorgue el grado académico de Magister en Filosofía con mención en Epistemología al señor Modesto Abundio Ortiz Centeno.

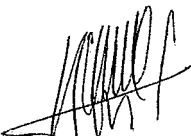
El acto académico de sustentación concluyó a las \_\_\_\_\_ horas.

  
Dr. Javier Aldama Pinedo  
**Presidente-Informante**  
Profesor Principal T.C.

  
Dr. Marino Llanos Villajuán  
**Asesor**  
Profesor Principal T.C.

  
Dr. Richard Orozco Contreras  
**Informante**  
Profesor Auxiliar T.C.

  
Dr. Roberto Katayama Omura  
**Miembro**  
Profesor Asociado T.C.

  
Mg. Jorge Quispe Cárdenas  
**Miembro**  
Profesor Principal T.C.

## **Agradecimientos**

Expreso mis gratitudes, ante todo, al Dr. Marino Llanos Villajuan por su disponibilidad, su aceptación gentil de ser asesor de esta tesis, por su comprensión y paciencia.

Agradezco a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por su acogida. Mi gratitud también para su equipo de profesores que me orientaron en el periodo 1993-1995: Dr. Luis Piscocoya Hermoza, Dr. Julio Sanz Elguera, Dr. Antonio Peña Cabrera, Dr. Juan Abugattás Abugattás, Dr. Ramón García-Cobián Jáuregui, Dr. Holger Saavedra Salas, Dr. Alberto Cordero Lecca y Dr. Luis Pacheco Romero.

Particularmente, estoy en deuda con el profesor Luis Piscocoya, quien en el Seminario de Tesis manifestó su asentimiento alentador sobre mi interés en la cuestión de la objetividad de las descripciones; y con el profesor Holger Saavedra quien coordinó y orientó una versión inicial de mi proyecto sobre objetividad de las descripciones fácticas; ambos persistieron con apremio en su aliento para que escriba la tesis.

Hago extensivo este gesto de gratitud al círculo de amigos y colegas maestristas que compartieron sus experiencias estimulantes: José Maurtua Alva, Toribio Torres Cortez, Ernesto Ráez González, Aníbal Campos Rodrigo, Johnny Octavio Obando Morán, Agustín Apaza Yanarico, Armando Rojas, Freddy Linares, Lilia Pizarro, Alicia Riojas, Fredy Villaorduna, Juan Aurelio Abregú y Andrés Paucar Coz.

Reconocimiento especial para Agustín Apaza, gran colega, por el aliento constante y atenta colaboración con importantes materiales y por las tramitaciones en el posgrado.

## Resumen

Se toma en cuenta que en la investigación de la naturaleza se supone el postulado denominado “realismo ontológico” que define el enfoque de la investigación fundamentalmente como realista. Se muestra que en las investigaciones de la naturaleza realizadas por Galileo subyace de hecho el postulado del realismo ontológico; por ello y por el hecho de que tal postulado, por sus raíces presocráticas, presenta un carácter materialista, el *enfoque* de la actividad científica galileana fue de hecho realista materialista. El postulado del realismo ontológico materialista, o mecanicista en sentido lato, señala que hay un mundo exterior que existe independientemente del sujeto cognoscente y que es material. Este postulado supone a su vez un concepto general de objetividad ontológica mecanicista según el cual la objetividad es una condición de la materia en sí misma y no lo pone el sujeto cognoscente. Pero, para hacer frente al racionalismo esencialista que identifica propiedades primarias con entes, se distingue dos sentidos o dimensiones diferentes de objetividad ontológica: dimensión propia y dimensión derivada. Esta distinción es paralela a dos niveles de realidad con estatus ontológico distinto: elemental (primario) y compuesto (secundario). En dimensión propia la objetividad se aplica en el dominio de los elementos a los que se reduce la materia corpórea en última instancia y algunos de cuyos rasgos básicos, en la versión final galileana, son: indivisibles y no extensos, tal vez sin consistencia alguna, análogos a puntos geométricos, plenos, no vacíos. De elementos con tales condiciones se dice, entonces, que son *objetivos* en sentido ontológico propio. La dimensión derivada del concepto de objetividad ontológica se aplica en el dominio de las propiedades de objetos materiales, entre las que Galileo considera la forma, cantidad de materia y movimiento mecánico fundamentalmente; de tales propiedades se dice que son *objetivas* en sentido ontológico derivado. En ninguna de las dos dimensiones se ha encontrado que Galileo haya salido del esquema mecanicista. Cuando tuvo la necesidad de fundamentar la matematización de la naturaleza (posibilidad de la física matemática) estimó que no era necesario salir del marco ontológico mecanicista, sino que consideró suficiente una concepción realista de las teorías de tipo semántico. En tal intención, postuló la existencia de “propiedades matemáticas” en los cuerpos (propiedades mecánicas o primarias) y consideró un puente semántico entre estas propiedades materiales (no conceptuales) con estatuto ontológico derivado y los conceptos e ideas de la ciencia matemática, estos últimos son así objetos conceptuales con significado fáctico. De modo que no fue necesario postular en la naturaleza material la existencia de entidades ideales (objetos matemáticos) con estatus ontológico primario. Se complementa este estudio con una breve consideración semántica intuitiva orientada a enfatizar el carácter complejo y sistémico del concepto de objetividad ontológica.

*Palabras claves:* enfoque científico galileano, realismo ontológico, ontología galileana, objetividad ontológica, enfoque semántico.

## **Abstract**

It is born in mind that in the investigation of the nature there is supposed the postulate called "ontological realism" that defines the approach of the investigation fundamentally as realist. It appears that in the Galileo's investigations of the nature there sublies the postulate of the ontological realism; for it and for the fact that such a postulate, for his presocratic roots, presents a materialistic character, the approach of the Galileo's scientific activity was, in fact, a materialistic realist. The postulate of the ontological materialistic realism, or mechanistic in broad sense, indicates that there is an external world that exists independently of the perceiving subject and that is material. This postulate there supposes in turn a general concept of ontological machanistic objectivity according to which the objectivity is a condition of the matter itself and the perceiving subject does not put it. But, to face the essentialist rationalism that identifies primary properties with entities, one distinguishes two senses or dimensions different from ontological objectivity: own dimension and derivative dimension. This distinction is parallel to two levels of reality with ontological different status: elementary (primary) and (secondary) compound. In own dimension the objectivity is applied in the domain of the elements to which galileana diminishes the corporeal matter in last instance and some of whose basic features, in the final version, they are: indivisible and not extensive, maybe without any consistency, analogous to geometric, full, not empty points. Of elements with such conditions it is said, then, that they are objective in ontological own sense. The dimension derived from the concept of ontological objectivity is applied in the domain of the properties of material objects, between which Galilean he considers the form, quantity of matter and mechanical movement fundamentally; of such properties it is said that they are objective in ontological derivative sense. In none of two dimensions there has been that Galilean has gone out of the mechanistic scheme. When it had the need to base the mathematization of the nature (possibility of the mathematical physics) he thought that it was not necessary to go out of the mechanistic ontological frame, but he considered to be sufficient a realistic conception of the theories of semantic type. In such an intention, it postulated the existence of "mathematical properties" in the bodies (mechanical or primary properties) and considered a semantic bridge between these material properties (not conceptual) with ontological derivative statute and the concepts and ideas of the mathematical science, the above mentioned are conceptual objects like that with factual meaning. So that it was not necessary to postulate in the material nature the existence of ideal entities (mathematical objects) with ontological primary status. This study complements itself with a brief semantic intuitive consideration orientated to emphasizing the complex and systemic character of the concept of ontological objectivity.

*Key words:* Galileo's scientific approach, ontological realism, Galileo's ontology, ontological objectivity, semantic approach.

# ÍNDICE GENERAL

**Agradecimientos**

**Resumen**

**Abstract**

**INTRODUCCIÓN .....8**

## **CAPÍTULO I**

**CIENCIA REALISTA GALILEANA .....21**

**1.1. Ciencia como investigación y su enfoque realista.....22**

**1.2. Dos interpretaciones de la actividad científica de Galileo .....25**

**1.2.1. Interpretación empirista: separación del enfoque ontológico moderno ....26**

**1.2.2. Interpretación racionalista.....30**

**1.3. Realismo mecanicista.....34**

**1.3.1. Realismo ontológico mecanicista de la ciencia presocrática .....34**

**a) Actitud racional y la ciencia presocrática .....34**

**b) Ciencia explicativa y supuesto realista ontológico .....37**

**c) Postulación de un substrato material externo.....38**

**d) Postulación de un orden necesario exterior .....42**

**1.3.2. Realismo ontológico mecanicista de la ciencia galileana .....47**

**a) Actitud racional en la ciencia galileana .....47**

**b) Ciencia explicativa y supuesto ontológico .....53**

**c) Postulación de un sustrato material externo .....54**

**d) Postulación de un orden necesario.....61**

## **CAPÍTULO II**

**OBJETIVIDAD ONTOLÓGICA: LA DIMENSIÓN PROPIA .....71**

**2.1. Objetividad ontológica en sentido propio: tradición científica y tradición mística .....72**

**2.2. Objetividad ontológica en la tradición mecanicista griega .....75**

**2.2.1. Momento prearmenideo .....76**

**2.2.2. Momento postarmenideo.....81**

**a) Entes sin peso .....83**



b) Entes pesados .....	86
<b>2.3. Dimensión propia de la objetividad ontológica mecanicista en Galileo .....</b>	<b>96</b>
<b>2.3.1. Entes aun extensos .....</b>	<b>98</b>
a) Estatus ontológico de los cuerpos divisibles.....	100
<b>2.3.2. Elementos de la luz.....</b>	<b>102</b>
a) Explicación de las sensaciones.....	102
b) Explicación de la producción del fuego y la luz.....	104
<b>2.3.3. Entidades sin extensión.....</b>	<b>106</b>
a) El continuo compuesto de indivisibles.....	106
b) De lo finito a lo infinito .....	107
c) Papel de los indivisibles en la explicación.....	110
d) Condición objetiva de los entes no extensos.....	113
 <b>CAPÍTULO III</b>	
<b>OBJETIVIDAD ONTOLÓGICA: LA DIMENSIÓN DERIVADA.....</b>	<b>119</b>
<b>3.1. Inseparabilidad de las propiedades.....</b>	<b>121</b>
3.1.1. Peso absoluto inseparable.....	122
<b>3.2. Separación de la sensibilidad .....</b>	<b>125</b>
<b>3.3. “Caracteres matemáticos” de los cuerpos .....</b>	<b>126</b>
3.3.1. Carácter matemático del universo .....	127
a) Homogeneidad material .....	127
b) Homogeneidad espacial.....	129
c) Naturaleza del universo.....	131
d) Orden.....	131
3.3.2. La forma espacial .....	133
a) Cantidad de materia y resistencia .....	137
3.3.3. Las estructuras del movimiento local.....	137
a) Movimiento: propiedad relacional.....	138
b) Estructuras esenciales y derivadas .....	139
3.3.4. Objeción aristotélica .....	145
<b>3.4. Realismo de las ideas .....</b>	<b>152</b>
<b>3.5. Objetividad ontológica desde una semántica fáctica .....</b>	<b>159</b>
3.5.1. Objetividad ontológica como predicado representativo.....	160
3.5.2. Objetividad ontológica como predicado significativo.....	161
a) Objetividad como predicado referencial .....	162

<b>b) Objetividad como predicado con sentido pleno.....</b>	<b>163</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>167</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>171</b>

## INTRODUCCIÓN

Galileo Galilei fue un filósofo matemático, miembro de la Academia de los Linceos y fundador de la filosofía natural moderna; nació en Pisa el 15 de febrero de 1564 y murió el 8 de enero de 1642, mientras cumplía su condena de confinamiento domiciliario en su casa de Arcetri al sur de Florencia. A él y especialmente a su obra le han sido dedicados una cantidad abrumadora de estudios e interpretaciones desde diversos puntos de vista. Sus rasgos personales han sido objeto de discrepancias. Beltrán (1983) anota, respecto al personaje Galileo, que en el plano ideológico ha sido considerado como padre de la ciencia moderna, autor de la conversión del hombre y la cultura en algo carente de sentido y totalmente deshumanizado, protagonista de la lucha contra el dogmatismo, representante de una cultura antiacadémica y antilibresca, mártir de la ciencia, defensor del librepensamiento, traidor, hábil y astuto capitulador, etc.

En el plano más directamente relacionado con el conocimiento, se le atribuyen sin discusión muchas aportaciones, por ejemplo su ley de resistencia de los sólidos a la fractura y sus leyes de la cinemática, etc. Pero sobre muchos aspectos de su obra se mantiene aún discusión, por ejemplo sobre la caracterización fundamental del método científico, sobre su concepción del conocimiento, de la materia, etc., se encuentra que ha sido interpretado como pitagórico, aristotélico, platónico, atomista, etc. Beltrán señala que aun en esa diversidad es posible distinguir algunas líneas de interpretación fundamentales como el racionalismo o platonismo y el empirismo o experimentalismo. Considero que también debe destacarse aquí el realismo de tipo mecanicista porque, en nuestra opinión, no se reduce al “racionalismo de tipo platónico” ni al “empirismo”, aunque comparta rasgos con las dos; por ejemplo, el carácter realista con el racionalismo y el experimentalismo con el empirismo. La línea realista mecanicista resalta cuando se trata de algún aspecto particular del pensamiento galileano, por ejemplo la concepción de naturaleza, el problema de la matematización, la caracterización de la ciencia, la naturaleza del método, etc. en esta discusión también resulta importante la línea empirista. Pero frente a otros temas como el de presupuestos ontológicos, el de las realidades imperceptibles, etc., la participación del

empirismo se reduce al distanciamiento y abstención, comprensible por su posición antimetafísica.

En el tema de la objetividad ontológica, por tanto, resultará comprensible que la discusión involucre de manera notable a dos protagonistas: el mecanicismo y el racionalismo esencialista; la objetividad ontológica está implícita en el postulado del realismo ontológico y tanto el mecanicismo como el racionalismo esencialista son formas de realismo. El problema del concepto de objetividad ontológica se enmarca al interior de la concepción de ciencia, de realidad y de presupuestos ontológicos que desde esas posiciones se discuten.

Paso a una mayor determinación de mi tema. Comentando algunos textos de *El Ensayador* relacionados con la concepción de naturaleza (el gran libro escrito en caracteres matemáticos), Beltrán (1983, págs. 114, 127) comenta que su sentido es el de desantropomorfizar la naturaleza, es decir, el de objetivarla. El lenguaje de la naturaleza es el de las cualidades primarias, es decir, el lenguaje mecanicista; los “caracteres matemáticos” de la naturaleza (su “esencia matemática”) se reducen a las cualidades primarias. En las cualidades primarias radica lo matematizable; en el célebre pasaje de *El Ensayador* se formula metafóricamente el proyecto galileano de matematización del universo. Consecuentemente, según Beltrán, se abandona la concepción aristotélica y la concepción renacentista de naturaleza. Asistiríamos a una “inversión ontológica” que implicaría una nueva relación entre diversas ciencias, en especial entre la matemática y la física, y, asociado con ésta, la relación entre teoría y experiencia o entre matemática y experiencia. Esta “inversión” tiene que ver con la novedad de la concepción de realidad de Galileo. Pero es una novedad frente al aristotelismo y al renacimiento.

También Hilton Japiassu (1989) destaca la importancia del mecanicismo en la concepción de la objetividad de Galileo. El universo de Galileo ya no está poblado de ángeles y demonios, de rasgos míticos, sino de “relaciones inteligibles” en clave matemática; aquí radica la posibilidad de la unidad de experiencia y matemática, aspecto en el que se distancia de Bacon y Descartes. El mundo despojado de propiedades sobrenaturales da paso al mundo con propiedades mecánicas objeto de la nueva ciencia. La unidad del mundo radica en la unidad material (rasgo común a objetos visibles e invisibles) no tanto a una armonía universal. La esencia de la materia es la extensión (espacio), por ella es conmensurable y objeto de cálculo. La extensión es la base de la nueva física y no el

espacio aristotélico de lugares privilegiados. En este punto Japiassu también menciona que a diferencia de Descartes quien aún requiere una metafísica como fundamento de la ciencia, Galileo ya no la necesita. Esto es correcto, pues ya no se requiere un sistema metafísico radicalmente distinto de la física como su soporte; pero esto no exime de preguntarse por el estatus ontológico de las propiedades mecánicas, en un sentido en que lo “ontológico” no trasciende lo material; en este sentido continua siendo legítimo preguntarse por el estatus ontológico de las propiedades mecánicas, de los cuerpos extensos y de los componentes físicos elementales, especialmente cuando de caracterizar la objetividad ontológica se trate. En un entorno mecanicista como el de Japiassu, por ejemplo, el concepto de objetividad ontológica se aplicaría a eso “real” referido como “relaciones inteligibles”, pero también legítimamente se puede preguntar por la ausencia de otras realidades como los elementos; o es que éstos no son reales. En este punto se puede reclamar por el atomismo.

No es ninguna novedad reclamar atención para el aspecto atomista del pensamiento de Galileo; se encuentran muchos. Aquí podemos mencionar solo uno: uno que sugiere que en la cuestión de las propiedades primarias se pase de los límites de la gnoseología a su relación con otros aspectos del atomismo. Pietro Redondi (2001a) comenta que los historiadores de Galileo están entre los que logran acertadamente situar la distinción entre cualidades primarias y secundarias en el campo de la gnoseología, y en señalar la raíz democrítea de tal distinción; pero al mismo tiempo manifiesta su protesta porque se reduzca la influencia del atomismo antiguo al campo de la gnoseología<sup>1</sup>; entendemos que Redondi reclama que la influencia del atomismo antiguo en Galileo debe ser destacada también en el plano de la concepción de la naturaleza, de la cosmología, incluso reconocida como factor relevante en el “caso Galileo”. Debemos entender que también lo hace respecto a la metafísica, porque hace referencia, por ejemplo, al cambio acontecido en Galileo desde una

---

<sup>1</sup> Según Redondi (2001a), “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 (sic), lo hacía sólo, sin embargo (sic), 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” (Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2001, pág. 268).

metafísica materialista hasta una metafísica de carácter matemático (REDONDI, 1990). Sin embargo, al identificar a los elementos con punto matemáticos abstractos de naturaleza inmaterial deja en cuestión la naturaleza misma de las propiedades primarias, reservando así un espacio para esencias matemáticas inmateriales en la estructura interna de la materia corpórea misma. Frente a este panorama encontramos una vía para una búsqueda adecuada. Según Bunge la realidad de propiedades primarias en Galileo son distintas de propiedades matemáticas (BUNGE, 2011). Consideramos esta indicación podría permitir mayor claridad en la aproximación al problema de la objetividad de las propiedades primarias relacionado con el estatus ontológico de las mismas.

En Luis Salvatico encontramos importantes alcances para la reconstrucción de la concepción de objetividad ontológica en Galileo. Menciona el “*estatus ontológico de las propiedades de los cuerpos*” pero señala simplemente citando a Galileo que ese estatus sería el de ser *real*; además da a entender que sería real por *ser propiedades de cuerpos* (SALVATICO, 2006, pág. 79); pero no va más allá hasta considerar niveles ontológicos. Es acertado asimismo el enfatizar que estas propiedades como mecánicas y compararlas con las viejas concepciones peripatéticas; la novedad de la concepción galileana radica justamente en ser mecánicas y no son “formas sustanciales” ocultas (SALVATICO, 2006, pág. 89). Más allá de las propiedades, también encontramos una apreciación adecuada de los elementos como un “*continuum*” material (SALVATICO, 2006, pág. 72); en este caso está ausente una mención explícita del estatus ontológico de estas entidades así como alguna alusión explícita a niveles ontológicos.

Las referencias mecanicistas precedentes permiten señalar algunos puntos a los que atenderemos. En la concepción de las propiedades primarias como reales atribuida a Galileo suponen que solo hay un concepto de objetividad ontológica que recaería en las propiedades primarias con estatus ontológico; pero no señalan cuál sería ese estatus. Por ello, no tiene lugar la cuestión de si es lo único real o si hay otro tipo de objetos que también son reales en un sentido fundamental, y si los hay cuáles serían. Hay reticencia en atribuir realidad y objetividad a los objetos inobservables, lo cual explica que más fácilmente solo se hable de realidad y objetividad de propiedades de cuerpos pero no de los elementos ni de niveles ontológicos. En general, no tendría mucho sentido hablar de nociones ontológicas subyacentes en las investigaciones de Galileo. Pero estos vacíos abren

la posibilidad de que tales propiedades mecánicas sean interpretadas como “realidades últimas”.

Este paso se encuentra consumado en el esencialismo, como se indicará más abajo. El esencialismo ontológico atribuido a Galileo ha posibilitado el rechazo de la concepción de las cualidades primarias de Galileo por parte de filósofos de diversa tendencia. Así, Putnam siguiendo a Husserl señala que las propiedades primarias consisten en esencias (PUTNAM, 1994 , pág. 46) y Popper considera que las esencias son realidades últimas (POPPER, 2011 , pág. 175).

Así también, en las consideraciones mecanicistas, recurrentemente se encuentra que en el señalamiento de las propiedades primarias como *reales* radicaría una nueva ontología galileana. La consideración mecanicista si bien determina la novedad de Galileo frente a los antecedentes inmediatos, por ejemplo frente al esencialismo de la *forma* aristotélica y al antropocentrismo renacentista. Antonio Banfi (1967) enfatizó que la nueva concepción de realidad de Galileo habría estado orientada, por tanto, a borrar esa diferencia de realidades y dar apoyo a la concepción copernicana; más bien, la concepción copernicana engendra un nuevo concepto de realidad; no habría realidades perfectas más que en el pensamiento abstracto; toda realidad material es imperfecta. Con todo, no queda claro aún la novedad de Galileo, puesto que la distinción de las cualidades primarias se remonta a los atomistas griegos. Por tanto debe aclararse también la novedad frente a ellos. Lo cual supone visitar la ontología de los atomistas.

El situar la novedad de la manera señalada no es una característica exclusiva de la perspectiva mecanicista o afines. Desde otra perspectiva, Koyré decía que Galileo no es un renacentista; no presenta los rasgos típicos de tal. Es antimágico, no se place ante la diversidad, reduce todas las cosas de la naturaleza a lo geométrico, geometriza el universo, es decir, identifica el espacio físico con el de la geometría; por ello fue capaz de formular la concepción del movimiento (KOYRÉ, 2000f). Es la objetividad de las propiedades geometrizables la novedad frente a la concepción renacentista; en este caso son esencias matemáticas con estatus ontológico, pues se indica que la identidad de lo físico y lo geométrico.

Volviendo al tema de los vacíos ofrecidos por el mecanicismo y la posibilidad abierta para una concepción de las propiedades primarias como “realidades últimas”, ellos fueron

colmados por el realismo esencialista. Es en este marco donde se definió el estatus ontológico de las propiedades primarias y se especificó cuál sería la naturaleza de la auténtica realidad (aunque opinaré que esa definición y esa especificación no armonizan con aspectos fundamentales del pensamiento de Galileo). El estatus de las propiedades mecánicas sería último y consistiría en esencias matemáticas. Así, al igual que en el célebre Koyré, en Jean Desanti (1983) encontramos que las nuevas realidades objetivas en Galileo son tratadas como esencias matemáticas. En tiempos más recientes encontramos que para Roger Penrose (ALFIERI, 2007), el objeto físico real sería apenas un tipo de objeto real, al lado del objeto real de la experiencia mental y del objeto real matemático absoluto. El código del mundo estaría escrito en caracteres matemáticos, por lo cual Pitágoras, Platón y Galileo tenían razón. Los números son eternos e inmutables, esencias de tipo platónico o pitagórico.

Entonces, el concepto de objetividad ontológica en Galileo se habría aplicado a un nuevo objeto, esto es, a esencias matemáticas como “realidades últimas” o esencias matemáticas eternas y absolutas.

Ahora, si la concepción mecanicista y la racionalista esencialista se aceptaran al mismo tiempo, se reclamaría *objetividad* en el mundo exterior material tanto para objetos materiales como para esencias inmutables. Pero consideramos que esta vía no sería adecuada. Porque la realidad de la naturaleza exterior que se considera objetiva comprendería un dualismo: materia y esencias matemáticas eternas (ideas); la objetividad ontológica se aplicaría por igual a propiedades mecánicas y a esencias matemáticas inmateriales que coexisten en la materia; por ende tendríamos dos conceptos de objetividad ontológica que se aplican a dos objetos de naturaleza radicalmente distintas. Consideramos que esta vía no haría justicia al pensamiento de Galileo, porque supone nociones ontológicas reunidas inconsistentemente en una suerte de dualismo ontológico en el mismo mundo exterior al sujeto (algunos hacen referencia a esta situación como el escándalo de unir a Platón y Demócrito).

Por otro lado, no se puede elegir la racionalista esencialista sola porque sería evidentemente incompatible con la concepción del mundo material de Galileo, pues él pensaba que en la materia no puede existir nada perfecto en sentido absoluto, concedía a los aristotélicos que no pueden haber formas geométricas absolutamente perfectas en la naturaleza material



imperfecta, a pesar de las metáforas de *El Ensayador*; pero pensaba también que esto no representa un problema para la aplicación de la geometría al estudio de la naturaleza.

Por tanto, queda la opción mecanicista. Pero ésta no ofrece una caracterización completa del concepto de objetividad ontológica de Galileo al reducirla a la objetividad de las propiedades mecánicas tan sólo. Esto ocurre porque no relacionan el tema de la objetividad de las propiedades primarias con las nociones ontológicas subyacentes en el enfoque científico de Galileo (más allá de la delimitación frente a la tradición aristotélico escolástica y la visión renacentista). Por ello, insistimos, el mecanicismo deja abierta la posibilidad de que las propiedades primarias sean “consideradas últimas” y que la novedad del concepto de realidad y de objetividad aún no esté determinada, dada la raíz griega de la distinción de cualidades primarias.

Entonces, en un contexto mecanicista, el problema consiste en la posibilidad de una caracterización más completa del concepto de objetividad ontológica supuesto en el enfoque científico de las investigaciones de Galileo. Si la objetividad ontológica puede ser extendida a otros objetos que no sean sólo propiedades primarias.

En el contexto de la concepción realista mecanicista de la investigación galileana y de las nociones ontológicas subyacentes, es posible distinguir al menos dos significados distintos del concepto de objetividad ontológica relacionados entre sí. Hay un primer sentido (propio) de objetividad ontológica para el nivel de las realidades elementales y que implica un segundo. Hay un segundo sentido (derivado) de objetividad ontológica para el nivel de lo complejo que supone el primero.

Este trabajo está orientado a mostrar que esta caracterización más completa del concepto de objetividad ontológica subyace en las investigaciones de Galileo. Para ello hemos considerado muy gravitantes las nociones ontológicas supuestas por Galileo tales como la distinción de niveles ontológicos, esto es, elemental y compuesto. Porque una caracterización más completa del concepto de objetividad ontológica supuesta en la ciencia galileana exige que se esclarezca paralelamente el problema de sus supuestos ontológicos, esto es, más específicamente, el problema del estatus ontológico de los objetos reales a los se aplica el concepto de objetividad: las propiedades primarias de los cuerpos. Y esto nos retrotrae a las nociones ontológicas del atomismo; la novedad de Galileo se perfila frente a ellas al hacer posible la objetividad ontológica también se predique de objetos *sui generis*

incorpóreos que no son esencias matemáticas eternas. El presente trabajo parte de la relación del tema gnoseológico con el ontológico. Asumiendo que Galileo supone una jerarquía de dos niveles ontológicos fundamentales se lleva la concepción de lo real y lo objetivo más allá del límite de las propiedades primarias de los cuerpos hasta incluir a los elementos constitutivos de la materia, identificando además el estatus ontológico de las propiedades primarias.

Pero, no debe entenderse que este estudio del concepto de *objetividad* ontológica sea un estudio *ontológico*; pues este concepto en sí mismo no corresponde al campo de la ontología sino al de la gnoseología, puesto que esta supuesto en el postulado del realismo ontológico que es un postulado de naturaleza gnoseológica (BUNGE, 2007), subyacente en el enfoque científico de las investigaciones de Galileo. El adjetivo “ontológico” sólo indica que la objetividad estudiada no es la que aplica a los *enunciados* sino la que se aplica a *objetos del mundo exterior*. En fin, la importancia de proponer una distinción básica que se traduce en una caracterización más completa del concepto de objetividad ontológica consiste en que hace innecesario postular esencias con estatus ontológico primario (trascendental) a los que se privilegie la aplicación del concepto de objetividad ontológica. Los documentos claves sobre los que se concentra nuestro estudio están contenidos principalmente en *El ensayador* (1623), *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano* (1632) y *Discursos y demostraciones matemáticas en torno a dos nuevas ciencias* (1638). El texto más complicado está contenido en el párrafo 6 de *El ensayador*, el mismo que ha dado pie, tomado literalmente y fuera de contexto, a lecturas con implicancias de tipo esencialista. Para superar este escollo hemos tomado el punto de vista mecanicista que acertadamente señala su carácter metafórico; a ello hemos agregado una contextualización, esto es, la cuestión de si la verdad se determina apelando al criterio de autoridad, si a ella la podemos encontrar en los libros de Aristóteles, la sagrada escritura o en el “libro” de la naturaleza, y de qué herramientas debe disponer el investigador para una búsqueda efectiva. Respecto a esta herramienta, Beltrán (1983, págs. 129-130) comenta que si se desea “ver” lo que realmente hay o es, hay que hacerlo desde la matemática; sin matemática no podremos ver “hechos”. Sin la mirada matemática no solo no podremos ver lo real sino que a lo sumo seremos engañados. Sin matemática no hay experiencia válida. Se supone que el sujeto debe poseer saberes previos de matemática. En

este punto algunos encuentran algo que les recuerda a Platón, pero, añadimos, que sería un platonismo gnoseológico como el aludido en el *Diálogo* de 1632 por Galileo donde insinúa que conocer es como recordar. Pero otro asunto es asumir compromisos ontológicos esencialistas en las propiedades mecánicas de los objetos materiales mismos.

Declaramos asimismo que nuestra aproximación a los textos se hace desde algunos conceptos previos que nos permiten “leer” lo que está supuesto. La tesis de que los textos hablen por sí mismos, observa Beltrán (1983), está muy próxima a la tesis filosófica, que Hanson habría denominado ingenua, de que para ver los hechos basta abrir los ojos y mirar. Esta tesis supone que es posible una interpretación libre de presupuestos. Sin embargo, nosotros que no compartimos tal tesis, asumimos, siguiendo a Beltrán, Hanson y otros, que la reconstrucción de las ideas de Galileo exige presupuestos. El constructivismo epistemológico no es incompatible con el realismo y la objetividad.

En tal sentido, hemos estimado muy valiosas algunas herramientas conceptuales y lingüísticas tomadas de Bunge. Es el caso de la denominación “postulado del realismo ontológico”; la idea de que la proposición que tal expresión designa es parte del enfoque general (G) de una actividad científica es de él. También tomamos la idea de que los objetos abstractos no pueden ser componentes del mundo material; así también algunos términos y conceptos de semántica fáctica; la responsabilidad de haberlos rebajado al nivel intuitivo es enteramente mía. Estos instrumentos son perfectamente aplicables en temas concernientes a la interpretación de ideas subyacentes en las investigaciones de Galileo sin riesgo de anacronismo.

Además de los términos tomados de Bunge, también aparecen otros de diversa procedencia como “mecanicismo”. Este término puede designar conceptos muy distintos, pues el mecanicismo se puede entender de muchas maneras (SALVATICO, 2006). Nuestro uso de “mecanicismo” designa el concepto de *mecanicismo* en su sentido fundamental o lato, tal como lo encontramos, por ejemplo, en autores como Cornford quien lo ha utilizado para hablar de los milesios y otros presocráticos. En efecto, el mecanicismo es fundamentalmente una visión o enfoque naturalista del mundo. Anaximandro habría sido el primero en formular una teoría sistemática del mundo: de la materia de que está hecha y del proceso de desarrollo desde la “cosa ilimitada” (unidad original y permanente) hasta la pluralidad de las cosas (CORNFORD, 1984, pág. 20). Se supone que no hay principio

absoluto de la existencia. La generación a partir de la unidad se da mediante un factor mecánico: el movimiento eterno (CORNFORD, 1987, págs. 196-197). El orden del mundo generado actual no es eterno (CORNFORD, 1987, págs. 194-195). Los vivientes se originaron por la interacción de fuerzas opuestas. No fueron creadas, pues en los sistemas de los milesios no hay evidencias de un creador o artífice divino (CORNFORD, 1987, pág. 205); por tanto, el ordenamiento primordial obedece a una causa mecánica; los primeros elementos generados (tierra, agua, aire, fuego) reemplazan a los dioses creadores (CORNFORD, 1984, págs. 31-33). Más allá de las particularidades, los rasgos esenciales de esta concepción son: que el mundo natural solo está compuesto, en última instancia, de materia de un solo tipo (homogénea), y que toda generación y corrupción obedece a un factor mecánico inmanente a la naturaleza, esto es, el movimiento; estos rasgos están presentes en la concepción de todos los milesios. Lo mismo se puede decir de la concepción atomista griega, punto culminante en la antigüedad griega de la tradición especulativa científica. Con el atomismo aparece una concepción particular de mecanicismo que pone énfasis en la composición última de la materia y de la interacción por contacto por el movimiento mecánico; este concepto particular de mecanicismo es el que algunos relacionan de manera aproximada con el mecanicismo moderno<sup>2</sup>. Sin embargo, esta concepción particular de mecanicismo mantiene los rasgos esenciales de la concepción mecanicista original o fundamental: materia homogénea como único componente del mundo natural y movimiento como factor inmanente al mundo natural, aunque ya sea de movimiento puramente local depurado de su ropaje cualitativo. Por tanto, hay un concepto primigenio, fundamental, de mecanicismo de raíz griega y subyacente aun en la

---

<sup>2</sup> Algunos ponen énfasis en el movimiento mecánico cuando hablan de mecanicismo moderno. Así, cuando Meyerson dice que Galileo y Descartes rechazaron las concepciones aristotélicas y que “ambos son mecanicistas” en el sentido de que “todo fenómeno debe referirse en último análisis a un cambio mecánico” (MEYERSON, 1929, pág. 91). Pero no se destaca la composición de la materia, tal vez porque en este aspecto Galileo, p.e., está más lejos del atomismo antiguo. Otros como Bunge recogen los dos elementos esenciales del mecanicismo en el sentido particular al que nos referimos; señala que según la cosmovisión emergente de la revolución científica del siglo XVII sólo hay cuerpos y sus componentes microscópicos, junto con un solo tipo de causas: las eficientes (BUNGE, 2007, págs. 73-74). En la órbita del concepto especial moderno están inmersas también las consideraciones de Salvatico quien propone su concepto de *mecanicismo puro* para superar la ambigüedad del concepto de mecanicismo. Los rasgos que definen el mecanicismo puro son: una teoría sobre el tipo de entidades que existen en la naturaleza y una teoría sobre el modo en que tales entidades interactúan (SALVATICO, 2006, pág. 34). Según Salvatico, la concepción del mundo natural de Galileo presenta algunas coincidencias con el mecanicismo puro, pero aun así no se puede considerar la concepción galileana como cercana a tal concepción (SALVATICO, 2006, pág. 39). Por tanto, la concepción galileana estaría lejos de la concepción mecanicista pura.

modernidad<sup>3</sup>. Este es el concepto que principalmente usamos en este trabajo, pero habrán alusiones a conceptos de mecanicismo en algún otro sentido particular.

También seguimos el uso de “objetivo” en relación, no a los conocimientos (en cuyo caso no se trataría de objetividad ontológica sino de objetividad epistemológica), sino en relación a las cosas del mundo exterior; uso que se puede apreciar aun en estudios del contexto actual, aunque no referidos a Galileo. Broncano (2003), considera que hay tres usos fundamentales de “objetividad”; de ellos es pertinente destacar el que nos permite usar “objetivo” para hablar de *lo que existe independientemente de que sea conocido, pensado o ser formulado en un lenguaje*, aunque este autor advierte que este uso no debe necesariamente comprometer con el trascendentalismo en sentido absoluto. Estimamos que este uso es perfectamente aplicable para el caso Galileo.

Suele darse también el uso alternativo de “real” y “objetivo”. Mason, por ejemplo, usa indistintamente “real” y “objetivo”, así como el uso de “subjetivo” como equivalente a “irreal”. Esto ocurre en el contexto adecuado, es decir, conforme al pensamiento de Galileo sobre la distinción de cualidades primarias y cualidades secundarias. Así, se expresa que “las cualidades primarias medibles, masa, movimiento y magnitud, se consideraban como propiedades *reales, objetivas*, de la materia, mientras que las propiedades secundarias no medibles, colores, olores, sabores, se tenían por productos *subjetivos* de los órganos de los sentidos que *no poseían realidad* en cuanto tales en el mundo exterior” (MASON, 2005,

---

<sup>3</sup> Algunos contemporáneos como Whitehead aluden a este concepto fundamental de mecanicismo en un contexto de plan crítico. La cosmología científica –dice– presupone como realidad última la “materia prima irreductible, o material, extendida en el espacio en un flujo de configuraciones. En sí mismo semejante material carece de sensibilidad, de valor y de finalidad. Hace simplemente lo que hace, siguiendo una rutina fija impuesta por relaciones externas que no brotan de la naturaleza de su ser” (WHITEHEAD, 1949, pág. 32). El comportamiento de la materia es puramente mecánico y resulta completamente ajena a una emanación desde una “naturaleza” o “esencia” intemporal en sentido aristotélico. Presta interés a las causas eficientes antes que a las causas finales. Este aspecto fue un tema de la polémica de Galileo y sus adversarios en el *Dialogo*. Galileo defiende cómo suceden (causas eficientes) las cosas y sus adversarios defienden por qué (causas finales) suceden las cosas (WHITEHEAD, 1949, pág. 21). “Llamo a esta presuposición ‘materialismo científico’. Es una presuposición que rechazaré por ser enteramente inadecuada para la situación científica a que hemos llegado ahora” (WHITEHEAD, 1949, pág. 32). Lo que no explicita Whitehead es que la concepción aludida, además de excluir la consideración teleológica, excluye también la consideración de tipo religiosa, pues la religión hace intervenir factores sobrenaturales. Meyerson decía que, en sentido más general, la religión nos hace ver en el curso de la naturaleza la intervención de una voluntad superior sobrenatural y libre arbitrio (dios). Los actos de dios son libres. Es decir, que en el mundo ocurrirían actos libres (no determinados) conocidos como milagros (MEYERSON, 1929, págs. 15-17).

págs. 48, cursivas nuestras). Este uso indistinto de objetividad y realidad corresponde obviamente a *El Ensayador*, y particularmente en la concepción de lo *real* como propiedad o forma material. Un matiz de diferenciación consistirá en aplicar “objetividad ontológica” a lo que se considera *real*. Otra costumbre similar es la que utiliza “existente” e inclusive “naturaleza” cuando se trata de *entes*. Dice Guthrie que los filósofos naturales solían utilizar el título “Sobre la naturaleza (*physis*) o lo Existente” para sus obras, y esta práctica habría sido incluso contemporánea a Protágoras (GUTHRIE, 1994, pág. 79). Así también, en uno de los muchos sentidos de *naturaleza*, Aristóteles (*Metafísica*, V, 5, 1015 a 10-15) dice que se puede llamar “naturaleza” a toda entidad (ARISTOTELES, 1998, pág. 215). En este trabajo se conserva también esta costumbre, pero no identifica *objetividad ontológica* con *ente* o *auténtico existente*. Cerramos este punto destacando una posible oposición al empeño de buscar supuestos ontológicos en las concepciones y prácticas de Galileo, oposición tal vez motivada por la creencia en una separación de ciencia y metafísica que él habría introducido.

Esta postura sería justificable si pretendiéramos atribuir a Galileo nociones ontológicas de orden trascendentalista; pero pensamos que esto ya no es posible porque el tema de la naturaleza de los elementos “últimos” de la materia deviene en una cuestión abierta en Galileo. De modo que, hecha la determinación de que las nociones ontológicas galileanas ya están separadas de la metafísica y ontología tradicional de tipo trascendentalista, no se justifica el temor de señalar nociones ontológicas de Galileo, pues éstas se encuadran en un terreno plenamente secular, temporal, moderno. En este estudio, otorgamos justamente gran importancia al impacto del atomismo antiguo en Galileo y a la explicitación de supuestos ontológicos de tipo atomista en el pensamiento de Galileo, muy especialmente los relativos a la distinción de niveles ontológicos.

Hemos dividido el trabajo en tres partes. En el *Capítulo I, Ciencia realista galileana*, se muestra que en el enfoque científico de la investigación galileana se supone un concepto general mecanicista de objetividad ontológica de raíz presocrática. Con ese propósito, se asume que el postulado del realismo ontológico es de raíz presocrática y de tipo materialista; los primeros filósofos y los atomistas, por ejemplo, postulaban que *hay un mundo exterior material que existe independientemente del sujeto*. Este postulado supone, a su vez, un concepto de *realidad* que se identifica con lo material y un concepto de

*objetividad* ontológica que se aplica en general a esa realidad material. La realidad material es *objetiva* porque existe independientemente del sujeto. Luego se muestra que un postulado similar con su concepto general de objetividad supuesto, también similar, subyace en el enfoque científico de las investigaciones de Galileo; la asunción tácita de ese postulado determina el carácter realista mecanicista del *enfoque científico* de Galileo y de su *concepto general de objetividad ontológica*. En los capítulos II y III se procede a hacer una distinción al interior de este concepto general; se distingue una objetividad relativa a propiedades y otra relativa a elementos en una perspectiva de elaborar una caracterización más completa del concepto de objetividad ontológica. Es así que en el *Capítulo II, Objetividad ontológica: la dimensión propia*, se presenta el concepto de objetividad ontológica más fundamental: el relacionado con los elementos. Para ello se toma en cuenta la distinción ontológica, supuesta en las consideraciones de los cuerpos y sus componentes mínimos por parte de Galileo. Finalmente, en el *Capítulo III, Objetividad ontológica: la dimensión derivada*, en la parte inicial (secciones 3.1. a 3.4.) se presenta el concepto de objetividad ontológica relacionado con las propiedades de los objetos materiales; igualmente, en esta tarea se apela a la distinción ontológica de niveles ontológicos, destacando el estatus ontológico secundario de las propiedades materiales. Cerramos el capítulo (sección 3.5.) con la tarea complementaria de resaltar el carácter complejo y sistémico del concepto de objetividad ontológico. Para lo cual se apela a una presentación del concepto bajo categorías semánticas de nivel intuitivo; en este sentido se considera el concepto de objetividad ontológica como un predicado fáctico representativo y significativo (con referencia y sentido pleno).

# CAPÍTULO I

## CIENCIA REALISTA GALILEANA

El sentido<sup>4</sup> del concepto de objetividad ontológica en la ciencia galileana está determinado en parte por el postulado fundamental que rige la investigación galileana: el postulado del realismo ontológico mecanicista. De modo que la explicitación de este postulado constituirá el primer paso en la adecuada comprensión del concepto de objetividad ontológica que será expuesta. En este capítulo tal explicitación permitirá comprender que una actividad científica caracterizada como realista efectivamente supone tal principio, es decir, permitirá comprender que el postulado de realismo ontológico mecanicista, de raíz presocrática, constituye el enfoque realista de la actividad científica y determina un concepto general de objetividad ontológica. Luego se muestra que la actividad científica galileana efectivamente supuso tal postulado; en consecuencia, la actividad científica galileana quedará caracterizada por un enfoque realista mecanicista y quedará determinado

---

<sup>4</sup> Utilizaremos “sentido” de manera aproximada a su compleja denotación bungeana. Cf. *infra*, 3.5.2., *b*.



también un sentido general del concepto de objetividad ontológica subyacente en sus investigaciones.

### **1.1. Ciencia como investigación y su enfoque realista**

En el presente capítulo, “ciencia” designará especialmente el concepto general de investigación científica en un campo particular; por tanto no designará el concepto de teoría científica ni el concepto de centro de investigación como sistema cultural, aunque la actividad científica suponga éstas. Estos tres conceptos de ciencia pueden ser designados por el mismo término “ciencia”, y se disponen ya de definiciones de los tres conceptos; por ejemplo, desde una línea realista contemporánea, Bunge ha realizado importantes contribuciones al respecto. Conviene presentar una síntesis de la definición de la ciencia como actividad de Bunge, porque ella nos permitirá identificar el componente fundamental que determina el carácter realista de una concepción de la ciencia.

Bunge hace su aportación desde una perspectiva hilorrealista; ha identificado, definido y sistematizado los tres conceptos generales de ciencia mencionados: la ciencia como cosa compleja ha sido definida como un sistema concreto cultural (1997b), (2009b) y (2012), la ciencia como teoría científica o constructo científico ha sido definido como un sistema abstracto hipotético deductivo (BUNGE, 2004), (BUNGE, 2008) y (BUNGE, 2009c), y la ciencia como actividad o proceso de investigación científica en un campo particular de investigación CP<sup>5</sup>; se define mediante diez condiciones esenciales que cubren muchos aspectos: social, histórico, conceptual y empírico (BUNGE, 1997b), (BUNGE, 1999a), (BUNGE, 1999b), (BUNGE, 2007); se formula abreviadamente como  $CP = \langle C, S, D, G, F, B, P, A, O, M \rangle$ ; donde C = comunidad científica, S = sociedad anfitriona de C, D = universo del discurso o clase de referencia, G = enfoque general, F = fondo formal, B = fondo específico, P = problemática, A = fondo acumulado, O = objetivos fundamentales,

---

<sup>5</sup> Incluso se podría distinguir un cuarto concepto de ciencia; aquélla a la que Bunge se refiere como “ciencia” a secas, esto es, el sistema de campos de investigación particulares (BUNGE, 1997b, pág. 54). Así también, podría utilizarse “ciencia” para referirse al sistema de todas las teorías científicas; y, en relación a la ciencia como sistema cultural, “ciencia” podría referir también el sistema de todos los gremios o todas las comunidades científicas, sean de nivel local, regional, nacional o internacional, y en diferentes especialidades.

M = metódica<sup>6</sup>. Sobre la base de D, G, F, B, P, A, O y M, Bunge (1997b, pág. 51) establece un criterio para estimar si un campo de investigación fáctica *es científica* o *es no científica*. Con la mención de este concepto de ciencia como campo de investigación pretendemos llamar la atención sobre la condición G. En ésta pueden distinguirse algunos aspectos fundamentales: (a) una *ontología* de sistemas materiales existentes independientemente del sujeto, caracterizadas por la mutabilidad legaliforme (no tiene lugar una ontología que postule entidades fantasmagóricas, inmutables, milagrosas, sobrenaturales); (b) una *gnoseología* que postula la posibilidad de conocer objetivamente el mundo real, al menos parcialmente y de manera gradual; (c) un *ethos* que prescribe la libre búsqueda de la verdad, la comprensión profunda y el sistema.

Los componentes mencionados en G suponen el postulado realista ontológico de la *existencia independiente del mundo exterior material*; éste determina el enfoque *realista* de la investigación<sup>7</sup>.

Bunge ha enfatizado bastante este aspecto. En *A la caza de la realidad* ha distinguido la formulación del realismo en general, cuya fórmula dice que “el realismo es la tesis de que existen cosas reales”, de otra que denomina específicamente como el postulado del realismo ontológico, “el mundo exterior existe independientemente del sujeto cognoscente” (BUNGE, 2007, pág. 58); encontramos, en fin, otras formulaciones equivalentes a esta última. Por ejemplo, “el realismo ontológico es la tesis de que el universo, o realidad, existe *in se et per se*, en sí y por sí. Únicamente una minúscula parte de la realidad –el mundo social humano- ha emergido, subsiste y cambia por nuestra causa y para nosotros, pero su existencia no depende del sujeto cognoscente” (BUNGE, 2007, pág. 345). Aquí se incluye al explorador como parte de la realidad, pero aclara que solo una minúscula parte de la realidad depende del sujeto para existir; y aun estas adquieren objetividad equiparable al de

---

<sup>6</sup> La exposición extendida del contenido de estas condiciones, especialmente de D, G, F, B, P, A, O, M, se encuentra en Bunge (2004). La definición de Bunge guarda coherencia con su marco conceptual hilorrealista y deja de lado la conceptualización positivista que Bunge a veces deplora como producto de la ignorancia (BUNGE, 2009a).

<sup>7</sup> El postulado del realismo ontológico se encuentra también aludido, no necesariamente compartido, en las discusiones sobre el problema de la caracterización general de la ciencia; por ejemplo, en la importancia de O, para cauterizar diversas concepciones de las cuales hace un recuento Laudan (2000) y, también, en Koyré (1981) y (2000d) que privilegia claramente M y el componente gnoseológico de G. No pretendemos con esto decir que Laudan y Koyré tengan en mente la definición ni la terminología de Bunge; o que Bunge asocie O y M con Laudan y Koyré.

las montañas. Bunge también ha señalado que aunque no se pudiera demostrar el postulado del realismo ontológico, sin embargo, se puede argumentar a su favor, tal como él lo hizo en los aspectos físico, biológico, neurocientífico e histórico (BUNGE, 2007, págs. 345-348) y cuya exposición no haremos en este lugar.

Aunque las formulaciones citadas no hacen mención explícita del término “materia” o “material”, sin embargo lo presuponen. Debe considerarse, en este punto, que según Bunge (2007, pág. 57), su realismo debe estar ensamblado con el materialismo, porque, dado que el realismo es lógicamente independiente del materialismo (hecho que posibilita que un idealista pueda ser también realista, como en el caso de Platón), el realismo por si solo es vulnerable y Bunge no desea un realismo vulnerable. Por tanto, las formulaciones anteriores deben leerse en el sentido de que afirman la existencia independiente de un sustrato *material*.

Si bien Bunge trata especialmente el realismo científico actual, él considera que el postulado realista ontológico no es una novedad ni una propiedad exclusiva de la ciencia contemporánea, sino más bien que es un postulado heredado y que subyace también en el realismo moderno de la revolucionaria ciencia de Galileo.

La ciencia galileana lo supone y más aún, Galileo fundamentó el realismo en la modernidad. Lo hizo al distinguir las propiedades primarias y las secundarias, distinción que por lo demás se remonta a los atomistas griegos. “Los realistas sostienen que hay dos tipos de propiedades: primarias o independientes del sujeto y secundarias o dependientes del sujeto.” (BUNGE, 2007, pág. 68). La revolución científica moderna, más allá de ser una mera colección de descubrimientos científicos “incluyó también una nueva cosmovisión, el mecanicismo, y una nueva gnoseología, el realismo científico. La raíz de ambas es la distinción entre propiedades primarias y secundarias” (BUNGE, 2007, pág. 74). Al mencionar esta distinción clave, que constituye la esencia misma del realismo ontológico, Bunge hace referencia expresamente a *Il Saggiatore (El Ensayador)*.

Otros como Burnet, Gomperz, Heidel, Whitehead, Schrödinger, etc., han ido más allá y han sostenido que el postulado realista ontológico no sólo se remonta a la modernidad del siglo XVII sino a la antigua Grecia. Esto en el supuesto de que nuestra cultura mayormente es de origen griego: “Casi toda nuestra cultura es de origen griego” (GOMPERZ, 1951, pág. 71

nota 36); Grecia es la madre de Europa porque la mayor parte de las ideas modernas tienen origen griego (WHITEHEAD, 1949, pág. 20).

Específicamente, sobre el postulado realista ontológico, algunos han señalado que éste sería la expresión de una actitud mental del sujeto frente al mundo, es decir, que el criterio de realismo ontológico sería una expresión de la mentalidad griega naturalista. Por ejemplo, Schrödinger (1975, pág. 39), siguiendo específicamente las opiniones de Burnet y de Gomperz, señaló que la forma científica de ver el mundo (mentalidad naturalista) es un legado de los griegos. Comenta Schrödinger que en la actualidad esta forma de pensar se sigue aplicando, aunque ya ha sido objeto de observaciones por supuestamente ser la responsable de ciertas insuficiencias u obstáculos en algunos campos de la física actual.

Cabe notar que ni Schrödinger ni muchos otros, al hacer tales anotaciones genealógicas, señalan clara y expresamente que el mundo exterior sea material, como sí lo hace Bunge.

En resumen, el criterio de realismo de una ciencia como actividad es el postulado de realismo ontológico que estaría supuesto, no sólo en la ciencia actual y la ciencia griega, sino de manera especial en la ciencia moderna, y, por tanto, la actividad científica moderna galileana habría sido fundamentalmente realista. La autoridad de los autores citados (Bunge, Gomperz, Heidel, Whitehead, Schrödinger, etc.) sugiere la asunción de un realismo ontológico galileano, sin embargo, dado el hecho de que han persistido, incluso hoy, las opiniones distintas que niegan el carácter realista ontológico de la actividad científica galileana o que si aceptan este carácter sostienen que lo es en un sentido, hasta cierto punto inconsistente, de estar vinculada con una ontología mecanicista y platónica simultáneamente, asumiremos la opinión de que el enfoque general de la ciencia galileana es, tácitamente, realista ontológica mecanicista a título de hipótesis. Lo que resta es, por tanto, abocarnos a la explicitación de ésta y sus implicancias, empleando para ello algunas consideraciones históricas.

## **1.2. Dos interpretaciones de la actividad científica de Galileo**

Conviene, antes, considerar las dos opiniones aludidas que serían distintas a la opinión que pretendemos sostener, esto es, que la actividad científica galileana supuso el postulado del

realismo ontológico mecanicista. Ello contribuirá a una mejor determinación (aunque por el lado negativo) de nuestra opinión.

### **1.2.1. Interpretación empirista: separación del enfoque ontológico moderno**

No es nuestro propósito emprender una crítica del empirismo (que en lo fundamental es lo que se denomina “positivismo”), tarea llevada a cabo brillantemente por otros, sino describir brevemente su posición frente a la interpretación de la actividad científica en términos de realismo.

Conviene tomar en cuenta, en primer lugar, que autores como Burt algunas veces hablan del “positivismo” de Galileo en un sentido especial. En el sentido de exigir se guarde prudente silencio sobre cuestiones para las cuales no se disponen de hechos o descubrimientos positivos de la mecánica, por ejemplo, sobre las cuestiones de la creación del universo y la causa primera; estas cuestiones deben ser relegadas al reino de lo desconocido. Esta actitud se resume en el precepto de no permitir que la especulación tome demasiado vuelo, aunque Galileo no siempre se atuvo a éste, por ejemplo cuando trató de explicar las manchas solares como el humo oscuro que el Sol despidió al consumir los insumos para emitir calor y luz (BURTT, 1960, págs. 111-112).

Pero, no es este concepto de positivismo el involucrado cuando se habla de la interpretación empirista de la ciencia galileana, como en la presente sección. El empirismo o positivismo del que hablamos es aquel que deja de lado el enfoque realista ontológico.

Así, en la interpretación de Geymonat (1989), la ciencia galileana, se habría limitado a describir la experiencia sensorial y descubrir regularidades (leyes) empíricas “profundas”, sin trascender los límites de la experiencia y pretender acceder a una realidad metafísica. La función otorgada a la matemática por Galileo habría sido la de permitir el conocimiento de la experiencia, no la de permitir el conocimiento del mundo metafísico de la auténtica realidad. Geymonat escribe: “Para Galileo, la matemática actúa completamente en el plano de la experiencia sensible; es en este plano que ella satisface el pasar a otro plano supuesto más profundo. En otros términos, según Galileo, no se trata de buscar una realidad matemática tras la realidad empírica, sino que se trata de utilizar la matemática para

comprender la realidad empírica, para describir exactamente los datos experimentales y para formular con exactitud la regularidad que descubrimos a través de la experiencia.” (CANEDO, 1989, pág. 63). En tal sentido, Galileo se habría basado más en Arquímedes que en Platón.

Según la interpretación empirista, las consideraciones realistas no tendrían lugar en la ciencia galileana. La tesis de Pitágoras, Platón y discípulos sería que la realidad está constituida por entidades matemáticas (números, figuras geométricas), mientras que los fenómenos o experiencia tal como lo captamos a través de los sentidos sería solo ilusoria.

Para conocer la realidad se debe pasar del plano de lo ilusorio al plano de las entidades matemáticas. La función de la matemática, por tanto, consiste en elevarnos del nivel ilusorio al plano de la realidad auténtica. Esta función sería la que niega Galileo. En este sentido, considera a Koyré y Cassirer como platonistas al mismo tiempo que declara su oposición expresa hacia ellos.

En la interpretación de Geymonat, la ciencia de Galileo no buscaría causas que trascienden el nivel puramente empírico; la causa de un fenómeno sería otro fenómeno que le precede o lo acompaña en el tiempo. La causa debe ser del mismo nivel empírico que el efecto; la causa de un fenómeno debe ser otro fenómeno y no una sustancia que esté detrás de él. Esta interpretación sería aplicable no solo a Galileo, sino a todos los modernos, puesto que éstos se basan en Galileo (GEYMONAT, 1989). Geymonat niega que Galileo haya pretendido acceder al mundo de la realidad auténtica utilizando la matemática, es decir, que su ciencia tenga un carácter realista.

Desde una posición diferente, Koyré, a quien Geymonat alude como platonista, proporciona una caracterización del empirismo que pone de relieve consideraciones metodológicas. De este modo, se empieza mencionando la disputa entre representantes de la evolución continua y los de la revolución sobre la cuestión de la relación de la ciencia galileana con la ciencia medieval. Koyré (2000b) opina que el desacuerdo consiste fundamentalmente en la esencia misma de la ciencia galileana, es decir, en lo que se considera como sus rasgos más importantes. Cita a Crombie como representante de la evolución continua; éste habría afirmado que el método cualitativo fue reemplazado por el cuantitativo; Koyré, en cambio, que hubo una diferencia de naturaleza (KOYRÉ, 2000d, pág. 51 nota 2).

La pretensión de Crombie habría sido demostrar que la ciencia moderna tiene su origen profundo en la ciencia medieval, vale decir, que su esencia (metodológica y filosófica) es medieval (KOYRÉ, 2000d, pág. 52); la ciencia del siglo XVII y su filosofía no habrían aportado ninguna modificación esencial a los métodos científicos ya existentes en los siglos XIII y XIV (KOYRÉ, 2000d, pág. 53). En estos siglos se discutía sobre la base del modelo de los griegos, especialmente del modelo de Aristóteles; en este sentido, los comentarios metodológicos de R. Grosseteste habrían implicado importantes aportaciones al método experimental moderno, a través de la estrategia de unir la costumbre experimental de las artes prácticas con el racionalismo del siglo XII (KOYRÉ, 2000d, pág. 55); la metodología de Grosseteste habría sido esencialmente aristotélica, aunque su metafísica fue neoplatónica (KOYRÉ, 2000d, pág. 67 nota 12). El discípulo más importante de éste habría sido Roger Bacon quien concibió el método experimental como la unión del razonamiento y del trabajo manual. También Crombie habría puesto como sucesor de Grosseteste a Duns Escoto y a Occam; la inclusión de este último sorprende a Koyré (2000d, pág. 60) toda vez que aquél defiende una epistemología positivista; pero Crombie habría señalado que esta epistemología era el desenlace normal del movimiento metodológico iniciado por Grosseteste (KOYRÉ, 2000d, pág. 61). Para Grosseteste la función de la matemática (de la teoría) se habría reducido a describir y correlacionar los hechos y los acontecimientos; no pueden dar a conocer causas eficientes ni otras que producían cambios en la naturaleza (hace abstracción de éstas); a la ciencia de la naturaleza le concierne averiguar las causas, pero que el conocimiento de las causas era incompleto y sólo probable. En conclusión, en la ciencia el único criterio de verdad era la coherencia lógica y la verificación experimental; su actividad se reduce a correlacionar hechos mediante la lógica o matemática (ciencia centrada en el cómo). La investigación de las causas y sustancias es de orden metafísico (el porqué de las cosas). En la misma línea, Occam habría entendido que la ciencia de la naturaleza debe correlacionar hechos observados, o “salvar apariencias”, utilizando la lógica y las matemáticas (KOYRÉ, 2000d, pág. 61).

Por tanto, según Koyré, Crombie habría tratado de atribuir al empirismo el mayor peso en la institución de la ciencia moderna, no tanto así al platonismo; trató de establecer que por naturaleza o esencia, la ciencia moderna se ajustaría al modelo empirista, dado que esencialmente no se distingue de la medieval, según su genealogía metodológica.

Por tanto, según Koyré, la interpretación empirista deja de lado el criterio del realismo ontológico al dejar de lado toda consideración de las “sustancias” y las “causas” que trascienden el orden de las apariencias. Sin embargo, cabría añadir, según nuestro modo de ver, que la renuncia empirista a las pretensiones sustancialistas no comprometería sólo al aristotelismo, sino incluso al mecanicismo, y esto es algo que no vemos suficientemente puesto de relieve en Koyré.

Mayor determinación encontramos en Meyerson quien sostuvo que el empirismo o positivismo no propone ninguna opción de realidad externa, ninguna entidad objetiva, ninguna nueva realidad, “ni átomo, ni masas, ni fuerza, ni energía ni cualidad hipostasiada” (MEYERSON, 1929, pág. 492). Aludiendo a Comte y Mach, señala que la ciencia estaría inspirada solamente en el principio de legalidad y haría abstracción de toda concepción sustancialista a favor del fenomenismo absoluto. El punto de partida de una ciencia tal sería la sensación; las sensaciones constituyen los verdaderos elementos del mundo o los datos inmediatos de la conciencia (MEYERSON, 1929, págs. 409-410). Esta concepción habría consolidado la filiación de la ciencia moderna con la Edad Media con el consiguiente desmedro de una filiación de la ciencia moderna con la ciencia griega.

Comte habría emprendido la defensa de la Edad Media, por ello Meyerson considera justa la opinión de Milhaud, a quien cita, en el sentido de que la ley de los tres estados tiene por consecuencia necesaria la reducción de la ciencia griega a la nada. Esta actitud de Comte, continua Meyerson, se explicaría porque Comte ponía los intereses extraños a la ciencia por encima de los intereses propios de la ciencia. Así, también, Duhem habría sostenido una filiación directa de la ciencia moderna con la ciencia de la Edad Media (MEYERSON, 1929, pág. 92 nota 2).

En contra de la pretensión empirista o positivista, Meyerson sostiene que la ciencia no es empirista o positiva, pues no contiene solo *datos positivos*, es decir, datos despojados de toda ontología. “La ontología forma un cuerpo con la ciencia misma y no puede ser separada de ella” (MEYERSON, 1929, págs. 428-429).

En suma, el empirismo de Geymonat (para nuestro propósito es irrelevante precisar que Geymonat sea propiamente un “experimentalista”) separa el enfoque realista de la interpretación de la actividad científica galileana; los alcances de Koyré y Meyerson concuerdan en destacar el planteamiento empirista. El punto de vista empirista podría



favorecer el dejar de lado la ruptura esencial de la ciencia galileana frente a la ciencia medieval y su filiación con la antigüedad griega.

### **1.2.2. Interpretación racionalista**

Los cuestionamientos a la interpretación empirista de la ciencia galileana se han realizado desde posiciones realistas. Una de éstas, muy difundida e importante, es la modalidad realista racionalista de Koyré (historiador a quien algunos como Geymonat han considerado como platónico). Koyré ha salido al frente del empirismo y ha sostenido el papel decisivo de la matematización en la ciencia galileana, aunque esto, según él, suponga atribuir valor real a la matemática. Partiendo de que matematismo es platonismo y de que Galileo atribuyó un papel decisivo a la matemática, concluyó que Galileo fue un platónico.

Desde su posición crítica, en primer lugar, Koyré pone de relieve el distanciamiento de Galileo frente al realismo aristotélico: “Galileo combate la filosofía de Aristóteles, lo hace en beneficio de otra filosofía, en cuyas filas se alista: en beneficio de la filosofía de Platón” (KOYRE, 1981, pág. 202).

En segundo lugar, Koyré (2000b) manifestó su desacuerdo con el empirismo por constituir éste la expresión del fracaso y la renuncia en ciencia. Aclara que la ciencia moderna de Copérnico, Galileo y Newton hay que entenderla como una reacción contra la actitud y concepción derrotista y retrograda del positivismo; la revolución científica moderna tuvo lugar a pesar y en contra del empirismo estéril del aristotelismo. El fundamento de la ciencia moderna habría sido la convicción de que la función de las matemáticas no se reduce a ser un simple instrumento formal para ordenar los fenómenos perceptibles, sino que constituyen una herramienta (clave) para la comprensión de la naturaleza (KOYRÉ, 2000d, pág. 70) porque constituye la esencia misma de la naturaleza.

Dados los sistemas ptolemaico y copernicano, Galileo al decidirse por el más simple no habría tomado en cuenta solo la concepción pragmática del principio de economía, sino una consideración ontológica mecanicista: la naturaleza misma es la que no puede hacer por muchas causas lo que puede hacer por pocas; por lo tanto, ella obliga a elegir la opción copernicana. Koyré afirmó que la preocupación de Galileo no habría sido sólo la de “salvar

apariencias” sino la cuestión explicativa de descubrir la *estructura real de la naturaleza*, estructura consistente en *relaciones matemáticas profundas* (KOYRÉ, 2000d, págs. 70-71). La matemática no es sólo instrumento de cálculo y ordenamiento de las sensaciones, sino que ella constituye la esencia de la naturaleza.

El método galileano implicaría el predominio de la razón sobre la experiencia, de la teoría sobre los hechos, es decir, la interpretación de la realidad empírica por modelos matemáticos; con este enfoque Galileo habría posibilitado la superación de las limitaciones del empirismo aristotélico (KOYRÉ, 2000d, pág. 71) y el descubrimiento de las verdaderas causas de los fenómenos, contrariamente a la propuesta positivista de un método que sólo permite describir verdaderamente las apariencias (KOYRÉ, 2000d, pág. 75).

Koyré no acepta que la ciencia moderna se haya inspirado en la tradición nominalista y positivista. Reconoce que esta tradición aportó a la crítica del aristotelismo, pero no habría aportado sustancialmente al desarrollo de la ciencia. Los trabajos cinemáticos y matemáticos de Nicolás de Oresme (inspirados en los trabajos de Bradwardine de la escuela de Oxford), la teoría del ímpetus elaborada por él y Juan Buridán, y la posibilidad del movimiento diurno de la Tierra nada tuvieron que ver con el nominalismo y el positivismo. El método nominalista habría conducido solo al escepticismo. El positivismo sería producto del “fracaso y la renuncia”<sup>8</sup>. La perspectiva positivista habría nacido con la astronomía griega y su mejor expresión habría sido el sistema de Tolomeo (KOYRÉ, 2000d, págs. 68-69). Los astrónomos griegos habrían reconocido su incapacidad para descifrar el problema de los verdaderos movimientos de los cuerpos celestes renunciando a él y resignándose a la tarea de hacer un tratamiento puramente formal de los datos de observación que les permitió hacer predicciones correctas. Este estilo de trabajo los condujo a la “aceptación de un divorcio definitivo entre la teoría matemática y la realidad subyacente” (KOYRÉ, 2000d, pág. 70); la “realidad subyacente” mencionada no es, obviamente, el mundo visible de sentido común de la concepción empirista. El positivismo renuncia a la finalidad aparentemente inaccesible e inútil de búsqueda del conocimiento de lo real (KOYRÉ, 2000d, pág. 75).

---

<sup>8</sup> Además, Koyré señala que el positivismo no sólo no es progresiva sino “retrógrado en sumo grado” (KOYRÉ, 2000d, pág. 70).

Frente al realismo aristotélico y al empirismo Koyré (2000b) sostuvo otro realismo señalando que “fue el platonismo (y, naturalmente, el pitagorismo) quien inspiró la ciencia matemática de la naturaleza (y sus métodos) en el siglo XVII y la opuso al empirismo de los aristotélicos (y a su metodología).” (KOYRÉ, 2000d, pág. 68). En su artículo de 1943, “Galileo y Platón”, Koyré sostuvo el carácter indudable del platonismo de Galileo (KOYRÉ, 2000d, pág. 176), apoyándose en el *Diálogo* de 1632 y en la opinión de algunos historiadores modernos de la ciencia y la filosofía.

Sobre la base testimonial del *Diálogo*, Koyré atribuye a Galileo la creencia en que el conocimiento matemático hace que el espíritu humano alcance la perfección del entendimiento divino y la certeza objetiva divina. El entendimiento humano, como obra perfecta, está en posesión de los principios simples y claros de la matemática desde que fue creado por Dios. La simplicidad es garantía de su verdad. Estos principios se conocen por simple acto de recordación. El alfabeto matemático está ya en el espíritu humano y son los componentes del lenguaje en que habla esa otra criatura de Dios: la naturaleza. También ahí (en el espíritu) está el fundamento de una ciencia real, una ciencia del mundo real. Estos fundamentos ya están en la “memoria” del espíritu, solo hay que recordarlos. Pero este conocimiento como recordación no es un conocimiento puramente formal cuyos objetos son inexistentes en la naturaleza, sino un conocimiento real. Esta ciencia es el verdadero conocimiento “filosófico”, es decir, “conocimiento de la esencia misma del ser”. Este conocimiento es “comprensión”, en el sentido de que solo es posible mediante los principios matemáticos *a priori* (KOYRÉ, 2000d, págs. 176-177).

Por otro lado, algunas otras de las consideraciones para el reconocimiento del platonismo galileano anotadas por Koyré (2000d, pág. 176 nota 64) son: 1) La forma misma del *Dialogo* (y especialmente, la doctrina de la reminiscencia; indicador que ya habría sido reconocido por E. Strauss, traductor de la edición alemana de 1891 del *Dialogo* de Galileo); 2) su ideal de conocimiento (Cassirer); 3) su concepción de la naturaleza (L. Olschki); 4) el trasfondo metafísico de la ciencia galileana, esto es, el “matematismo platónico” (E. Burt, a quien Koyré acusa de no distinguir las especulaciones matemáticas de las especulaciones místicas de Galileo); y 5) concentración en la ciencia matemática y separación del misticismo (L. Brunschvicg).

Koyré (2000a) concluyó que el platonismo de Galileo radica principalmente en su concepción epistemológica (gnoseológica). El conocimiento consiste en comprender y que este comprender es como “recordar”; este concepto lo habría demostrado “experimentalmente” en la aplicación del método experimental y con sus descubrimientos. Por tanto, Galileo es presentado como platónico, tanto teórica como experimentalmente (KOYRÉ, 2000d, págs. 178-179).

En un trabajo posterior al artículo “Galileo y Platón” de 1943, en los *Estudios Galileanos* de 1966, este platonismo se reduce más claramente al matematismo. El matematismo platónico se entiende como la tarea de comprender y explicar la naturaleza, “hacerle preguntas, interpretar sus respuestas” mediante la razón, mediante la deducción y sus conceptos “ficticios” (KOYRE, 1981, págs. 70-71).

La física galileana sería una física arquimediana, en el sentido de que sería una física deductiva y “abstracta” como la de Arquímedes. Esta sería la física que Galileo habría desarrollado en Padua. De tal modo, la ley de caída de los graves, por ejemplo, será deducida “abstractamente”, sin utilizar el concepto de fuerza y sin apelar a la experiencia de los cuerpos reales empíricos. “Los ‘experimentos’ a los que apela –o apelará más tarde– Galileo, incluso los que realmente ejecuta, no son ni serán nunca otra cosa que experimentos mentales. Los únicos, por lo demás, que podían hacerse con los objetos de su física” (KOYRE, 1981, págs. 71-72).

Por lo expuesto, la interpretación de Koyré nos hace ver a un Galileo que no cuestiona la realidad del mundo exterior material que se mantiene como el objeto propio de la filosofía o ciencia; ajustándose exactamente a lo que Galileo señalaba en el *Diálogo* (GALILEI G. , 2011a, pág. 29 ). El realismo de Galileo consistiría, según Koyré, en que “no trata de construir un mundo abstracto, sino de captar la esencia matemática del mundo real, móvil y, por consiguiente, *temporal*.” (1981, pág. 234 nota 219). Entonces, Koyré reconoce que el realismo ontológico galileano supone un mundo material exterior como real. Sin embargo, sostiene también que Galileo creyó que los objetos matemáticos son reales, con lo cual habría revivido una ontología de tipo platónica (no sólo una gnoseología y una metodología), y esta situación representa, según Koyré, la escandalosa unión de Demócrito y Platón. En la *Sección 3.3.* proponemos nuestra interpretación de este particular realismo ontológico “platónico” galileano.

### **1.3. Realismo mecanicista**

Ahora retomamos el propósito de explicitación señalado al final de la *sección 1.1.* emprendiendo algunas consideraciones históricas.

#### **1.3.1. Realismo ontológico mecanicista de la ciencia presocrática**

Ya asumimos la opinión de que el criterio que nos ocupa es de estirpe griega y que tal criterio consiste principalmente en una *forma* especial de ver el mundo (en una mentalidad naturalista y mecanicista) supuesta en la ciencia griega. Conviene hacer una presentación de los primeros desarrollos jónicos del criterio realista ontológico con la finalidad de identificar sus rasgos esenciales, y, sobre todo, de resaltar el hecho de que en sus orígenes presocráticos (asumiendo una desvinculación genealógica, en términos fundamentales, con los postsocráticos Platón y Aristóteles) es ya una forma de ver distinta de la de sentido común y de la concepción mítico-religiosa, pese a que se puedan establecer semejanzas y filiaciones con éstas.

##### **a) Actitud racional y la ciencia presocrática**

En los iniciadores de la tradición especulativa científica, los milesios, encontramos una actitud racional frente al mundo consistente en una posición crítica, escéptica en cierto sentido, frente a las apariencias sensoriales y a las opiniones aceptadas por la tradición. En general, el temperamento reflexivo de los griegos suponía “una disposición a no aceptar las cosas así como se ofrecen”; suponía una insatisfacción con las opiniones previamente aceptadas (HEIDEL, 1946, págs. 61-62). Ello suponía la existencia de confusión y el deseo de liberarse de ella, deseo de clarificación.

Así se erige la ciencia explicativa jónica como intento de racionalización del entorno que se percibe cambiante y diverso (y en gran medida caótico), esto es, como intento de ir más allá de las apariencias<sup>9</sup>.

La ciencia, desde sus orígenes, tuvo un afán de explicación racional, de entendimiento o interpretación racional, de exposición racional de las cosas (HEIDEL, 1946, pág. 38), de explicación por “postulados estrictamente metafísicos” o “construcciones metafísicas de la razón” (HEIDEL, 1946, págs. 51-52). Las explicaciones se exponían en forma de relatos sobre cómo se había formado algo, por ello se habla de la ciencia griega como de una “historia natural”, porque, al menos en sus inicios, se entendía como una historia sobre la naturaleza del universo, es decir, una descripción de su origen; también se puede entender esta historia como el proporcionar una definición genética de su naturaleza (HEIDEL, 1946, pág. 35). Pero las teorías o postulados representaban o referían a causas o principios materiales o naturales (*physis*).

Cornford, caracterizando la ciencia primitiva, indicaba también que las explicaciones de los primeros jónicos y los posteriores tuvieron carácter abstracto racional o por postulados. En este proceder sobresalía ante todo su escaso carácter empírico. En la ciencia primitiva, un evento físico se consideraba explicado cuando se le había reducido a sus partes o se había descrito en términos de otros eventos físicos que le precedían o le componían. Esta explicación ofrecía más detalles de cómo ocurrió el evento. Los acontecimientos se explican como producto de una fría necesidad mecánica; partiendo de un estadio previo de seres del cual el orden natural ha surgido (CORNFORD, 1980, pág. 10). En todo caso, la ciencia explicativa era física o natural. Esta explicación se distinguía de la practicada por Anaxágoras, que despertó el interés de Sócrates; Anaxágoras explica el orden universal como resultado de un plan, de una inteligencia; esta explicación es más afín a la explicación teleológica antes que a la mecanicista.

La explicación racional está asociada más al “arte”, porque el conocimiento y el entendimiento están asociados más al arte (conocimiento de universales) que a la experiencia (conocimiento de las cosas individuales); tiene que ver con la capacidad de

---

<sup>9</sup> Este concepto de ciencia explicativa coincide con el de Meyerson, quien determinó que cuando hablamos de la ciencia griega (o filosofía natural) como ciencia explicativa, hablamos de la ciencia que trata de entender mediante la razón las causas reales de lo que acontece en el mundo perceptible (MEYERSON, 1929, pág. 428).

comprender las causas. La sabiduría está relacionada con las primeras causas y los primeros principios (CORNFORD, 1987, pág. 59).

El punto de partida de la ciencia primitiva era una suposición vacía, un dogma *a priori*. La apelación a estos postulados se justifica por el tipo de problemas que abordaron los jónicos: *problemas insolubles* que están más allá de la observación; por ejemplo, el origen del mundo, lo que sucede en el cielo y bajo la tierra. No era posible una prueba que decida de modo absolutamente cierto la verdad de los postulados. En este campo, el proceder dogmático parte de suposiciones infundadas que no se pueden someter a ninguna prueba observacional directa. En la aplicación de este método al campo médico, las cuestiones sobre la constitución de un cuerpo particular, los elementos visibles presentes en él se dan al final del proceso de investigación. Se trata de una vía descendente (CORNFORD, 1987). Si, como ocurrió posteriormente, se conceptúa una ciencia en el sentido de que no busca causas reales físicas, entonces se dirá de ella que no es explicativa o física; tal ocurrió con la astronomía. Al respecto, Laudan (2000), dando por supuesto la naturaleza explicativa de la ciencia griega, refiere que la astronomía no fue considerada como ciencia explicativa o física, justamente porque la búsqueda de causas reales de las apariencias no era su cometido. Esta distinción, dice Laudan, se quiso mantener posteriormente en el Medioevo y la época de Copérnico y Galileo. Incluso se pretendió que no sólo la astronomía sino incluso la física carecían de naturaleza explicativa, es decir, se pretendió que la física era tan *instrumental* como la astronomía. Laudan menciona la referencia de Duhem a los filósofos árabes Averroes y al-Bitruji, quienes habrían sostenido que la astronomía debía ser explicativa<sup>10</sup> (buscar verdaderas causas del movimiento de los cuerpos celestes) y no simplemente instrumentalista (“salvar las apariencias”)<sup>11</sup>. En cambio, Tomas de Aquino y Maimonides habrían sostenido que las hipótesis astronómicas debían ser simples instrumentos de predicción, opinión que habría prevalecido hasta los tiempos de Copérnico. También Nicolás de Cusa y Luiz Coronel, en el siglo XVI, habrían adoptado el enfoque

---

<sup>10</sup> Laudan denomina “realista” a la ciencia explicativa; también la llama “esencialista”. Por ello, interpreta las pretensiones de los árabes como que la física y la astronomía debían ser ambas “esencialistas”. Pero Laudan, más adelante, distingue entre esencialismo y realismo cuando señala que Copérnico era realista pero no necesariamente esencialista (LAUDAN, 2000, pág. 35).

<sup>11</sup> Como se sabe, la adopción de esta interpretación plantea el problema de la incompatibilidad de la astronomía ptolomeica y la física aristotélica.

instrumentalista, pues entendieron que el objetivo de las ciencias naturales (física y astronomía) debía ser salvar las apariencias.

Por tanto, en consonancia con la actitud racional de la ciencia primitiva las explicaciones hacen referencia a entidades suprasensibles de carácter material (nivel causal) y que, en cuanto excluye del dominio de causas a una inteligencia y a planes de inteligentes, puede decirse que se ajusta a una concepción mecanicista de la realidad natural.

### **b) Ciencia explicativa y supuesto realista ontológico**

Según lo expuesto, la ciencia jónica fue de naturaleza explicativa, porque supone una dimensión ontológica de principios materiales, elementales, simples y un orden necesario.

Como actividad racional, la explicación consiste en ir más allá de las apariencias y, al mismo tiempo, en el paso al dominio de objetos de orden ontológico (HEIDEL, 1946, pág. 53). Tratar de alcanzar la dimensión ontológica es ya un indicador del carácter realista de una ciencia<sup>12</sup>.

La primitiva ciencia explicativa postuló una forma de concebir el mundo exterior distinta de la forma de concebir del sentido común y de la mitología religiosa (CORNFORD, 1984). Frente a la concepción de sentido común, el contraste elemental radica en que ésta se basa en la experiencia sensorial de sentido común mientras que en la concepción de la ciencia primitiva la experiencia de sentido común no es la base. Con ello no se anulaba el mundo exterior de sentido común sino que, como hicieron los fundadores griegos del pensamiento científico, los efectos perceptibles del mundo de sentido común se remitían a causas reales del mundo exterior ontológico.

Frente a la representación religiosa, la diferenciación habría ocurrido así. La emoción colectiva del grupo social presenta un gran peso que sanciona los credos y la moral que ya está establecida. La carga emotiva va asociada a una representación colectiva a través de una emoción muy fuerte difundida por todo el grupo. Es posible pensar que en un grupo primitivo donde no cuenta el individualismo la intensidad de la emoción sea muy alta.

---

<sup>12</sup> Según Meyerson, la ciencia realista exige una dimensión ontológica y ésta no se le puede quitar (MEYERSON, 1929, págs. 410, 428, 493).



La carga emotiva es la que convierte una creencia en religión y una costumbre social en moral. Si se elimina esa carga emotiva, entonces se pasa de la fe a la opinión especulativa, de la religión y la moral al pensamiento racional científico y ético. Esto justamente habría ocurrido en el origen de la filosofía. De una representación del orden del mundo cargado de terribles emociones y de graves consecuencias prácticas se pasó a una teoría que pueda ser aceptada o rechazada por quien sea capaz de entenderla (la teoría deja de ser un artículo de fe) (CORNFORD, 1984, págs. 67-68). Según Cornford, las representaciones filosóficas o científicas (teorías) milesias fueron pálidas opiniones intelectuales que se dejan al arbitrio del individuo su aceptación o rechazo, según un criterio propio de probabilidad. Se distinguen de las representaciones religiosas por el hecho de que éstas son artículos de fe que no pueden dejar de ser aceptadas; están cargadas de emociones temibles e imponentes y asociadas a terroríficas experiencias (CORNFORD, 1984, pág. 64).

Por tanto, la comprensión de una fría explicación racional en el sentido expuesto en el apartado anterior, y no la presión emotiva, se erige en nuevo criterio para la libre aceptación o rechazo de las representaciones filosóficas o científicas; éstas quedan disociadas de la carga emotiva y de la imposición dogmática.

Analizamos, a continuación, el supuesto ontológico de la ciencia jónica, destacando dos aspectos: sustrato material y necesidad.

### **c) Postulación de un sustrato material externo**

Los primeros científicos jónicos, en su afán de racionalización del entorno (de hacerlo inteligible) postularon la existencia de un sustrato material exterior. Un notable físico contemporáneo como Schrödinger le dedicó un momento de sus reflexiones a este aspecto que él denominaba “hipótesis del mundo exterior” o “hipótesis de la objetivación”, aspecto que consideraba esencial en la mentalidad o actitud mental griega y que, además, pasó a constituir, como legado, un aspecto esencial de la mentalidad o actitud mental del científico moderno. Lo que este autor destaca es la particular situación del sujeto como resultado de la asunción de tal hipótesis, pues implicaría una omisión del sujeto cognoscente, cuya función se limitaría a la simple contemplación desde el exterior (SCHRÖDINGER, 1975, pág. 45). Se trataría de una simplificación del problema de la naturaleza realizada por el expediente

de excluir o apartar provisionalmente al sujeto cognoscente del objeto que se quiere entender (objetivación) (SCHRÖDINGER, 1975, págs. 47, 85). En Whitehead, esta suposición se incorpora en lo que denomina “cosmología científica”<sup>13</sup>.

Desde una posición distinta a la de los autores mencionados, Cornford también hace referencia al proceso de objetivación y la suposición de un sustrato material externo. Inicia su exposición con una consideración del desarrollo de la objetivación en el proceso de desarrollo de los individuos humanos. En este caso –observa- la separación entre el yo y el mundo exterior ocurre en los primeros momentos de la existencia.

El niño es solipsista tan solo durante las primeras semanas de su existencia, cuando da por seguro que su entorno no es sino una parte de sí. Esta filosofía infantil, sin embargo, se pone pronto en cuestión merced a la duda; en efecto, hay algo que falla: el alimento no aparece como la respuesta inmediata al estímulo del hambre. El infante llorará de rabia y zozobra. Tendrá que afirmarse a sí mismo para hacer que el entorno se comporte como él desea. El sueño solipsista queda pronto destruido y en un mes o dos ya será consciente de que, además de sí, existen otras cosas que es menester adular o engañar. (CORNFORD, 1980, pág. 14).

Así se abre paso la separación del yo y el mundo exterior. Así surge la creencia, en el niño, en la existencia independiente del mundo exterior y que es fundamento de la filosofía de sentido común.

Ahora, tomando en cuenta el desarrollo de la especie humana en su conjunto, la separación del yo y el mundo exterior ocurrió en un pasado muy remoto. Sin embargo, es importante distinguir entre tal descubrimiento remoto importante de sentido común, por un lado, y el descubrimiento del mundo exterior propio de la filosofía o la ciencia, por otro. “Es preciso distinguir entre efectuar tal descubrimiento y dar en la idea de que esos objetos externos poseen una naturaleza que les es propia, extraña a la del hombre y carente tanto de simpatía como de hostilidad para con sus temores y deseos” (CORNFORD, 1980, pág. 15).

Es decir, la ciencia o la filosofía suponen la creencia en que *el mundo exterior tiene una naturaleza distinta de la del ser humano, independiente o indiferente a los temores y deseos del ser humano; carece de simpatías u hostilidad que sí lo puede tener la naturaleza*

---

<sup>13</sup> La cosmología aludida por Whitehead es la mecanicista moderna heredada en parte de los griegos, citada ya en nuestra Introducción.

*humana*. La creencia primitiva en el mundo exterior, en cambio, supone que ese mundo exterior puede tener aún una naturaleza similar a la del ser humano, es decir, que puede tener simpatías o antipatías.

La causa del descubrimiento tardío de la distinción entre la naturaleza humana y la naturaleza no humana del mundo exterior estaría, según Cornford, en el hecho de que la *razón* hasta este momento se habría usado para fines prácticos (uso primario), mientras que ahora se concreta la posibilidad de un uso de la razón para la reflexión desinteresada (CORNFORD, 1980, pág. 15).

Mencionemos los rasgos fundamentales del sustrato en dos momentos importantes del pensamiento jonio: los primeros milesios y el momento cumbre atomista.

En los jónicos prearmenídeos, especialmente milesios, se halla una dimensión ontológica monista y animada. Consideraron el sustrato como suprasensible pero extensa o material (CORNFORD, 1984, pág. 161); como sustancia primordial fue tratado de un modo apriorístico o hipotético, aunque todas concordaron en que trataban con una realidad última realmente existente; si no se dieron cuenta del carácter apriorístico de su sustancia, ello se debió a que no la inventaron ellas sino que la tomaron de una representación religiosa anterior a la filosofía. La naturaleza con la que trataron no fue entonces la naturaleza externa perceptible, sino la naturaleza como representación metafísica de la realidad (sustancia extensa y suprasensible); esta materia se distinguía del cuerpo visible y tangible con propiedades perceptibles (CORNFORD, 1984, pág. 163).

El sustrato externo de los primeros filósofos milesios fue, desde el principio, un elemento material y una entidad metafísica; metafísica en el sentido de ser una sustancia que posee “vida y poderes sobrenaturales”, una sustancia que es “alma” y “Dios”<sup>14</sup>. La *physis* es, pues, un material viviente (fluido o gas suprasensible) que es el sustrato de todo los seres particulares y la fuente de su desarrollo (crecimiento). Según Cornford, esta concepción de naturaleza como sustrato material viviente es la explicitación de la noción de material viviente del que se hicieron los dioses y el alma, de la noción de “continuo de materia

---

<sup>14</sup> “Alma” en el sentido de principio dinámico interno y “Dios” en el sentido de que el sustrato posee propiedades “divinas” como la de eternidad.

homogénea, cargada de fuerza vital, que había sido el vehículo de la simpatía mágica”<sup>15</sup> (CORNFORD, 1984, pág. 147).

El sustrato es permanente y compone en última instancia a todas las cosas en cualquier tiempo (“naturaleza de las cosas”) (CORNFORD, 1987, pág. 194). En base a la autoridad de Aristóteles se sabe que Tales de Mileto lo denominó metafóricamente “agua” y Anaximandro “lo indefinido”. De éste existen fragmentos que se le atribuyen y que nos dan una idea de su concepción del sustrato material externo. Tales son los Fragmentos 1, 2, 3 y 6 traducidos por Alberto Bernabé sobre la base de textos de Aristóteles y de Diels y Kranz: “1. El principio de los seres es indefinido...y las cosas perecen en lo mismo que les dio el ser, según la necesidad. Y es que se dan mutuamente justa retribución por su injusticia, según la distribución del tiempo”; “2. Es eterno y nunca envejece (lo indefinido)”; “3. Es inmortal e indestructible (lo indefinido)”; (...); “6. Que lo abarca todo y todo lo gobierna (lo indefinido)” (BERNABÉ, 2008a, pág. 56).

En los jónicos postparmenídeos mecanicistas y atomistas hallamos una dimensión ontológica homogénea, permanente, plural e inerte que como dominio de causas excluye un motor anímico espontáneo (un alma o primer motor). Según Cornford, los atomistas parten de los eleáticos. Como místico, Parménides habría sostenido la unidad de Dios y considerado la multiplicidad perceptible como irreal. Contrariamente, desde la tradición

---

<sup>15</sup> Según Cornford, la idea de sustrato material (*physis*) de los primeros filósofos estuvo ya presente en las formas de pensamiento primitivo, bajo formas míticas y mágicas de representación del soporte material de la relación de parentesco. En un sistema de magia se encontraría un sistema de clasificación y el tipo primitivo de ésta habría sido el agrupamiento social. El rasgo de semejanza considerado en la clasificación fue originariamente el parentesco. Al interior de cada grupo o clase de parentesco existía un vínculo de solidaridad muy fuerte que se expresaba en la emoción simpática y en la acción colectiva; este vínculo hace que psicológicamente los miembros del grupo actúen y reaccionen de modo muy especial. Así se genera un “poder mágico” que actúa solo entre miembros afines de un grupo. Cornford sugiere que las nociones de *mana*, *waconda* y otras representaban originalmente ese vínculo de parentesco o “interacción simpática”; posteriormente algunas de estas nociones fueron generalizadas para representar “toda ‘sustancia’ espiritual”. Asimismo, esta interacción simpática fue la base del principio temprano de causalidad según el cual “lo igual sólo puede actuar sobre lo igual”, principio supuesto en la magia y expresamente formulada en los primeros filósofos.

Para Cornford el vínculo de parentesco es una relación inmaterial, pero el vehículo de esa relación sí era material. Entre los miembros de los grupos salvajes el vehículo material de ese vínculo de parentesco se representaba como un “fluido que toma la forma de los compartimentos que llena”; el vehículo o sustrato material de parentesco es la sangre del grupo familiar, sangre que Cornford denomina “continuo simpático”, continuo por ser vida que se hereda del antepasado tótem. Ahora bien, como este vehículo se identifica con el poder o función propio de un grupo y la función define la naturaleza del grupo, entonces la sangre define la naturaleza del grupo. El hecho del parentesco se expresa de manera estática y material como la continuidad de la sangre, y de manera dinámica o vital como la identidad de función. En la posterior ciencia primitiva milesia la noción de sustrato natural (*physis*) comprenderá ambos aspectos (CORNFORD, 1984, págs. 107-108).

científica, Leucipo habría reconocido algún grado de realidad en lo que se percibe, por ejemplo, en la diferencia perceptible entre fuego y hielo; habría considerado que no se trata de eliminar la experiencia sensorial, sino, aceptándola, de proponer una teoría que explique el devenir y el perecer así como el cambio y la pluralidad perceptible (CORNFORD, 1984, págs. 182-184)<sup>16</sup>.

Por tanto, independientemente de las diferencias particulares entre las dos concepciones del sustrato, milesia y atomista, el rasgo fundamental que los vincula consiste en la materialidad homogénea y estable, y en que de la dinamicidad del sustrato se excluyen los motores anímicos así como rasgos propios de la naturaleza humana (pensamiento, volición, deseos, pasión, etc.). En tal rasgo fundamental descansa una concepción de la realidad exterior catalogable como mecanicista.

#### **d) Postulación de un orden necesario exterior**

En cuanto al segundo aspecto del supuesto ontológico, hay que señalar que del mundo natural se excluye la arbitrariedad y se asume la necesidad exterior. La necesidad<sup>17</sup> supuesta por los griegos presenta las siguientes particularidades.

En primer lugar, la necesidad es un rasgo del propio ser, del sustrato que por ella se hace inteligible; el ser no puede no ser; el ser no puede extinguirse o corromperse y tampoco es generado. La *physis* de los primeros filósofos y los elementos de los atomistas presentan el rasgo de ingenerables e indestructibles.

Esta noción la suponen todos los primeros físicos. La necesidad está supuesta cuando se considera la generación y la corrupción de las cosas y se afirma que, en última instancia, no hay generación y corrupción absolutas; es decir, ninguna cosa se genera a partir del no ser,

---

<sup>16</sup> Esta presentación de Cornford de la concepción atomista concuerda, en efecto, con los testimonios de la concepción atomista del sustrato material registrados por Aristóteles, Simplicio, Teofrasto, Aecio, Alejandro de Afrodisias, Diógenes de Laercio e Hipólito, y recogidos en la obra citada de A. Bernabé (BERNABÉ, 2008a, pág. 314ss).

<sup>17</sup> Cuando utilizamos el término “necesidad” en nuestras consideraciones ontológicas de la ciencia presocrática, tenemos en cuenta de que el concepto que designa engloba en su sentido dos aspectos esenciales: la idea de conservación (identidad) y la idea de lo que no puede ser más que de un solo modo. Necesidad en este sentido es utilizado, por ejemplo, por Bunge cuando trata de la causalidad en la ciencia moderna; lo necesario significa “constancia y univocidad” (BUNGE, 1997a, pág. 23); pero Bunge aplica estos rasgos para caracterizar los nexos causales en sentido moderno; nuestra aplicación, en cambio, concierne a la caracterización del sustrato material y de los procesos de generación y corrupción en el contexto presocrático.

de nada<sup>18</sup>; todo ocurre según ley. Según Aristóteles (*Física*, I, 4, 187a), este principio lo asumen todos los primeros físicos: “Si todo lo que llega ser tiene que venir de lo que es o de lo que no es, y es imposible el llegar a ser de lo que no es (sobre estas doctrinas todos los físicos están de acuerdo), pensaron entonces que lo primero se seguía necesariamente, a saber, que las cosas llegar a ser de cosas ya existentes, aunque por la pequeñez de sus masas no nos sean perceptibles.” (ARISTÓTELES, 1995, pág. 99).

Otra referencia al principio, en la versión de un seguidor posterior de los primeros atomistas como Epicuro, se halla en *La naturaleza de las cosas* de Lucrecio: “Ninguna cosa se engendra jamás de la nada por obra divina (...) nada puede crearse de la nada” (I, 150-155); “la naturaleza disuelve a su vez cada cosa en sus elementos esenciales, pero no destruye las cosas hasta la nada” (I, 215); “nada puede volver a la nada” (I, 235)<sup>19</sup>.

En efecto, por ejemplo, el primer fragmento ya citado atribuido a Anaximandro, recogido por Diels y Kranz, en la traducción de Bernabé dice en su segunda parte: “las cosas perecen en lo mismo que les dio el ser, según la necesidad. Y es que se dan mutuamente justa retribución por su injusticia, según la distribución del tiempo” (BERNABÉ, 2008a, pág. 56). Esta formulación aun presenta una connotación moral de la necesidad<sup>20</sup>. También el

---

<sup>18</sup> Esta es la doctrina de que nada ocurre sin causa. En la actualidad, Bunge la denomina “causalismo” o “determinismo causal” cuando sistematiza la terminología y los conceptos relativos a la causalidad denominando: 1) “Causación”, al nexo causal; 2) “Principio causal”, al enunciado: “la misma causa produce siempre el mismo efecto”; y 3) “Determinismo causal” o “causalismo” o “causalidad”, a la doctrina que afirma la validez universal del principio causal y cuya fórmula es, entre muchas otras, la siguiente: “Nada sucede en el mundo sin causa” (BUNGE, 1997a, pág. 18). Tomando en cuenta las peculiaridades de la causación en el pensamiento de los primeros físicos, podemos denominar, como Bunge, “causalismo” o “causalidad” al principio mencionado (todo tiene su causa). Meyerson le denomina simplemente “causalidad” evocando a Platón y Aristóteles; cita al moderno Leibniz para quien “causalidad” designaría la afirmación “nada ocurre sin una causa o razón determinante”, cuya fórmula equivalente habría sido “la causa es igual al efecto”, siguiendo así la línea de Lucrecio y Anaxágoras (MEYERSON, 1929, págs. 17-19). La naturaleza es una cadena de causas y efectos. Si la suma de los efectos es igual a la suma de las causas, entonces ya no hay lugar para la creación ni para la disipación o aniquilación. De aquí la idea de naturaleza ordenada (MEYERSON, 1929, pág. 19).

<sup>19</sup> Cf. Lucrecio (2003, págs. 64, 66, 67).

<sup>20</sup> Según Cornford, el nacimiento de las cosas individuales a partir de los elementos habría sido considerado por Anaximandro como un orden moral, en el sentido de que nacer es un delito, una injusticia, y crecer constituiría un continuo robo. La muerte sería pagar por la transgresión, por el desorden. Esta cosmología supondría que el orden está en el principio y no al final. El orden inicial es el de la distribución de los elementos en sus regiones respectivas, orden necesario y moral. El proceso de formación de las cosas individuales sería un progreso hacia el desorden, la injusticia, la guerra, el robo, es decir, un camino del mal. Este camino supone un principio de orden, un poder, que determina “lo que va a ser y lo que tiene que ser”. Este poder es el principio del destino y la justicia. Es el responsable de determinar el orden original de los elementos y del castigo de toda transgresión. Este poder es de carácter moral. Esta representación moral,

texto de Leucipo traducido por A. Bernabé a partir de la edición de Diels y Kranz: “Ninguna cosa sucede sin razón, sino que todas suceden por una razón y por necesidad” (BERNABÉ, 2008a, pág. 284).

Como comenta Cornford, Leucipo afirma que nada ocurre al azar y asume la necesidad (Ananke); Cornford ve aquí la sombra de la mítica Moira (CORNFORD, 1984, pág. 184). Esta mención de la Moira amerita una acotación porque resulta importante para destacar la aportación de Cornford a la caracterización adecuada de la noción de causalidad de los primeros físicos y no confundirla con la concepción de causalidad en la modernidad.

Según Cornford, la filosofía primitiva hereda de la religión, además de las nociones de dios y alma, el concepto de orden de la naturaleza, reino del destino, de la justicia o de la ley (CORNFORD, 1984, pág. 17). La representación del orden del mundo, por ejemplo la de Anaximandro, no se dedujo de la observación del entorno visible, sino que se tomó de la religión y es más antigua que los propios dioses (CORNFORD, 1984, pág. 60).

En el pensamiento racional jonio, así como en el mítico de Homero, se encuentra una creencia profunda en el destino (Moira) como una ordenación que limita todos los poderes de los individuos humanos y divinos. Esta ordenación se parece más a “un decreto de ordenación moral” que a una “delimitación de mera imposibilidad física” (CORNFORD, 1984, pág. 28).

La concepción original de Moira es espacial antes que temporal; esta es una concepción persistente en la ciencia jonia y domina todo su curso (CORNFORD, 1984, pág. 30)<sup>21</sup>. La Moira es una representación de la disposición “justa y necesaria” de la naturaleza; haciendo una abstracción de la naturaleza, la Moira representa la necesidad y la justicia (de lo que tiene que ser y de lo que debe ser) en la disposición de los elementos (CORNFORD, 1984, pág. 35).

Tomando en cuenta la noción causal primitiva, en el sentido de ser un orden necesario espacial, de clasificación, la ciencia primitiva trata de encontrar (utilizando el lenguaje) un

---

común a los primeros filósofos, no pudo ser producto de la simple observación sensorial del mundo por parte de ellos, sino que ya existía en la tradición precientífica (CORNFORD, 1984, págs. 23-24).

<sup>21</sup> Moira significó originalmente “parte”, “lote asignado”. Es una concepción espacial antes que temporal. De este significado deriva el significado de “destino”. Los dioses y los hombres tienen su “parte” o dominio asignado. La “parte” es un espacio de la naturaleza o campo de actividad. También se denomina “rango” o “privilegio”. “Destino” es la universalización de este concepto original de Moira. Las Moiras castigan las trasgresiones de los dominios por parte de los hombres y de los dioses (CORNFORD, 1984, pág. 30).

mapa descriptivo o representación racional del ordenamiento necesario real; este es el sentido de la explicación causal (*logos*) de la ciencia primitiva que no tiene que ver con secuencias temporales de causa y efecto.

Aunque la ciencia primitiva pareciera que se interesa por describir cómo supuestamente se generó o llegó a ser el mundo, se concentra, de hecho, en el análisis estático, de la estructura, del orden y de la composición del mundo (CORNFORD, 1984, págs. 166-167). Un evento físico se consideraba explicado cuando se le había reducido a sus partes o se había descrito en términos de otros eventos físicos que le precedían o le componían. Los acontecimientos se explican como producto de una fría necesidad mecánica; partiendo de un estadio previo de seres del cual el orden natural ha surgido (CORNFORD, 1980, pág. 10)<sup>22</sup>. La ciencia comienza cuando se conceptúa el universo como un todo natural que tiene sus modos de acción inmutables, en el sentido de que la razón humana los puede conocer, pero que están fuera del control de la acción humana. Esto constituyó un logro muy grande (CORNFORD, 1980, pág. 14).

La causalidad de los primeros físicos, por tanto, supone una necesidad en el ordenamiento espacial en la que predomina la conservación del sustrato y una vinculación de dependencia de lo que acontece con el sustrato.

Hay que destacar que también supone que el mismo tipo de causas produce el mismo tipo de efectos, es decir, para los efectos naturales deben haber causas sólo naturales<sup>23</sup>; podríamos denominar a este supuesto general como principio de homogeneidad o inmanencia causal (exclusión de una etiología mística).

Schrödinger, lo denomina “hipótesis de inteligibilidad” y dice que ella significa que se puede entender el acontecer natural por sí misma sin apelar a una causalidad de tipo mística (SCHRÖDINGER, 1975, pág. 45). Subraya su origen jónico señalando que al principio el hombre habría atribuido los cambios de la naturaleza a las decisiones arbitrarias de una personalidad, que era la única causa de los procesos observables que podía conocer

---

<sup>22</sup> Según Heidel, los griegos entendían por explicación la búsqueda de las causas. Pero el término “causa” era difícil de definir. La definición no se conocía hasta antes de Sócrates. Por tanto, no habría que esperar mucho rigor en el uso de los conceptos por parte de los presocráticos. Para los primeros filósofos “causa” significaba simplemente lo que se alegaba como explicación de un hecho o acontecimiento. La consideración de la causa estaba inmersa en la intención de hacerse *inteligible* el universo tal como ellos lo encontraban (HEIDEL, 1946, pág. 54).

<sup>23</sup> Una forma general de lo que Bunge denomina “principio causal”.



directamente, pero que los jonios del siglo VI a.de C. dieron un paso trascendente al intentar comprender la naturaleza por sí misma, es decir comprenderla dejando de lado la mística y la intervención de personalidades sobrehumanas; la multiplicidad aparente y los cambios del mundo natural tienen su causa en ciertos principios fundamentales (SCHRÖDINGER, 1975, págs. 48-51).

Las causas deben ser inmanentes al mundo físico o natural; los efectos naturales no pueden tener causas externas a lo natural o físico, es decir, las causas no pueden ser sobrenaturales o supra físicas. Anaximandro, por ejemplo, habría expurgado lo sobrenatural, eliminó los elementos o factores que pudo identificar como sobrenatural o mítico (por ejemplo, Zeus y los demás dioses olímpicos). Como resultado, restauró el concepto antiguo de Moira, el orden primordial de carácter moral en que prevalece la justicia; en este orden no figura ya la voluntad de un dios personal; el lugar de éste lo ocupa ahora, en parte, una causa natural: el movimiento eterno (CORNFORD, 1984, págs. 58-59). Los elementos opuestos (agua, tierra, aire, fuego) se originan por separación a partir de la “cosa ilimitada”; separación causada por el movimiento eterno en torbellino (CORNFORD, 1984, pág. 22).

*Toda cosa tiene una causa natural*: es un principio que por el hecho de que no ha sido probado ni nunca lo será puede denominarse, según Heidel, un postulado. Exige solamente que la naturaleza sea razonable e inteligible, y, por esto, estimula toda actividad científica. Puede formularse también de otras maneras tales como “negación de la casualidad” y “afirmación del dominio de la ley”. Este principio o postulado condujo finalmente a la afirmación de que la relación entre causa y efecto es constante e invariable<sup>24</sup>; en otras palabras, condujo a la creencia en la uniformidad de la naturaleza. Los griegos fueron particularmente fieles a este principio (HEIDEL, 1946, pág. 61).

En resumen, la concepción del orden natural supuesto por la ciencia primitiva tiene que ver principalmente con la identidad del ser, con el ordenamiento espacial, con la exclusión de

---

<sup>24</sup> No se asocia aquí la particularidad del principio causal con la extensión, como hace Cornford, y, por tanto, no subraya la particularidad de la relación causal griega frente a la moderna; menos aún se sugiere un origen social para el orden causal; de modo distinto, Heidel, tomando en cuenta a Platón y Aristóteles, sugiere que la creencia en un universo ordenado derivaría de la observación de lo que ocurre en el cielo, y concede atención a los señalamientos de que el hombre primitivo habría sido predispuesto por la experiencia de la regular sucesión del día y la noche, la secuencia ordenada de las fases de la Luna y de las estaciones (HEIDEL, 1946, pág. 59). Obviamente, hay una diferencia de marco teórico general entre Cornford y Heidel en cuanto a una explicación del origen de la noción de orden causal de los griegos.

una etiología mística y la relación invariable de causa y efecto. Estas son las condiciones que permiten entenderla como mecanicista o materialista.

El enfoque general de la ciencia explicativa griega supone que existe un sustrato exterior material independiente del sujeto (objetivo, real), en el nivel elemental y simple suprasensible, que es el constituyente último de las cosas perceptibles sujetas a generación y corrupción. En el comportamiento de este mundo exterior rige un orden necesario. Excluyendo al sujeto humano o divino, *hay un mundo que carece de propiedades humanas y divinas, y que presenta propiedades que no dependen de propiedades humanas ni divinas*. Es en este sentido que afirmamos que en la actividad científica primitiva griega rige el postulado del realismo ontológico de tipo mecanicista o materialista; por lo cual afirmamos que fue una actividad esencialmente realista mecanicista<sup>25</sup>. El postulado expuesto referido supone que la *objetividad* es una condición de la realidad material con un orden necesario que existe *en sí*.

### **1.3.2. Realismo ontológico mecanicista de la ciencia galileana**

Paso a continuación a mostrar que el postulado del realismo ontológico de tipo mecanicista o materialista subyace en el enfoque general de las investigaciones de Galileo; postulado que, a su vez, supone un concepto general de objetividad ontológica.

#### **a) Actitud racional en la ciencia galileana**

Como en los presocráticos, en Galileo encontramos también una actitud fundamentalmente racional y mecanicista que aspira a trascender las apariencias y la tradición.

En este sentido, debemos enfatizar su posición crítica frente a la tradición aristotélica. Su crítica apuntó especialmente a la descuidada y laxa experiencia de sentido común. Expresaba desconfianza ante las apariencias, asumiendo su falibilidad.

---

<sup>25</sup> La ciencia realista exige la dimensión ontológica (MEYERSON, 1929, pág. 493).

En el segundo de los dos breves escritos de 1615, en la respuesta de Galileo al punto décimo de las observaciones hechas por el cardenal Bellarmino sobre el copernicanismo y su relación con las sagradas escrituras, y traducidos por Moisés González García bajo el epígrafe “Apuntes previos al proceso de 1616”, se ilustra la necesidad de superar las apariencias para comprender la realidad de la concepción copernicana.

El error del aparente movimiento de la playa y de la estabilidad de la nave, es conocido por nosotros después de haber estado muchas veces en la playa observando el movimiento de las barcas, y otras muchas en la barca observando la playa. Igualmente, si pudiésemos estar ahora en la Tierra y después ir al Sol o a otra estrella, sin duda veríamos con toda certeza y seguridad, cuál de ellos se mueve. Aunque si no miramos otra cosa más que estos dos cuerpos, siempre nos parecería que estaba inmóvil aquel en el que nos encontráramos, de la misma forma que quien no mire otra cosas que el agua y la barca, le parecerá siempre que el agua se mueve y la barca está inmóvil. (...). Hay, pues, una necesidad grandísima de corregir el error acerca de la apariencia de si la Tierra o más bien el Sol se mueven, siendo evidente que si uno estuviese en la Luna o en cualquier planeta, siempre le parecería que está inmóvil y que son las otras estrellas las que se mueven. Pero estas y otras muchas semejantes razones de los seguidores de la opinión común son las que se deben rechazar de forma absolutamente clara, antes de pretender ser oídos y no digamos aprobados. (GALILEI G. , 2006, págs. 156-157).

Los ejemplos de las apariencias de la barca y la playa habrían sido utilizados por Copérnico y sus seguidores, según Galileo, para demostrar que cuando se trata de simples apariencias no sería absurdo que pueda parecernos que la Tierra está inmóvil y el Sol está en movimiento, aunque la realidad fuese lo contrario.

Por ello, en este punto, Koyré tiene toda la razón cuando, en “Galileo y Platón”, hace notar la irrelevancia de la observación de sentido común. Citando a Meyerson, Tannery y Duhem, señalaba que la “observación”, en el sentido de experiencia sensorial de sentido común, no ha desempeñado una función capital en la fundación de la ciencia moderna. La que desempeñó un papel considerable fue la “observación científica”, en el sentido de “experimento científico” (KOYRÉ, 2000d, págs. 152-153). La observación de sentido común habría estado más cerca de la física aristotélica y la de los nominalistas parisienses que la de Galileo y Descartes.

Así mismo, la actitud racional de Galileo permite entender su cuestionamiento de la competencia de la autoridad en materia de conocimiento de la naturaleza, autoridad sostenida en el dogma y la experiencia de sentido común. Frente a teólogos y aristotélicos defendió la autonomía de la investigación racional de la naturaleza como se puede constatar en sus cartas a Castelli, Dini y Cristina de Lorena.

Pero un nuevo concepto de experiencia sensorial si fue relevante y éste tuvo que ver con la razón. Parecería que esta opinión entraría en conflicto con otra según la cual la ciencia moderna, como heredera de la rebelión contra las concepciones medievales del renacimiento tardío, fue “antirracionalista” (WHITEHEAD, 1949, pág. 30). Pero, este punto de vista de Whitehead se formula en el sentido de que la ciencia es contraria al *racionalismo medieval* inflexible, estéril, contrario a la matemática y a los hechos; no en el sentido de negación de toda razón; es decir, la ciencia moderna será de signo contrario a la razón medieval escolástica, pero heredera de la razón matemática arquimediana perfeccionada con el acoplamiento del elemento fáctico en el experimento. Éste involucra un nuevo modo de observación sensorial. El aspecto empírico queda organizado por la teoría matemática. La observación y el experimento moderno están organizados por la teoría<sup>26</sup>.

Desde posiciones racionalistas suele elevarse el estatus de la teoría, frente a la empírea, a un grado superlativo. En “Galileo y Platón”, Koyré sentenció que la ciencia es fundamentalmente teoría y no tanto simple recolección de hechos (KOYRÉ, 2000d, pág. 152 nota 7) y que los experimentos de Galileo fueron en gran medida imaginarios. En el mismo sentido y sobre este aspecto en particular Randall decía que la observación no tuvo en los comienzos mucha importancia, especialmente en matemática, astronomía y física. Copérnico hizo sus descubrimientos no observando las estrellas, sino leyendo a Cicerón quien le informo que Hicetas tuvo la idea del movimiento diario de la Tierra sobre su eje y atendiendo a las ideas de Aristarco sobre el movimiento terrestre en torno al Sol. En el caso de Galileo su dinámica no se debió a ningún descubrimiento experimental. Galileo habría

---

<sup>26</sup> A esta situación de la experiencia moderna le es perfectamente aplicable la sentencia de que no hay experiencia sin hipótesis (MEYERSON, 1929, pág. 438); también la de Duhem, según la cual el experimento en física no se reduce a la simple observación de un fenómeno, sino que es una interpretación teórica del fenómeno observado (DUHEM, 2003, pág. 191); y la de Whitehead: una característica nueva de la mentalidad moderna es un fuerte interés por la relación entre los principios generales y los hechos, entre la generalización abstracta y los hechos de detalle (WHITEHEAD, 1949, pág. 15).

recurrido a la experiencia solo para convencer a sus opositores aristotélicos que exigían pruebas empíricas. Galileo habría elaborado su dinámica “aplicando los métodos matemáticos de Arquímedes a los diagramas de los ocamistas parisienses” (RANDALL, 1952, págs. 224-225).

Los experimentos (tales como soltar y deslizar bolas en un plano) como formas de preguntar a la naturaleza tuvieron lugar primeramente en los campos más prácticos; fueron anticipados por Leonardo da Vinci, Miguel Ángel, Rafael, Durero. Al respecto Randall destaca la particular significación de que Stevinus y Descartes hayan estado vinculados al campo militar y la ingeniería. El verdadero conocimiento experimental de la naturaleza habría procedido de los cirujanos como Vesalio, Harvey, además de Gilbert y Palissy. Hay que considerar también el estímulo del uso de herramientas e instrumentos crecientemente más precisos en la práctica comercial, industrial y artesanal, que desarrolló la experiencia y el conocimiento independientemente del saber tradicional; especialmente obligó a reconocer la importancia de la “medición exacta y del cálculo refinado” (RANDALL, 1952, págs. 225-226).

El racionalismo de Galileo ha motivado que algunos como Koyré, de modo muy interesante y con mucha fuerza, hablen del platonismo de Galileo. Nos parece un punto de vista justo en el aspecto gnoseológico y metodológico. En “Galileo y Platón”, Koyré afirmó que el platonismo de Galileo radica principalmente en su concepción epistemológica, pues el conocimiento consiste en comprender y que este comprender es como “recordar”; además, el platonismo galileano es también metodológico, pues el método experimental otorga primacía a la formulación de postulados matemáticos (KOYRÉ, 2000d, págs. 178-179).

La racionalidad moderna de Galileo sigue las huellas de su origen griego; utiliza postulados y deducción, aunque los postulados sean de carácter matemático. Tal racionalidad lo ha tomado de la matemática y ésta es “una reliquia sobreviviente del racionalismo griego, que sigue el método deductivo” (WHITEHEAD, 1949, pág. 30)<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Con la salvedad de que el método científico moderno no se reduce al uso de postulados matemáticos y deducción (razón) sino que lo combina con la experiencia (pruebas en laboratorio o trabajo de campo); es una combinación de racionalismo y empirismo (racionempirismo) (BUNGE, 2002, págs. 48-49). Este enfoque metodológico fue utilizado para luchar contra, especialmente, la ontología de sentido común centrada en datos procedentes de los sentidos y contra la ontología de la versión escolástica de la física de Aristóteles.

Otro aspecto que pone de manifiesto el racionalismo de la ciencia galileana es la presencia de principios fundamentales (o leyes generales) muy alejados de la experiencia de sentido común. En “Galileo y Platón”, Koyré decía que la observación de sentido común no concuerda con las leyes de la ciencia moderna. Las leyes fundamentales de la dinámica moderna se aplican de manera inmediata a hechos simples, elementales; por ejemplo, el hecho abstracto de un móvil que se mueve en el vacío por acción de una fuerza única. El sentido común no nos proporciona este hecho; en la vida cotidiana no somos testigos de este tipo de hechos. Los hechos de los que somos testigos en la vida cotidiana son, por ejemplo, la marcha de un navío arrastrado por sirgadores, el movimiento de un carruaje jalado por caballos, etc.; estos hechos son de extrema complejidad, y no son los que deben ser relacionados con las leyes de la dinámica moderna para definir su concordancia, aunque tal vez sí con los principios de la física aristotélica; para ésta, un hecho simple como el mencionado antes no guardaría ninguna concordancia, es decir, sería imposible (KOYRÉ, 2000d, págs. 152 notas 8, 9).

Koyré piensa en los principios como el de inercia<sup>28</sup> que no tiene origen en la experiencia del sentido común; no se trata de una generalización ni idealización de la experiencia, porque en la experiencia lo que encontramos es el movimiento circular o curvilíneo, pero no tenemos experiencia del movimiento rectilíneo, con excepción del movimiento de caída, pero éste no es un movimiento inercial. Por esto, Koyré destaca la curiosidad de la física moderna que trata de explicar el movimiento curvilíneo por el movimiento inercial, es decir rectilíneo; lo cual significa explicar lo que es a partir de lo que no es nunca e incluso a partir de lo que nunca puede ser (KOYRE, 1981, págs. 194-195). La comprensión de este

---

De esta manera, se formulaban críticas de tales concepciones y luego se las reemplazaba por hipótesis claras y susceptibles de prueba sobre entidades materiales en movimiento, tales como la heliocéntrica de Copérnico y la ley de caída de los graves de Galileo, etc. (BUNGE, 2007, pág. 74).

<sup>28</sup> El principio de inercia “afirma que un cuerpo abandonado a sí mismo permanece en su estado de reposo o movimiento tanto tiempo como este estado no esté sometido a la acción de una fuerza exterior cualquiera. En otros términos, un cuerpo en reposo permanecerá eternamente en reposo a menos que sea puesto en movimiento. Y un cuerpo en movimiento continuará moviéndose y se mantendrá en su movimiento rectilíneo y uniforme hasta que alguna fuerza exterior le impida hacerlo” (KOYRÉ, 2000d, págs. 181-182). En la física moderna nacida con Galileo, este principio es el más fundamental. Es el fundamento implícito de su mecánica. Koyré (2000d), concede la razón a Newton cuando éste atribuye su descubrimiento a Galileo, aunque afirma que fue Descartes quien vio todo su alcance y sentido. Galileo habría dudado en aceptar sus consecuencias últimas y en rechazar completamente los datos de la experiencia, y por esta razón no habría podido dar el paso decisivo del cosmos finito de los griegos al universo infinito de los modernos.

principio habría sido tarea ardua, debido a que requiere de una reforma del entendimiento y de la concepción del mundo<sup>29</sup>.

Finalmente, un aspecto que exhibe el racionalismo galileano radica en el nuevo carácter de la cosmovisión del linco que sustituyó al tradicional. Según Koyré, la revolución consistió principalmente en: (1) la destrucción del “cosmos” tradicional y la desaparición de la ciencia fundada en tal concepción del cosmos; (2) la sustitución del espacio cósmico cualitativo, heterogéneo y concreto por el espacio geométrico, homogéneo y abstracto de la geometría euclidiana (geometrización). Koyré resume estos dos rasgos en el concepto de matematización de la naturaleza que implica la matematización de la ciencia. (KOYRÉ, 2000d, págs. 150-154). Más allá del lenguaje platonizante, ese nuevo cosmos es el mecánico, como se mostrará más adelante. La revolución referida por Koyré consistió en el abandono de una idea del mundo de sentido común, principalmente, y en la adopción de una idea alejada del sentido común que postula objetos de un mundo suprasensible.

Por tanto, la racionalidad de Galileo se pone en evidencia en una actitud crítica frente a la experiencia de sentido común (experiencia que es base para la tradición y la autoridad), en el uso de postulados que no son puramente matemáticos sino que hacen referencia a un dominio natural exterior y en el importante papel del *a priori*. En los antiguos la observación de sentido común se comprende gracias a postulados ontológicos; en la modernidad la observación sensorial está organizada por la teoría; teoría que postula objetos de un plano ontológico que no es ideal.

---

<sup>29</sup> Otro principio de esta naturaleza sería el de causalidad. Según Meyerson, el principio de causalidad no se confirma continuamente por las sensaciones como si ocurre con el principio de legalidad. Al contrario, las sensaciones incluso lo niegan. Las cosas cambian incesantemente a través del tiempo. “Cuando hablamos de cosas eternamente inmutables, sabemos muy bien – a menos que se trate de cosas puramente ideales- que nos expresamos inexactamente. El planeta sobre el cual vivimos y el sistema entero al cual pertenece, nos aparecen, a su vez, en continua modificación” (MEYERSON, 1929, pág. 35). Agrega que está de acuerdo con que la oposición entre principio de causalidad y sensaciones es una prueba directa del carácter apriórico del postulado de causalidad (MEYERSON, 1929, pág. 35 nota).

## b) Ciencia explicativa y supuesto ontológico

También persiste en la actividad científica de Galileo el modelo de explicación mecanicista realista que utiliza hipótesis explicativas, bastante notable, por ejemplo, en la primera de sus dos nuevas ciencias expuesta en sus *Discorsi*, esto es, la explicación de la resistencia de los materiales, aunque no sólo en este campo.

Como ya hemos expuesto, las hipótesis de tipo mecánica están en el origen de la ciencia jónica misma y algunas de ellas renacen en la modernidad<sup>30</sup>. Siguiendo a Meyerson, podemos decir que “hipótesis o teorías mecánicas” constituye una denominación alternativa para hipótesis explicativas. Una hipótesis de este tipo es una “suposición sobre el curso real de las cosas” (MEYERSON, 1929, pág. 47)<sup>31</sup>. El “curso real de las cosas” es curso *objetivo*, esto es, comportamiento mecánico en el sentido explicitado en la *sección 1.3.1*. En este sentido, podemos mencionar, por ejemplo, la teoría copernicana heliocéntrica, la teoría corpuscular del calor, etc. En el establecimiento de su verdad se debe apelar a la observación moderna o a la demostración matemática, pero no a la observación simple de sentido común, pues los hechos descritos por las hipótesis explicativas no pueden ser objeto de experiencia directa.

Por otro lado, como dice Meyerson, en ningún caso se puede identificar las hipótesis explicativas físicas que suponen objetos físicos con las proposiciones de matemática pura que suponen objetos matemáticos, porque los objetos físicos son distintos de los objetos matemáticos<sup>32</sup>; tampoco se puede asimilar las hipótesis explicativas a las leyes empíricas<sup>33</sup>, aunque en sentido contrario, las leyes empíricas pueden ser asimiladas a las hipótesis

---

<sup>30</sup> Meyerson, afirma que las hipótesis mecánicas han nacido con la ciencia, es decir, en Grecia, la ha acompañado en todas las épocas de verdadero progreso, y que cuando se hacía abstracción de ellas el progreso de la ciencia se hacía más lento. Sin embargo, no deja de mencionar a Comte y Duhem como sostenedores de opiniones contrarias, pues habrían sostenido una filiación directa de la ciencia moderna con la Edad Media y no con Grecia. Meyerson opina que la ciencia moderna es una “consecuencia natural” de la ciencia griega, un renacimiento moderno de las teorías mecánicas o atómicas luego de muchos siglos de reposo (MEYERSON, 1929, págs. 92 nota 2, 93).

<sup>31</sup> Señala también que se pueden encontrar ejemplos de ellas en trabajos de Newton, Laplace, Lagrange, Lavoisier, Fresnel; Maxwell, Kelvin, Poincaré, etc. (MEYERSON, 1929, pág. 47). Aunque el nombre de Galileo no figura en la lista, sin embargo, opinamos que con justeza y sin duda puede ser incluido.

<sup>32</sup> Comprensible porque los objetos matemáticos carecen, por ejemplo, de propiedades físicas como el movimiento mecánico.

<sup>33</sup> Evidentemente porque la ley empírica involucra directamente hechos perceptibles y la hipótesis explicativa no.



explicativas<sup>34</sup>, como de hecho los hombres de ciencia hacen en la práctica (MEYERSON, 1929, págs. 48-50).

Por tanto, las explicaciones realistas mecanicistas en la práctica científica galileana suponen el postulado realista ontológico mecanicista, esto es, que Galileo en sus explicaciones presupone un mundo exterior sin propiedades humanas o divinas y que sus propiedades no dependen de propiedades humanas o divinas, por lo cual es realista mecanicista o materialista.

### **c) Postulación de un sustrato material externo**

Que en el trabajo de Galileo se encuentre la postulación de un sustrato material real ha sido abundantemente referido por los intérpretes de Galileo, especialmente entre los que ponen de relieve el aspecto mecanicista de su ciencia. Trataremos de apoyar tal posición enfatizando al menos tres indicadores importantes del compromiso galileano con una *realidad* material fundamental: la distinción entre propiedades primarias y secundarias, la adopción de la ontología atomista y su posición de defensa del heliocentrismo.

En primer lugar, está el hecho indudable de que Galileo retoma la distinción tradicional entre propiedades primarias y secundarias. En efecto, la encontramos en *El Ensayador* de 1623, el lugar generalmente muy citado, donde Galileo escribió:

Digo que en el momento en que imagino una materia o sustancia corpórea, me siento en la necesidad de imaginar, al mismo tiempo, que esta materia está delimitada y que tiene esta o aquella forma, que en relación con otras es grande o pequeña, que está en este o en aquel lugar, en este o en aquel tiempo, que se mueve o que está en reposo, que está o no en contacto con otro cuerpo, que es una, pocas o muchas; ni con gran imaginación puedo separarla de estas condiciones; pero que deba ser blanca o roja, amarga o dulce, sonora o muda, de olor agradable o desagradable, no me siento en la necesidad de forzar mi mente para tener que representármela acomodada con tales condiciones; más bien, si los sentidos no las hubieran advertido, tal vez la razón o la imaginación por sí mismas no lo hubieran logrado nunca. Por todo ello pienso que estos sabores, olores, colores, etc., por parte del sujeto en el que parece que residen, no son más que meros nombres, y tienen únicamente su residencia en el cuerpo sensitivo, de manera que eliminado el animal sensitivo, se eliminan todas estas

---

<sup>34</sup> En el sentido de que la ley empírica podría ser un caso particular o aplicación de la hipótesis explicativa.

cualidades; sin embargo, nosotros, puesto que les hemos puesto nombres particulares y diferentes de aquellos primeros y reales accidentes, quisiéramos creer que también éstos son verdadera y realmente diferentes de aquellos. (GALILEI G. , 1984, pág. 292).

Lo que tenemos que subrayar en este texto es que para Galileo es imposible que las propiedades tales como forma, tamaño, espacio, tiempo y movimiento mecánico puedan separarse de la sustancia corpórea y que no dependen del animal sensitivo (humano); es decir, existe un sustrato material con propiedades de este tipo, existencia que no depende de las experiencias sensoriales del sujeto; esta condición no la cumplen, en cambio, las sensaciones (propiedades dependientes de propiedades humanas). Los intérpretes de Galileo suelen referirse a las cualidades materiales como “propiedades o cualidades primarias”.

En la misma obra, en la respuesta de Galileo a Sarci, sobre los conceptos valorativos de “noble” y “perfecto” aplicados al cielo y a los cuerpos celestes, leemos:

Antes de seguir adelante vuelvo a repetir a Sarci que no soy yo quien quiere que el cielo, como cuerpo nobilísimo, tenga también figura nobilísima, cual es la esférica perfecta, sino el mismo Aristóteles, contra el que el Sr. Mario argumenta *ad hominem*, por cuanto a mí se refiere, al no haber leído nunca las crónicas sobre las noblezas de las figuras, no sé cuáles de ellas son más nobles que otras, más o menos perfectas; yo creo que todas son antiguas y nobles en un cierto modo, o mejor dicho, que en cuanto a sí mismas, no son ni nobles ni perfectas, ni innobles ni imperfectas; para hacer un muro, creo que las cuadradas son más perfectas que las esféricas, pero para hacer rodar un carro, juzgo más perfectas las redondas que las triangulares. (GALILEI G. , 1984, pág. 232).

El texto muestra la libertad galileana respecto a las consideraciones valorativas (determinadas por el sujeto humano) del universo y su posición *objetiva* frente a los cuerpos celestes. Si los cuerpos celestes son sustancias corpóreas, deben poseer solo cualidades primarias, pero no cualidades subjetivas (en este caso, propiedades valorativas dependientes del humano), puestas por el sujeto. Persiste aquí el supuesto mecanicista clásico de que la naturaleza exterior es distinta de la *naturaleza humana*.

Y si, además, asumimos que las propiedades primarias o físicas son inteligibles mediante conceptos matemáticos o geométricos, entonces habremos llegado al concepto de sustrato

mecánico susceptible de descripción matemática; en el contexto del discurso de los intérpretes platónicos, este concepto se designa mediante la expresión “naturaleza matematizada o geometrizada” (KOYRÉ, 2000d, pág. 154). Nosotros consideramos la postulación de la sustancia corpórea con propiedades primarias inteligibles como una afirmación del proceso de *mecanización* iniciada por los presocráticos.

Una consecuencia metodológica de la *mecanización* consiste en la exclusión de la vía directa sensorial al sustrato mecánico y la necesidad de acceso racional a través de hipótesis explicativas<sup>35</sup>. Así, el *movimiento mecánico* podrá ser representado mediante conceptos geométricos y será explicado mediante la aplicación de las leyes geométricas al movimiento (KOYRE, 1981, pág. 87).

Aunque en los textos comentados no aparece el término “objetivación”, no cabe la menor duda de que la distinción de Galileo implica la postulación de la existencia de condiciones o propiedades *objetivas* de la materia; implica el paso del mundo de la experiencia sensible de sentido común a la dimensión ontológica mecánica. Pero no implica la existencia de propiedades separadas del sustrato material (las propiedades o formas “en sí” platónicas). De modo que la caracterización de las cualidades o propiedades primarias constituye el pilar del postulado realista ontológico mecanicista<sup>36</sup>. Con ello, Galileo afirma que la sustancia corpórea no presenta propiedades humanas ni divinas.

En segundo lugar, Galileo estuvo comprometido con el mecanicismo atomista<sup>37</sup>, aunque con muchas novedades. La incorporación de concepciones mecanicistas atomistas en los fundamentos de la ciencia galileana ha sido ya suficientemente estudiada y establecida por notables investigadores como Redondi (1990), (2001a) y (2001b) hasta el punto de que

---

<sup>35</sup> En “Galileo y Platón”, Koyré escribió que según Galileo (también Descartes) no se puede construir una teoría matemática de la cualidad. Por ello, suprimió la cualidad por ser subjetiva y no ser parte de la naturaleza (KOYRÉ, 2000d, pág. 174).

<sup>36</sup> Partiendo de *Il Saggiatore*, Bunge considera que esta distinción constituye el fundamento de la nueva cosmovisión mecanicista moderna y de la nueva gnoseología moderna, así como componente de toda ontología realista (BUNGE, 2007, págs. 69, 74, 344).

<sup>37</sup> Algunos se han mostrado contrarios a concederle atención al atomismo cuando se trata de la cuestión ontológica galileana y se muestran proclives por el contrario a concedérsela al platonismo. Otros como Meyerson no aceptan que Galileo haya sido un atomista en sentido estricto, aunque aceptan que haya sido un mecanicista; “ni Galileo ni Descartes son atomistas en el sentido propio del término” (MEYERSON, 1929, págs. 91-92). Algunos otros como Cassirer, según el propio Meyerson, habrían sostenido, contrariamente, el atomismo de Galileo. Meyerson tiene razón, pues el atomismo de Galileo no puede ser estrictamente el de Leucipo y Demócrito si tomamos en cuenta el carácter no extenso del átomo de la concepción galileana. Retomaremos esta cuestión en el Capítulo II.

negarla no sería posible. Para nuestro propósito, es importante poner de relieve esta dimensión del pensamiento de Galileo porque, como dice Meyerson (1929, pág. 436), la predilección de los científicos por las teorías atómicas indica que son sustancialistas o realistas.

Redondi (2001a) ha establecido que el atomismo fue el alfa y la omega de la física de Galileo, porque las hipótesis corpusculares constituyen elementos esenciales en su física. Así también, Mariconda ha remarcado que Galileo fue atomista inclusive hasta la época posterior a su condenación por el santo oficio. En sus Notas de la Primera Jornada de su traducción del *Diálogo*, Mariconda anota que Galileo, en los *Discorsi* de 1638, especialmente en la Primera Jornada, continúa sosteniendo una concepción atomista de la constitución de la materia expuesta en *Il Saggiatore* de 1623 (MARICONDA, 2001b)<sup>38</sup>.

El interés galileano por el atomismo ha sido explicado por la necesidad del uso de la matemática en el estudio de la naturaleza<sup>39</sup>. Ésta debería ser un objeto, además de material, adecuado para la aplicación matemática racional, es decir, inteligible y no cualitativo o subjetivo. En tal sentido, la ontología atomista permite pensar la naturaleza entera de modo mecánico, incluyendo el sustrato, con sólo propiedades primarias; en términos de Redondi, posibilita incluso “pensar el orden divino en *rerum natura*”; es decir, excluir de la naturaleza algún sector sustancialmente heterogénea como el “mundo celeste” (REDONDI, 2001a). Una naturaleza homogénea permite la aplicación de los conceptos matemáticos<sup>40</sup>; por ello, algunos han señalado que el atomismo permitió en la modernidad la aplicación de la matemática a la naturaleza (SOLIS, 2007). Un genio como Galileo tan interesado en la aplicación de la matemática al estudio de la naturaleza tuvo que estar interesado en el atomismo. Hubo un compromiso galileano con el mecanicismo atomista; se postulan

---

<sup>38</sup> Cf. la traducción portuguesa del *Diálogo* por Mariconda (GALILEI G. , 2001, pág. 589 nota 57). Este dato podría, según Mariconda, refutar la tesis de Redondi de que el móvil de la condenación de Galileo haya sido su compromiso con el atomismo y que el copernicanismo haya sido sólo una coartada.

<sup>39</sup> Como se sabe, Galileo estuvo interesado en muchas cuestiones naturales tales como la hidrodinámica, el calor, la luz, los fenómenos de cambio de estado, etc. Sobre esta última, es decir, la interpretación de las transformaciones físicas de la sustancia, ya en el siglo XVI se tuvieron propuestas diferentes, por ejemplo, la química paracelsiana y la concepción vitalista de una materia universalmente animada. Pero, la que se impuso, finalmente, fue una tercera: la opción atomista, que inicialmente en el siglo XVII fue propugnada y protagonizada, en un contexto de cultura católica, por Galileo, al que siguieron Descartes, Gassendi, Boyle y Newton. Galileo propugnó una interpretación corpuscular no sólo de los cambios de estado sino también de las otras cuestiones mencionadas (REDONDI, 2001b).

<sup>40</sup> Materia es lo mismo que mundo material y sería una cantidad o estaría relacionado con la cantidad, además no sería una simple hipótesis de la sensación porque esta es cualitativa (MEYERSON, 1929, pág. 403).

átomos con movimiento mecánico en el mundo exterior (independientemente de su naturaleza material específica) para posibilitar su “matematización” y explicar propiedades de los fenómenos.

En tercer lugar, otro indicador de la asunción galileana del postulado de una dimensión ontológica material externa está en la adhesión a las concepciones copernicanas. Será suficientemente ilustrativo considerar dos aspectos: la naturaleza representativa fáctica de la concepción heliocéntrica y la concepción del objetivo de la investigación del universo.

En cuanto al primer aspecto, debe mencionarse el rechazo de la opción instrumentalista y la adopción del modelo copernicano que supone cuerpos materiales y movimiento mecánico, decisión documentada en la “Carta a Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana” de mediados de 1615, al expresar su protesta contra las calumnias y condenaciones de los seguidores de Ptolomeo y Aristóteles; en tal ocasión escribió:

(...) yo en mis trabajos de astronomía y de filosofía sostengo, sobre la constitución de las partes del mundo, que el Sol, sin cambiar de lugar, permanece ubicado en el centro de las revoluciones de las esferas celestes, y que la Tierra que se mueve sobre sí misma, gira en torno a él; y además oyendo que voy confirmando tal posición, no sólo refutando los argumentos de Ptolomeo y de Aristóteles, sino aportando otros muchos en su contra, y especialmente algunos referidos a los efectos naturales, cuyas causa tal vez no puedan explicarse de otra forma, y otros astronómicos, dependientes del conjunto de los recientes descubrimientos celestes, los cuales claramente refutan el sistema ptolemaico y concuerdan y confirman admirablemente esta otra posición; (...). (GALILEI G. , 2006, pág. 87).

De modo más claro aún, en su “Carta a monseñor Piero Dini”, escrita en Florencia el 23 de marzo de 1615, sobre la cuestión de si la concepción copernicana pudiese ser “arreglada” y presentada simplemente como instrumento para salvar apariencias y no para representar una existencia real, Galileo escribió:

En cuanto a la primera cuestión particular que usted me plantea, que lo más que podría decidirse sobre el libro de Copérnico sería el colocarle alguna anotación, en el sentido de que su doctrina fue introducida para salvar las apariencias, de la misma forma que otros introdujeron las excéntricas y los epiciclos, sin creer después que existiesen realmente en la naturaleza, le digo (remitiéndome siempre a quien entiende más que yo, y únicamente por celo de que aquello que

va a hacerse se haga con la mayor prudencia) que en cuanto a salvar las apariencias, el mismo Copérnico se había tomado ya antes la molestia de hacerlo, dando satisfacción al grupo de los astrónomos de acuerdo con la establecida y admitida doctrina de Ptolomeo, pero después, vistiéndose con el hábito de filósofo, y considerando si tal constitución de las partes del universo podría realmente existir in *rerum natura*, y viendo que no, y pareciéndole también que el problema de la constitución real era digno de ser indagado, se puso a investigar tal constitución, sabiendo que si una disposición de las partes del universo hipotética y no verdadera podría satisfacer a las apariencias, con mayor razón se conseguiría con la constitución verdadera y real, y al mismo tiempo se habría conseguido en filosofía un conocimiento tan excelente, cual es el saber de la verdadera disposición de las partes del mundo; y encontrándose él, debido a las observaciones y estudios de muchos años, en posesión de un abundantísimo material sobre todos los particulares accidentes observados en los planetas, sin los que conocidos todos con la mayor prolijidad y rápidamente fijados en la mente es imposible lograr el conocimiento de tal constitución, consiguió con renovados estudios y prolongados esfuerzos aquello que le ha hecho después digno de admiración para todos aquellos que atentamente lo estudian para aprovechar sus progresos. Así, el querer persuadir que Copérnico no creyese verdadero el movimiento de la Tierra, a mi modo de ver, no podría afirmarse sino tal vez por quien no le haya leído, estando todos sus seis libros llenos de una doctrina que depende del movimiento de la Tierra, y que lo explica y justifica. (GALILEI G. , 2006, págs. 69-70).

Por tanto, Galileo reafirmó la posición de Copérnico sobre el carácter representativo de su concepción o sistema conceptual. Se asume que la concepción copernicana representa o describe la constitución del universo como dimensión ontológica material más allá de las apariencias. Por este carácter, la concepción copernicana y galileana suele denominarse “realista”.

Al respecto, Laudan (2000) comenta que el problema de la interpretación realista e instrumentalista sólo adquirió importancia en el contexto de la astronomía copernicana superior en varios aspectos a la ptolomeica. Copérnico y la mayoría de los copernicanos fueron realistas en relación a las hipótesis astronómicas, pues asumían que éstas representan objetivamente el verdadero orden de los cielos. Kepler fue más allá sosteniendo que la física y la astronomía debían ser realistas y que esto implicaba abandonar la separación clásica entre física terrestre y física celeste. El sistema copernicano interpretado realistamente entraría en conflicto no sólo con la física aristotélica sino también con las ideas intuitivas de los que reflexionaban en la época y la cosmología de las Sagradas

Escrituras. La inclinación por la opción realista es perfectamente coherente con la percepción galileana de la importancia del aporte copernicano. Este aspecto ha sido bien destacado por Cassirer: “la defensa del sistema copernicano se convierte para él en el centro y la palanca de todos los puntos de vista abstractos a que va llegando en el campo de la mecánica y en el de la filosofía”; Galileo considera que la gloria del descubrimiento copernicano radica principalmente en la nueva vía que abre al pensamiento racional: “la fuerza y la vitalidad con que el espíritu afirma y sostiene los fundamentos de la razón, sin dejarse engañar por las apariencias falaces de los sentidos” (CASSIRER, 1953, pág. 292). Entonces, puede señalarse que el copernicanismo de Galileo nos indica la unificación de realidad y razón. En este sentido, Clavelín comenta que constituyó elemento fundamental de la gran revolución galileana la “fusión sin precedentes de razón y realidad” (CLAVELIN, 1974, pág. XI Preface)<sup>41</sup>.

En cuanto al segundo aspecto, el objetivo de la investigación del universo es su verdadera constitución. En la carta a Dini del 23 de marzo de 1615, Galileo señalaba, refiriéndose a Copérnico y la posición de éste sobre la doctrina de Ptolomeo, que “vistiéndose con el hábito de filósofo, y considerando si tal constitución de las partes del universo podría realmente existir in *rerum natura*, y viendo que no, y pareciéndole también que el problema de la constitución real era digno de ser indagado, se puso a investigar tal constitución” (GALILEI G. , 2006, pág. 70). Aquí se pone de manifiesto la concepción de Copérnico sobre el objetivo de la investigación del universo que Galileo comparte. Si el investigador del universo es un filósofo (natural), entonces debe empeñarse en descubrir la constitución de la naturaleza, en particular del mundo de los astros. Comentando esta meta trazada para la astronomía por Copérnico y Galileo, Mariconda manifiesta que la filosofía natural y la ciencia moderna tienen el mismo objetivo: la realidad del mundo natural. Son instancias de un mismo impulso de racionalidad crítica e independiente en la búsqueda de la “verdadera constitución del mundo” (MARICONDA, 2001a)<sup>42</sup>.

---

<sup>41</sup> Los otros componentes de la gran revolución fueron, según Clavelin (1974), el cambio de una base conceptual a otra y el reemplazo de un ideal explicativo con otro.

<sup>42</sup> Cf. Galilei (2001, pág. 550 nota 2).

Obviamente, la “constitución del universo” de la que se habla está en el nivel ontológico, físico y no puramente matemático, que trasciende las apariencias. Se supone que en el universo hay cuerpos y movimiento mecánico.

Por lo tanto, en su distinción de propiedades primarias y secundarias, su adhesión a la ontología atomista y a la astronomía copernicana, Galileo supone la existencia de un material externo, y esto pone de manifiesto su compromiso con la dimensión ontológica mecánica. El objeto de la ciencia natural radica aquí; no en los libros ni en un mundo inmaterial.

#### **d) Postulación de un orden necesario**

Si bien la postulación de un sustrato material constituye un paso fundamental en el empeño de hacer del mundo un objeto adecuado a la razón, es decir inteligible para una ciencia natural, la postulación galileana de un orden necesario exterior consuma tal empeño; esto significa una mayor determinación de lo real para el interés particular de la ciencia natural.

Consideramos, a continuación, la postulación de un orden necesario en el mundo exterior; lo hacemos en dos momentos: primero, la necesidad en el orden sustancial mecánico y, luego, la necesidad en el orden estructural mecánico.

El concepto de necesidad ya lo determinamos en la sección sobre el orden necesario de los jónicos. Para ganar en claridad en la consideración de la necesidad en Galileo, se puede tomar como recurso iluminador la noción de causalidad de Meyerson: el principio general de causalidad es la aplicación del principio de identidad a la existencia de los objetos en el tiempo (MEYERSON, 1929, pág. 38); la identidad involucrada sería sintética, no analítica. Según Meyerson, en la dimensión ontológica rige el principio de causalidad, por tanto, las cosas y el orden legal se conservan en el tiempo. Si se asume el principio de causalidad, entonces ni las leyes ni las cosas cambian en el tiempo. Si nada nace ni perece absolutamente, entonces las leyes y las cosas permanecen en el tiempo (MEYERSON, 1929, pág. 31). Obviamente, las *cosas* aludidas por el autor no pueden ser las que tienen un principio y fin en el tiempo, sino las más sustanciales.



A partir de su concepto general de causalidad, Meyerson distingue dos conceptos especiales: una causalidad concerniente a la *identidad de cosas en el tiempo* y otra causalidad concerniente a la *identidad de relaciones en el tiempo*; para la primera reserva la denominación propia de “causalidad”<sup>43</sup> sin más, mientras que la segunda es denominada “legalidad”. Ésta concierne a las leyes, entendidas, en sentido mecanicista, como relaciones entre cosas observables (MEYERSON, 1929, pág. 28) y no entre sensaciones. La ley establece relaciones entre elementos de hecho que se pueden observar y comprobar directamente. Ejemplo, la bencina hierve a los 80 grados (MEYERSON, 1929, pág. 48).

Entonces, nuestra “necesidad en el orden sustancial” designa lo mismo que la “causalidad” en el primer sentido especial de Meyerson, mientras que nuestra “necesidad en el orden estructural” designa lo que Meyerson denomina “legalidad”.

Por la conservación de la noción general de necesidad y, en particular, por la noción de necesidad sustancial mecánica, Galileo está ligado a los presocráticos, mientras que, por el énfasis que él pone en la *necesidad estructural* aparece su diferenciación moderna.

En primer lugar, que Galileo asuma la necesidad en el *orden sustancial* se pone de manifiesto en toda su aportación de *explicaciones* científicas en las que excluye el libre arbitrio del ámbito natural.

El mismo principio de necesidad en el orden sustancial o principio de causalidad, en el primer sentido especial de Meyerson, se halla formulada en la Jornada Primera del *Diálogo* de 1632. Aquí, en el contexto de la defensa de la heterogeneidad de los movimientos celestes y terrestres por parte de los aristotélicos, con el argumento de los contrarios, y la generación y corrupción fundada en ellos, se dan solo entre elementos terrestres y no en el mundo celeste donde se da el movimiento circular que no implica contrariedad, Galileo reitera su posición de que desde el punto de vista de la generación y la corrupción no hay diferencia fundamental entre la Tierra y los demás cuerpos celestes, y que el movimiento no tiene que ver con la generación ni con la corrupción:

---

<sup>43</sup> También se denomina principio de razón suficiente o determinante porque el principio así denominado señala que nada ocurre sin causa o razón determinante; en otros términos, es la fórmula conocida de igualdad de causas y efectos, cuyo sentido sería que no hay lugar para la creación absoluta ni para la disipación absoluta, concepción conocida desde la antigüedad presocrática hasta la modernidad (MEYERSON, 1929, págs. 17-19). El concepto de causa se refiere, en general, a lo que produce o debe producir algo (MEYERSON, 1929, pág. 42).

Yo, sin embargo, creería que es cosa más fácil probar que la Tierra, cuerpo vastísimo y el más tratable por ser el más próximo a nosotros, se mueve con el movimiento máximo, cual es el de revolucionar sobre sí misma en veinticuatro horas; más fácil, digo, que entender o asegurarse de que la generación y la corrupción se dan entre contrarios; o aún, de que la corrupción y la generación y los contrarios se dan en la naturaleza; y si vos, Sr. Simplicio, me supieseis explicar cuál es el modo de operar de la naturaleza al generar en breve tiempo cien mil moscones con un poco de vapor de mosto, mostrándome cuáles son aquí los contrarios, qué cosa se corrompe, y cómo, os tendría en mayor consideración de la que ahora os tengo, pues yo no comprendo ninguna de estas cosas. Además, tendría mucho gusto en comprender, cómo y por qué estos contrarios corruptivos son tan benignos con las cornejas y tan fieros con las palomas, tan tolerantes con los ciervos como impacientes con los caballos, de modo que conceden a aquéllos más años de vida, es decir, de incorruptibilidad, que semanas a éstos. Los melocotoneros y los olivos tiene raíces en los mismos terrenos, están expuestos a los mismos fríos y a los mismos calores, a las mismas lluvias y vientos y, en suma, a las mismas contrariedades; sin embargo, aquéllos se acaban en breve tiempo y éstos viven centenares de años. Además, *nunca he sido capaz de comprender esa transmutación substancial, hablando siempre dentro de los puros términos naturales, por la cual una materia se transforma de tal manera que necesariamente hay que decir que aquélla fue completamente destruida, ya que nada de su primer ser permanece, y que otro cuerpo nuevo, muy diverso de aquél, se ha generado; y el representarme un cuerpo bajo un aspecto, y dentro de poco bajo otro completamente diferente, creo que es posible que se siga de una simple transposición de sus partes, sin corromper o generar nada nuevo; por lo demás, tales metamorfosis las vemos todos los días.* De modo que vuelvo a repetiros que, si me queréis convencer de que la Tierra no se puede mover circularmente, y esto por la vía de la corruptibilidad y de la generabilidad, mucho tendréis que esforzaros, ya que con argumentos bastante más difíciles, y no menos concluyentes, os demostraré lo contrario. (GALILEI G. , 2011a, págs. 77-78, cursiva agregada)<sup>44</sup>.

El texto permite constatar la convicción galileana de que, en el orden natural, la generación y corrupción de los cuerpos materiales no se puede dar en forma absoluta, es decir, la generación de algo será siempre a partir de algo (de una sustancia material) y la corrupción de algo será siempre en algo (en una sustancia material). En consecuencia, consideramos justo el comentario de Redondi quien afirmó que Galileo asumía que “nada nace de la

---

<sup>44</sup> El pasaje subrayado muestra, en efecto, que, como observa Mariconda (2001b), Galileo continua siendo atomista y que lo seguirá siendo posteriormente en los *Discorsi* de 1638, especialmente en la Jornada Primera de los *Discorsi* sostuvo aún el concepto de constitución atómica de la materia (GALILEI G. , 2001, pág. 589 nota 57).

nada” en el sentido de la vieja tradición griega y en particular de los atomistas griegos (REDONDI, 1990, pág. 280), (Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2001, pág. 273).

De ello concluimos también que para Galileo todo efecto natural (físico) debe tener necesariamente una causa (o causas) del mismo tipo ontológico, es decir, también natural (física); es lógicamente posible también que una causa natural tenga muchos efectos naturales (p.e., el movimiento terrestre causa el efecto sensorial del movimiento diario del Sol, el efecto perceptible del flujo y reflujo de las mareas, el efecto perceptible de las fases de Venus, etc.). Por tanto, Galileo tuvo presente también lo que en la sección sobre la necesidad en los presocráticos denominamos principio de homogeneidad o inmanencia causal (exclusión de una etiología mística); por supuesto dentro de los “estrictos términos naturales” y de la autonomía de la investigación científica natural frente a la opinión teológica, la muy cara autonomía defendida en las cartas a Cristina de Lorena, Dini y Castelli<sup>45</sup>.

El principio de la necesidad en el orden sustancial (principio de causalidad sustancial) está supuesto en múltiples casos de *explicación causal* galileana de los “efectos naturales”. En ciencias físicas el principio de causalidad se aplica, según Meyerson, en el intento de *explicar mecánicamente* el fenómeno. Se encontrará, entonces, en los campos de la física donde interesan las explicaciones; a menos que se crea con los empiristas que la ley empírica explica todo (MEYERSON, 1929, págs. 43-45).

En la “Carta a D. Benedetto Castelli”, escrita el 21 de diciembre de 1613 en Florencia, encontramos la siguiente explicación mecanicista del movimiento de los cuerpos celestes del sistema solar:

Habiendo yo, pues, descubierto y demostrado que necesariamente el globo solar completa una revolución sobre sí mismo en aproximadamente un mes lunar, según la dirección en la que se hacen las demás revoluciones celestes, y siendo, además, muy probable y razonable que el Sol, como instrumento y ministro máximo de la naturaleza, casi corazón del mundo, dé no solamente luz, como claramente da, sino también el movimiento a todos los planetas que giran en torno a él; y, si conforme a la posición de Copérnico, nosotros atribuyésemos a

---

<sup>45</sup> Según Burtt (1960), en el orden de la opinión teológica, no en el orden estrictamente natural, Galileo habría creído en el origen divino de los átomos y del orden necesario.

la Tierra principalmente la rotación diurna, ¿quién no ve que para parar todo el sistema, sin alterar en absoluto el resto de las recíprocas relaciones de los planetas, de forma que solamente se alargase el espacio y el tiempo de la iluminación diurna, bastaría que fuese parado el Sol, como precisamente dicen las palabras del texto sagrado?. He aquí, pues, el modo, según el cual, sin introducir desorden alguno entre las partes del universo y sin cambiar el sentido literal de las palabras de la Escritura, se puede, parando el Sol, alargar el día en la Tierra. (GALILEI G. , 2006, págs. 55-56).

Este pasaje, que le parece extraño a Moisés González por su tono poético y metafísico, y que seguramente escandalizaría a muchos intérpretes empiristas de Galileo, nos parece enteramente lógico y coherente con su mecanicismo, puesto que postula una causa mecánica como el de rotación de un cuerpo material, el Sol, para explicar el movimiento de los demás cuerpos del sistema y sus características ; es decir, que, por ejemplo, la causa del movimiento de los planetas como Marte, Saturno, la Tierra, etc., no sería un primer motor externo al sistema, como señala la tradición, sino simplemente el movimiento del cuerpo material principal e interno del sistema: el Sol.

En *Il Saggiatore* de 1623, la teoría mecánica del calor establece que el *movimiento es causa del calor*. Según Galileo, el calor es una sensación como todas las demás que sólo existen en nosotros o, en general, en el cuerpo sensitivo; fuera del cuerpo sensitivo sería un mero nombre. La sensación del calor es producida por el movimiento mecánico de partículas materiales. El movimiento mecánico de partículas materiales que causan la sensación de calor es denominado genéricamente como “fuego”.

Volviendo a mi primer propósito, y habiendo ya visto cómo muchas sensaciones que son consideradas como cualidades residentes en los sujetos externos no tienen realmente más existencia que en nosotros, ya que fuera de nosotros no son sino nombres, digo que me inclino a creer que el calor es una de estas sensaciones, y que esas materias que producen y nos hacen sentir calor, a las que damos el nombre genérico de fuego, consisten en una multitud de partículas mínimas, configuradas de tal o cual manera, movidas con tal o cual velocidad, las cuales al chocar con nuestro cuerpo, lo penetran debido a su suma sutilidad, y su contacto, realizado en el paso a través de nuestra sustancia, es sentido por nosotros en la sensación que llamamos calor, grato o molesto según la cantidad y velocidad de esas partículas que nos van punzando y penetrando; de manera que grata será aquella penetración por la que se facilita nuestra necesaria e insensible transpiración, y molesta, aquella por la que se da

una gran división y disolución en nuestra sustancia;(…) (GALILEI G. , 1984, pág. 296).

En las sustancias materiales que producen sensación de calor (fuego) sólo existen partículas materiales con ciertas características; pero, no existe otra partícula o alguna característica de tales partículas materiales que pueda denominarse “calor”. Pero, precisa Galileo, que la existencia de partículas materiales no son suficientes para la producción de calor, sino que es necesario el movimiento. “Así, pues, si para excitar el calor no basta con la presencia de las partículas ígneas, sino que se requiere también su movimiento, por ello me parece que se ha dicho con gran razón que el movimiento es causa del calor.” (GALILEI G. , 1984, pág. 297). El fuego consiste, entonces en partículas disueltas y en movimiento. Finalmente, señala Galileo que si la disolución llega al extremo, en átomos realmente indivisibles con una velocidad instantánea, entonces se produce la luz<sup>46</sup>.

La lista de ilustraciones puede ser ampliada e incluir, por ejemplo, la explicación de las mareas, de la aceleración del movimiento mecánico, de las manchas solares, de los cometas, de las sensaciones, de la resistencia de los materiales a la ruptura, de la elasticidad, de los cambios de estado de sustancias materiales, de la flotación, etc., pero en todas el patrón general es el mismo: comprender racionalmente los efectos naturales por causas naturales (físicas o materiales), es decir, aplicación del principio de causalidad sustancial. Por lo tanto, las ilustraciones pueden ser consideradas suficientes.

En segundo lugar, constatamos la asunción galileana de la necesidad en el orden estructural o causalidad estructural (la “legalidad” de Meyerson).

Una introducción de Meyerson: los hombres de ciencia han experimentado una convicción férrea en que la naturaleza está sometida a leyes. “Jamás ningún hombre de ciencia digno de este nombre ha dudado de que la naturaleza esté enteramente sometida, hasta en sus repliegues más íntimos, a la legalidad” (MEYERSON, 1929, pág. 08). Se supone su existencia incluso en los dominios donde aún no se las ha descubierto. En la concepción moderna, todo lo que puede ser previsto está sometido a leyes, donde no hay leyes no hay

---

<sup>46</sup> Carlos Solís (2001) comenta que la luz y el calor no son para Galileo sustancias especiales, sino materia ordinaria, corpúsculos con el tamaño y velocidad adecuadas (MONTESINOS & SOLIS, 2001, pág. 377).

ciencia. “El libre arbitrio, suponiendo que exista, cae, evidentemente, fuera de este domino” (MEYERSON, 1929, págs. 13-14)<sup>47</sup>.

Pensamos que Galileo fue un moderno con férrea convicción en la causalidad estructural o legalidad de la naturaleza. Así, en la “Carta a la señora Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana” leemos:

En vista, pues, de esto, me parece que en las discusiones de los problemas naturales no se debería comenzar por la autoridad de los textos de la Escritura, sino por las experiencias sensibles y por las demostraciones necesarias, porque procediendo de igual modo del Verbo divino, la Sagrada Escritura y la naturaleza, aquélla en cuanto inspirada por el Espíritu Santo, y ésta como ejecutora fidelísima de las órdenes de Dios; y habiendo convenido además que las Escrituras, para acomodarse a las posibilidades de comprensión de la mayoría dicen, aparentemente y si nos atenemos al significado literal de las palabras, muchas cosas distintas de la verdad absoluta; y, por el contrario, *siendo la naturaleza inexorable e inmutable, y sin que sobrepase jamás los límites de las leyes que le han sido impuestos, al no preocuparse para nada que sus ocultas razones y modos de obrar estén o no estén al alcance de la capacidad de los hombres*, parece, pues, que aquello de los efectos naturales que o la experiencia sensible nos pone delante de los ojos, o en que concluyen las demostraciones necesarias, no puede de ninguna forma ser puesto en duda, y tampoco condenado por citas de la Escritura que dijese aparentemente cosas distintas, ya que no todo dicho de la Escritura está ligado a obligaciones tan severas como lo está todo efecto de la naturaleza, ni se nos manifiesta Dios menos excelentemente en tales efectos que en las sagradas palabras de la Escritura. (GALILEI G. , 2006, págs. 95-96, cursiva agregada).

Luego, según Galileo, existen leyes en la naturaleza cuyo cumplimiento, en formas de comportamiento inexorable e inmutable, se realiza independientemente de sujeto. Esta es una concepción ontológica mecanicista de las leyes, puesto que excluye la relación contingente y al sujeto, es decir, el libre arbitrio, del ámbito estrictamente natural<sup>48</sup>.

La índole de la relación causal galileana queda más claramente expresada en la Jornada Cuarta del *Diálogo* de 1632; cuando se trata de explicar las variaciones de magnitud de los

---

<sup>47</sup> Según Meyerson, tras una convicción tan profunda estaría en el instinto de conservación. La previsión es necesaria para la acción. La acción es una necesidad absoluta para todos los animales; no se puede elegir entre creer en la previsión o no creer en ella; tengo que creer en ella si quiero vivir; la conservación de la vida es el más potente de los instintos de los animales (MEYERSON, 1929, pág. 09).

<sup>48</sup> Las leyes, en el sentido moderno galileano de conexión necesaria de la realidad, son denominadas por Bunge como “causación”, “conexión causal” o “nexo causal” (BUNGE, 1997a, págs. 18-19). Y, como señala Cornford, esta relación supone sucesión temporal.

flujos y reflujos del mar en los periodos mensual y anual, habida cuenta que la causa primaria de tales efectos es el movimiento del globo terrestre, Salviati dice:

Digo, pues, que si es cierto que de un efecto una sola es la causa primera y que entre la causa y el efecto existe una constante y firme conexión, siempre que se produzca una constante y firme alteración en el efecto, debe haber una constante y firme alteración en la causa; y dado que las alteraciones que se producen en los flujos y reflujos en diversas épocas del año y del mes tienen unos periodos firmes y constantes, por fuerza ha de decirse que en la causa primaria de los flujos y reflujos se produce una alteración ordenada en los mismos momentos. (GALILEI G. , 2011b, pág. 217).

Aquí se supone que la relación entre causa y efecto es necesaria; y que cualquier variación en el efecto supone por necesidad una variación en la causa<sup>49</sup>. Ahora bien, como Salviati explica seguidamente, si el flujo y el reflujo cambian de magnitud incrementando y disminuyendo su fuerza en los periodos mensual y anual, esto supone necesariamente una variación en el mismo orden en la causa primaria. La variación necesaria en la causa primaria propuesta por Salviati es el hecho de que el movimiento del globo terrestre es compuesto, una resultante del acoplamiento de los movimientos diurno y anual. Salviati descarta que la Luna y el Sol participaran, al menos como causas secundarias, en la producción de los cambios de magnitud de los efectos en cuestión. Como sabemos, actualmente se considera incorrecta la teoría galileana porque considera el movimiento de la Tierra como la causa primaria de las mareas (Newton estableció correctamente que la causa primaria tiene que ver con la fuerza gravitacional del Sol y la Luna); pero, como dice Mariconda (1999), resumiendo las evaluaciones de Cohen, Maury y Burstyn, el valor de la teoría galileana radica en haber incorporado la rotación de la Tierra en el conjunto de las causas, aunque secundarias, de las mareas, consideración sin la cual la teoría newtoniana estaría incompleta; por ello, concluye, las mareas pueden ser tomadas como prueba del movimiento de la Tierra.

---

<sup>49</sup> En el *Discurso sobre los cuerpos que flotan sobre el agua* de 1612, Galileo escribió: “hundimiento y flotación son efectos contrarios, y las causas de los efectos contrarios deben ser contrarios” (GALILEI G. , 2008, pág. 94).

Resulta pertinente mencionar la insistencia con que suele destacarse el hecho de que la conexión necesaria de la ley es un rasgo de las cosas o sus propiedades y el hecho de que tal conexión no puede ser contingente ni concerniente al sujeto<sup>50</sup>. Por nuestra parte, pensamos que el hecho de que el nexo causal sea una relación ontológica y no sea una relación puramente epistemológica es comprensible si recordamos que las sensaciones, según Galileo, son propiedades secundarias; éstas se excluyen del ámbito de interés de la ciencia por no ser reales, según la distinción de *Il Saggiatore*; en cambio, las de interés son las primarias que no son sensaciones. Las leyes de Galileo tienen que ver con propiedades primarias; luego, las leyes galileanas no pueden reducirse a una sucesión de sensaciones. Diríamos con Meyerson que las leyes son relaciones entre cosas (MEYERSON, 1929, pág. 28) o entre propiedades de las cosas. Además, las sensaciones, en el contexto galileano, no son susceptibles de representación matemática, mientras que las propiedades primarias sí.

En la dinámica galileana la relación necesaria se supone en la conexión causal entre los cambios del estado de movimiento o del estado de reposo y la fuerza; por ejemplo, en la aceleración del móvil Galileo supuso una causa y que ésta era una fuerza de atracción o gravedad. Según Burt (1960, pág. 109), la gravedad es uno de los más notables tipos de fuerzas que se suponen. Que lo haya supuesto es un hecho, pues en la Jornada Tercera del *Diálogo* consta que conocía los trabajos del médico inglés William Gilbert sobre el magnetismo y la posibilidad de que la Tierra sea un gran imán. “De las razones que concluyentemente prueben, de facto, que este globo nuestro sea un imán, yo no os he presentado ninguna, ni es este el momento de presentarlas, sobre todo porque más cómodamente las podéis leer en Gilberto” (GALILEI G. , 2011b, pág. 165). Además, como observa Salvatico, si no se considera la causa, el movimiento sería uniforme, un estado que se conserva; pero el movimiento de caída es un movimiento uniformemente acelerado y la aceleración requiere una causa (SALVATICO, 2006, pág. 83).

Pero, como sabemos, de hecho en su investigación de la aceleración de los graves Galileo no se detuvo en el asunto de la causa. Salvatico conjetura (también Koyré) que la razón de

---

<sup>50</sup> Como señala Bunge, la ley en este sentido corresponde a una categoría de índole ontológica, pues tiene que ver con la “conexión y determinación del mundo fáctico, con la interdependencia objetiva de los acontecimientos reales (BUNGE, 1997a, pág. 21). Con ello Bunge desestima la posibilidad de que la conexión causal sea puramente epistemológica, es decir, una relación entre sensaciones o entre ideas.



esta abstención habría sido la dificultad de un tratamiento matemático de la atracción. Burtt, en cambio, lo atribuye a la norma galileana de guardar prudente silencio sobre lo que aún no se conoce bien; no conocemos la naturaleza de la fuerza aún, sólo conocemos sus efectos cuantitativos como movimientos (BURTT, 1960, pág. 110). Sea cual fuere la razón, tal abstención circunstancial no impide afirmar la convicción galileana sobre la existencia del nexo causal ni de su índole necesaria. Pero, lo que debemos destacar es que, ante esta limitación en la búsqueda de verdad, en ninguna circunstancia Galileo cierra absolutamente la búsqueda de causas ni concede lugar para factores de tipo místico y consideraciones antropomórficas, es decir, su silencio es coherente con una concepción mecanicista de la realidad exterior.

## CAPÍTULO II

### OBJETIVIDAD ONTOLÓGICA: LA DIMENSIÓN PROPIA

En el presente capítulo y el siguiente tiene por objeto mostrar que el concepto general de objetividad ontológica, puesto ya de manifiesto en el capítulo que antecede, encierra dos significados distintos: una objetividad relativa a propiedades y otra relativa a elementos; la primera es básica e implica a la segunda; la segunda es derivada. Con esa demostración se aspira a elaborar una caracterización más completa del concepto de objetividad ontológica. En este capítulo me ocupo del concepto de objetividad ontológica más fundamental: el relacionado con los elementos. A este concepto denomino “objetividad ontológica en dimensión propia”. Pongo énfasis en que los *elementos* aludidos son *materiales* y presentan un estatus ontológico *primario*, pero que no son objetos matemáticos abstractos. Esto supone tomar en cuenta un esquema de niveles ontológicos similar, pero no idéntico, al de los físicos griegos presocráticos. Estas nociones subyacen en las consideraciones de los cuerpos y sus componentes mínimos por parte de Galileo.

## 2.1. Objetividad ontológica en sentido propio: tradición científica y tradición mística

En la *Metafísica* (VII, 1, 1028b, 5), Aristóteles hizo referencia a la cuestión eterna de la realidad en los siguientes términos: “La cuestión que se está indagando desde antiguo y ahora y siempre, y que siempre resulta aporética, qué es ‘lo que es’, viene a identificarse con ésta: ¿qué es la entidad?” (ARISTOTELES, 1998, pág. 281). Según Guthrie, el significado de la cuestión consistiría en solicitar una indicación, frente al universo o una cosa que lo compone, de lo que constituye lo esencial, lo importante, lo primero, y lo que constituye lo accidental, lo irrelevante, lo secundario. Las respuestas han sido distintas por una serie de condicionamientos; como señala Guthrie, los filósofos no piensan en el vacío; sus pensamientos son producto de tres factores (GUTHRIE, 1994, pág. 27): (1) su temperamento, (2) su experiencia con el mundo exterior y (3) la tradición de pensamiento anterior.

Considerando estos factores que determinan el pensamiento, dos filósofos responderán de modo distinto a los problemas filosóficos. La diferencia puede ser (GUTHRIE, 1994, págs. 28-30):

- 1) Contradictoria. Por ejemplo, frente al problema del tipo de sustancia material del mundo, se responde que es el agua o que es el aire. Estas respuestas tienen una base común y pueden argüir hechos comunes a la observación de ambos y hasta un pensador podría convencer al otro.
- 2) De género. Por ejemplo, frente al problema: ¿qué es el mundo en último análisis? Uno puede responder: se reduce a cargas eléctricas negativas y positivas; el otro: es una idea en la mente de dios. Son respuestas opuestas y es poco probable una discusión provechosa y un acuerdo satisfactorio. Las respuestas al problema ya mencionado (¿qué es la realidad?) serían, entonces, de distinto género y no simplemente contradictorias. En los antiguos griegos se encuentran dos respuestas: para unos lo esencial es la materia; para otros, lo esencial es la forma o función. Aquí se oponen el materialismo (jonios y atomistas) y la teleología (pitagóricos, Sócrates, Platón y Aristóteles); materia y forma son opuestos; la forma siempre estuvo asociado a la función. Esta división se mantiene hasta hoy.

Las dos respuestas de género han estado presentes principalmente en dos tradiciones de pensamiento filosófico cuyos inicios se remontan al siglo VI a. C. Estas tradiciones han sido distinguidas claramente, por ejemplo, por Guthrie y Cornford.

Desde el punto de vista de la materia (tema) de la que versa la filosofía primigenia Guthrie ha sostenido que hay dos clases de filosofía (aunque considera también una tercera vertiente), clasificación válida, según él, tanto para Grecia clásica como para la época presente (GUTHRIE, 1994, págs. 24-26):

- 1) Especulativa o científica: se trata principalmente de explicar el universo (su naturaleza y origen) en que el hombre vive: el macrocosmos. El motivo de estos estudios es la mera curiosidad.
- 2) Práctica: el tema se concentra en el estudio del hombre, su naturaleza, su lugar en el mundo, sus relaciones con los otros hombres: el microcosmos. En general, el motivo de estos estudios es práctico, esto es, mejorar la vida y la conducta humana.
- 3) Filosofía crítica: su asunto consiste en el pensamiento mismo. Su móvil es crítico, pues se cuestiona la validez de los instrumentos con la que la naturaleza le dotó para el conocimiento del mundo exterior (como cuando empieza a dudar sobre el testimonio de los sentidos). La filosofía adquiere conciencia de sí misma.

De la misma manera, siguiendo a Diógenes Laercio, quien distinguía dos tradiciones, jónica e itálica, Cornford, en el Prefacio a su *De la religión a la filosofía* (CORNFORD, 1984), dice que existían dos tradiciones de pensamiento filosófico, “científica” y “mística”.

Señala la existencia de *dos necesidades* permanentes de la naturaleza humana: (1) necesidad de dominar el mundo haciéndolo inteligible y (2) necesidad de dios y el alma.

A estas necesidades corresponderían *dos impulsos* humanos que actúan hasta la época actual: (1) valoración de la claridad geométrica y (2) valoración de la fe en dios y el alma, subordinando a esta fe todo el valor y significado del universo.

Estos impulsos caracterizan *dos tendencias* (*temperamentos*) en el comportamiento humano conocidos: (1) búsqueda de un modelo conceptual claro de la realidad que explique los fenómenos con la fórmula más simple que pueda encontrarse. Con los atomistas, la supresión de lo “vago” condujo a prescindir de lo divino, del alma, y de la biología. Prevalece la especulación como expresión de la simple curiosidad; (2) búsqueda de la

naturaleza de lo divino y del destino del alma humana. Justificar la fe mediante la razón. No se puede prescindir de dios y el alma. La filosofía de la naturaleza y del carácter racional del mundo constituyen intentos de justificar la fe en dios y el alma. Habría seguido esta línea, por ejemplo, los pitagóricos, Parménides, Empédocles y Platón, etc. Predomina una preocupación práctica por la vida humana en función de dios y el alma; no quieren buscar lo vivo en lo inerte.

Estos dos temperamentos o tendencias han expresado en dos series distintas de sistemas filosóficos sus aspiraciones y visiones de la vida y la naturaleza. Según Cornford (1984), ninguno de los dos temperamentos aparecieron de la nada en la centuria del VI a. C., sino que tienen un antepasado antiguo en la religión: específicamente, en dos tipos de religión, la olímpica y la dionisiaca. Los mismos temperamentos mencionados están en la base de esas religiones y expresan en símbolos míticos sus sentimientos frente a la naturaleza y la vida humana.

Entonces, la respuestas fundamentales a la pregunta ontológica por aquello a lo que se reduce todo están condicionadas por necesidades y actitudes de dos tipos muy distintos de seres humanos. La respuesta de que todo se reduce a elementos materiales corresponde a la tradición especulativa mecanicista y la respuesta de que el elemento fundamental es la forma corresponde a la tradición práctica mística. Lo real, tal como lo entienden las dos respuestas, se conceptúa de manera diametralmente opuesta o, como dice Guthrie, se ajustan a respuestas de género. En la respuesta mecanicista lo real es una condición del elemento material; en la respuesta mística lo real es una condición de la forma.

La cuestión planteada en estos términos es la que denominamos propiamente ontológica, y las respuestas como las mencionadas serán respuestas propiamente ontológicas. Consecuentemente, el concepto de realidad implicado en tales respuestas será el propiamente ontológico. Este constituirá el sentido o dimensión propia o estricta del concepto de objetividad ontológica. De los dos conceptos propiamente ontológicos correspondientes a dos tendencias opuestas nos interesa especialmente el concepto de la tradición mecanicista, porque es el que está presente, en la época moderna, en las concepciones de Galileo. En Galileo está supuesta una respuesta de “género” (en lenguaje de Guthrie): la materia; y también una respuesta “contradictoria” (en lenguaje de Guthrie) a la cuestión del tipo de materia: átomos.

Conviene aclarar que el planteamiento de la cuestión ontológica propia así como las respuestas propiamente ontológicas vienen acompañadas por un concepto de *realidad* que no es propiamente ontológico: es el concepto de sentido común. Las realidades de sentido común constituyen el mundo de los “efectos naturales” perceptibles que las teorías como la del Sol quieto y de la Tierra móvil deben explicar (GALILEI G. , 2006). Este mundo o naturaleza exterior se presenta infinitamente cambiante; incesantemente se modifica en el tiempo (MEYERSON, 1929, pág. 99). Esta concepción de experiencia común, cualitativa, en algún sentido cercana a la concepción aristotélica de sustancias individuales, ha representado, como algunos ponen de relieve, un serio obstáculo para la mecanización y la constitución de una ciencia natural (MONTESINOS, 2004). En este caso se dirá *real* del mundo exterior como totalidad de cosas perceptibles<sup>51</sup>.

De modo distinto a la concepción de sentido común, lo *real* en sentido propiamente ontológico se dirá de la materia (y el tipo de materia) a lo cual se reducen en última instancia las cosas y el mundo.

## 2.2. Objetividad ontológica en la tradición mecanicista griega

Como quedo establecido en el capítulo primero, el principio de realismo ontológico mecanicista galileano y su correspondiente concepto general de objetividad ontológica tienen raíces presocráticas, consecuentemente se mantiene un vínculo con la tradición específicamente presocrática, sin que se hayan puesto de manifiesto aun rasgos distintivos. Y, ahora, cuando se trata de la cuestión ontológica (cuestión del concepto de objetividad ontológica en dimensión propia), es un hecho reconocido que en este punto también Galileo estuvo emparentado con la tradición griega, aunque generalmente se lo vincule con la tradición pitagórica y platónica. Pocos, sin embargo ponen de relieve su vinculación con los presocráticos. Nosotros reforzaremos esta última vinculación al tiempo que determinaremos la diferencia. Consecuentemente, conviene considerar el *ente* que se toma por *real* u *objetivo en dimensión propia* en la tradición mecanicista presocrática, puesto que los

---

<sup>51</sup> En este sentido suele coincidir con el concepto de *naturaleza* de sentido común. Pero también suele utilizarse el término “naturaleza” para denotar el sustrato de elementos materiales; en este caso lo que se utiliza es propiamente la expresión “verdadera naturaleza de las cosas”.

principios de tal tradición constituirán también parte del *sentido ascendente* del concepto de objetividad ontológica en su dimensión propia o estricta para el caso de Galileo.

Ponemos en consideración una sinopsis de la trayectoria de la noción mecanicista de *ente* o “naturaleza de las cosas”, el cual se estimó como real u objetivo en sentido propio, en el periodo presocrático. En este periodo se distingue el momento preparmenídeo (monistas), momento en que tuvo lugar la constitución del original de *naturaleza* de la tradición especulativa científica occidental, y el momento postparmenídeo (pluralistas), en el que tuvo lugar el vaciado del contenido original del concepto de naturaleza. El ente *real* u *objetivo* será el objeto de las especulaciones de la ciencia antigua mecanicista.

### 2.2.1. Momento preparmenídeo

Una de las formulaciones de la cuestión fundamental de los primeros filósofos es así: “¿Cómo surgió un mundo plural y ordenado a partir del primitivo estado de cosas?” (CORNFORD, 1987, pág. 194). La respuesta inicial se concentra en el concepto de *physis* (naturaleza). En este contexto, la pregunta por la *physis* es la cuestión radical.

“*Physis*” designaba, no una realidad o “ente” en particular o una región particular del ente, sino la totalidad, es decir, la *entidad* o *realidad* de todo lo que existe en el mundo: rocas, metales, astros, plantas animales, el hombre, etc.; la *entidad misma* de todas las cosas del mundo era designada por “*physis*”. Según los médicos griegos empiristas, el dogma fundamental de los filósofos naturalistas griegos presocráticos habría sido la afirmación de que “toda la realidad es una única cosa” (CORNFORD, 1987, pág. 54). Postulado físico y metafísico de los primeros filósofos: toda realidad debe estar constituida en última instancia por una o más cosas que no debe estar presente visiblemente en los cuerpos particulares (CORNFORD, 1987, pág. 55). Los cuerpos múltiples particulares son cambiantes (nacen y perecen), pero tras este cambio subyace constante (no nace ni perece) el ente.

Por tanto, según las referencias, el ente es uno; no es una pluralidad.

Según Aristóteles, en *Metafísica*, I, 3, 983b, 5-10, para los primeros filósofos, el principio fundamental de todas las cosas fue de carácter *material*:

De los primeros que filosofaron, la mayoría pensaron que los únicos principios de todas las cosas son de naturaleza material; y es que aquello de lo cual están constituidas todas las cosas que son, y partir de lo cual primeramente se generan y en lo cual últimamente se descomponen, permaneciendo la entidad por más que ésta cambie en sus cualidades, eso dicen que es el elemento, y eso es el principio de las cosas que son, y de ahí que piensen que nada se genera ni se destruye, puesto que tal naturaleza se conserva siempre... (ARISTOTELES, 1998, págs. 80-81).

Los primeros filósofos consideran la *physis* material como algo suprasensible; es material en el sentido de *extensa* pero *intangible*, por tanto, distinta del cuerpo visible y tangible, es decir, era una *realidad metafísica*. Era del mismo orden que el éter, al punto de que podía ser objeto de un tratamiento matemático *a priori*. Era posible considerar alguna de sus propiedades y a partir de ella deducir consecuencias lógicas. Pero, esta particular condición metafísica de intangibilidad no habría conducido a considerarla hipotética o inexistente. Según Cornford, la *physis* no fue considerada simplemente como una entidad postulada, hipotética, sino que todos coincidían en considerarla como una *realidad última que existe de verdad*<sup>52</sup>; si ninguno la consideró hipotética fue porque nadie la inventó sino que la tomaron de la representación religiosa anterior a la filosofía<sup>53</sup>. La cuestión que esta concepción planteó fue: la relación de la *physis* como entidad metafísica suprasensible con el mundo sensible; cómo se puede llegar partiendo de ella al mundo sensible (CORNFORD, 1984, págs. 161-163).

En su sentido original *naturaleza* –naturaleza de las cosas- es el último material del que surgieron las cosas del universo y en la cual éstas se sumen cuando llegan a su fin. En su significado originario *physis* recoge el sentido de *crecimiento*, asociado a los conceptos de movimiento y vida<sup>54</sup>. No está asociado a los conceptos de quietud y muerte, como lo sería en el caso de que *physis* significara “materia prima”, como pretende la interpretación aristotélica y escolástica. La *physis* es tan moviente como material; es materia

---

<sup>52</sup> Los filósofos naturales solían utilizar el título “Sobre la naturaleza (*physis*) o lo Existente” para sus obras, y esta práctica habría sido también contemporánea a Protágoras (GUTHRIE, 1994, pág. 79).

<sup>53</sup> Más aun, más allá de la religión, sus raíces estarían en la época del pensamiento mágico (CORNFORD, 1984)

<sup>54</sup> La diferencia fundamental entre monistas y pluralistas en la consideración o no del movimiento intrínseco del elemento: monistas son los filósofos preparmenídeos, que identificaron ser, vida y movimiento, mientras que son pluralistas los postparmenídeos, (por ejemplo, los atomistas) que negaron la vida al ser, reduciendo la explicación del movimiento a cambios cuantitativos y locales (SEGURA, 2001).



autocambiante o automotor y viva (CORNFORD, 1984, pág. 20). Por el movimiento intrínseco era considerado como algo vivo, con alma, divino (divino en el sentido de inmortal e imperecedero). En este sentido se dice que la *physis* es aún una noción “filosófica religiosa” que se refiere a una sustancia con propiedades míticas; “todos los milesios concibieron sus materiales primarios como seres vivos; de ahí que todos ellos hayan sido llamados hilozoistas” (CORNFORD, 1987, pág. 215), aunque también otros no milesios como Jenófanes, Heráclito, Diógenes de Apolonia, Anaxágoras, habrían considerado *el ente como ser vivo*.

Las condiciones referidas, en efecto, suelen atribuirse a la concepción de la realidad de Tales de Mileto, lo que constituye lo poco que se sabe de él. Según Heráclito Homérico, Tales habría afirmado que “el principio era el agua” (BERNABÉ, 2008a, pág. 48). Aristóteles fue de la misma opinión y refirió, además, en *Metafísica*, I, 3, 983b, 20, que la convicción de Tales habría estado relacionada con algunas observaciones como las siguientes. “El alimento de todos los seres es húmedo y que a partir de ello se genera lo caliente mismo y de ello vive (pues aquello a partir de lo cual se generan todas las cosas es el principio de todas ellas) –tomando, pues, tal idea de esto, y también de que las semillas de todas las cosas son de naturaleza húmeda, y que el agua es, a su vez, el principio de la naturaleza de las cosas húmedas” (ARISTOTELES, 1998, pág. 81).

Según Cornford, Tales fue el primero que identificó el “agua” con la materia autocambiante y viva; a Tales atribuye el apotegma: “el Todo tiene un *alma* en él y está pleno de *espíritus*” (CORNFORD, 1984, pág. 19). Con esta opinión sobre el agua de Tales coinciden muchos otros como Robín quien entiende que los componentes del cosmos tienen un “alma”, tal como se dice que un animal lo tiene, pero “alma” en un sentido naturalizado de “vida”, “movimiento”, y por ello el primer filósofo habría sido catalogado como *hilozoista* (ROBIN, 1926, págs. 47-54). Ortega y Gasset, atribuyó a Tales la sentencia “todos está lleno de dioses”; pero advirtió que constituiría un error interpretarla en un sentido religioso porque el concepto de dios ya no supone lo excepcional, sagrado o extraordinario, sino tan solo lo ubicuo y trivial, esto es, los dioses se han convertido en simples cosas. Más propiamente, los dioses son algo que reside en cada cosa como los *principios* o *causas* naturales de su realidad y de su comportamiento. Por ello, según Ortega y Gasset (1998,

pág. 97), el nuevo modo de pensar de los jonios como Tales hacen del mundo una “realidad sustantivamente profana”.

Por tanto, el sentido profano de *naturaleza* o realidad de las cosas (*physis, rerum natura*) admite el movimiento sólo en un sentido impersonal y autónomo, y su formulación en un lenguaje místico religioso obedece, como dice Cornford, a su larga historia en la religión anterior a la filosofía (CORNFORD, 1984, págs. 16-17)<sup>55</sup>.

Una mayor determinación de la naturaleza o realidad viviente se encuentra en Anaximandro. La concepción de realidad objetiva o naturaleza objetiva de Anaximandro se resume en los fragmentos ya citados; se trata de los fragmentos 1, 2, 3 y 6 traducidos por Alberto Bernabé sobre la base de textos de Aristóteles y de Diels y Kranz:

1. El principio de los seres es indefinido...y las cosas perecen en lo mismo que les dio el ser, según la necesidad. Y es que se dan mutuamente justa retribución por su injusticia, según la distribución del tiempo.
  2. Es eterno y nunca envejece (lo indefinido).
  3. Es inmortal e indestructible (lo indefinido).
  - (...).
  6. Que lo abarca todo y todo lo gobierna (lo indefinido).
- (BERNABÉ, 2008a, pág. 56).

La concepción de Anaximandro presenta como condición fundamental de lo real o ente (naturaleza de las cosas) la identidad absoluta de lo material indefinido.

Resalta el sentido cosmológico y cosmogónico de la *physis* de Anaximandro. Algunos estiman que habría sido el primero en formular una teoría sistemática del mundo; de la materia de que está hecho y del proceso de desarrollo desde la unidad de la “cosa ilimitada” hasta la pluralidad de las cosas (CORNFORD, 1984, pág. 20). El actual orden del mundo no es eterno. Tiene un comienzo en el tiempo y que el punto inicial o estado inicial (lo ilimitado) fue más simple y en el que las partes del actual orden no se distinguían aún; fue caracterizado como imperecedero o inmortal (CORNFORD, 1987, págs. 194-195).

---

<sup>55</sup> Otros, aunque conceden que algunas ideas de los primeros filósofos pudieran tener raíces antiguas, incluso fuera de la tradición griega, no siempre precisan, como Cornford, que estuvieron bajo un ropaje místico religioso. Por ejemplo, se afirma que los grandes sabios de Grecia bebieron de los manantiales de Babilonia y Egipto. “Muchas de las teorías que hoy se atribuyen a los filósofos griegos, probablemente ya eran conocidas con anterioridad en Egipto o Babilonia” (FERNÁNDEZ & MONTESINOS, 2007, pág. 79). En cambio, autores como Thomson no tienen problemas en señalar raíces en la mitología babilónica para la concepción de Tales (THOMSON, 1988).

Del material unitario inicial se originan los opuestos. Los opuestos son cosas, no propiedades. “Los opuestos de Anaximandro no son cualidades, sino cosas” (CORNFORD, 1987, pág. 214). Se toma distancia de la interpretación de Aristóteles según la cual los opuestos serían cualidades de la sustancia. La causa de la separación radica en el movimiento eterno (CORNFORD, 1987, págs. 196-197)<sup>56</sup>. Los opuestos constituyen la base de la formación de otras cosas, incluidas las especies animales. Según Anaximandro, los vivientes se originan por la interacción de fuerzas opuestas. No fueron creadas, pues en los sistemas de los milesios no hay evidencias de un creador o artífice divino; por tanto, tuvieron que nacer o tener una génesis a través de un proceso cósmico (CORNFORD, 1987, pág. 205).

La noción de la separación, según Cornford, se encuentra ya anticipada en las concepciones religiosas griegas que preceden la emergencia del pensamiento filosófico. En la cosmogonía de Hesíodo se encuentra la misma asignación de dominios del sentido original de Moira. La supremacía de la Moira frente a los dioses se presenta de manera temporal, esto es, que la separación en regiones es más antigua que el nacimiento de los dioses. Encontramos una división del mundo en tres regiones (cielo, tierra seca y el mar). Esta separación no ocurre por acto de engendramiento, sino por división, repulsión y discordia. De las cuatro regiones naturales así divididas surgieron los dioses posteriormente. La división del mundo, entonces, ya se encuentra en la religión antes que en la filosofía. Tanto en religión como en filosofía éste orden es primario y moral. El orden físico está preservado por poderes que castigan la trasgresión (Erinias o el aspecto tenebroso de las Moirai). Anaximandro se habría apropiado de este ordenamiento cosmogónico con todo su carácter moral de la religión politeísta, pero la novedad aportada por Anaximandro consistió en concebir que el ordenamiento primordial sea un producto de una causa mecánica, del movimiento eterno, reemplazando a los dioses por los elementos (CORNFORD, 1984, págs. 31-33).

---

<sup>56</sup> Algunos precisan que es el movimiento de rotación o “remolino” el que generó la separación de los opuestos: lo caliente y lo frío, lo seco y lo mojado. Todo el universo está compuesto de fuego, aire, agua y tierra, que corresponden a dos parejas de opuestos. El mundo de Anaximandro presenta un ciclo eterno de nacimiento y muerte, está gobernado por el principio de disolución periódica o cambio cíclico; esto tiene la implicación de que lo que cambia retorna repetidamente al estado del cual ha salido y, por tanto, permanece inalterable. Esta fue una idea nueva respecto a la tradición (THOMSON, 1988, pág. 194).

Por tanto, la cosmogonía de Anaximandro constituye ya una concepción que se aproxima más a una concepción mecanicista por su concepción de orden mecánico del mundo, aunque bajo el supuesto aun de materia intrínsecamente dinámica y no bajo el supuesto de una materia inerte tal como será el caso de algunos postparmenídeos.

Por tanto, las referencias historiográficas indican que en los milesios el *ente* de la concepción original habría sido un elemento material, único, existente, suprasensible, permanente en cuanto subyace al cambio de las cosas complejas, con dinamismo intrínseco impersonal autónomo. De él emerge mecánicamente un mundo con un orden mecánico, no teleológico. De un *ente* con tales condiciones se dice que es “real” u “objetivo” en sentido ontológico mecanicista propio o estricto.

El filósofo puede acceder a tal realidad mediante la razón, entendimiento o mente, porque la razón tiende a buscar la identidad subyacente tras el cambio y que explique el cambio. Esto constituye el fundamento del método filosófico; método que será entonces una herramienta adecuada para el acceso a lo *real*. Por ello, según Guthrie, los milesios especialmente pueden considerarse como filósofos (GUTHRIE, 1994, págs. 32-34). Este método se aplica en el tratamiento de los problemas filosóficos y éstos, según Guthrie, cambian poco en el tiempo.

### 2.2.2. Momento postparmenídeo

Los postparmenídeos pluralistas distinguen dos niveles ontológicos (CORONADO, 1988):

- 1) Nivel de lo simple: cumple las exigencias de la razón, es decir, lo permanente, increado, inengendrado, etc. Lo simple se aplica a los principios, “archai”, de los *substrata*. Cumple la función del Ser de Parménides. Los presocráticos posteriores a Parménides afirman una pluralidad de principios o elementos. Empédocles postula en el nivel elemental cuatro raíces y dos fuerzas activas, amor y odio. Anaxágoras postula semillas u homeomerías y un factor ordenador distinto, el *nous*. Los atomistas postulan átomos, vacío y azar como factor.
- 2) Nivel de lo compuesto: satisface al concepto de lo sensible o sensorial, es decir, pluralidad cambiante, generación y corrupción, alteración, cambio. Lo compuesto se aplica a las cosas.

Los cambios (nacimiento, alteración, muerte) no se predicán de los principios o simples. Se predicán de las cosas o compuestos. El cambio es racionalmente comprensible en su propio ámbito, es decir, el ámbito de lo compuesto. (Las cosas ¿tienen el principio de inteligibilidad en sí mismos?)

El cambio se conceptúa así: el *nacimiento* es el resultado de la unión o mezcla de elementos; la *muerte* es la disgregación de elementos; la *alteración* o cambio parcial es una combinación o disgregación parcial de las relaciones entre los elementos del compuesto, pero que no afecta a la unidad de la cosa o compuesto (CORONADO, 1988).

Por tanto, “cambio” adquiere un sentido nuevo. Ya no implica el paso del *no-ser* al *ser* y viceversa, sino tan solo combinación o separación de elementos.

Parménides representó una inflexión en la reflexión sobre la naturaleza. No hay propiamente una pregunta por la *physis* en el sentido original milesio, es decir, una *physis* que exige necesariamente el movimiento. Parménides, al establecer la inmutabilidad del Ser contribuyó a la desaparición del sentido original de *physis* (SEGURA, 2001).

Parménides niega rotundamente la realidad del cambio y, consiguientemente, niega todo valor al conocimiento empírico. De este modo deja para la posteridad planteada la cuestión de rescatar la realidad del cambio respetando los criterios de racionalidad griega (CORONADO, 1988), es decir, proponer un sistema lógicamente coherente que explique el cambio del mundo sensible.

El cambio se entendía como el pasar del *no-ser* al *ser* o viceversa. En este sentido, no se puede entender racionalmente. No se puede entender que el *no-ser* de origen al *ser*. Habría una inconsistencia lógica en afirmar un arché para el cambio, pues no se puede afirmar un principio como fundamento permanente y afirmar al mismo tiempo que tal principio deja de ser para ser una cosa cambiante.

La posición parmenídea, entonces, niega el cambio y afirma el ser inmutable, es decir, disocia ser y *physis* o, como también se dice, la unidad de *physis* y *ser* propia del sentido original de *physis* se torna problemática.

Si no aceptamos la propuesta de Parménides y de todos modos se pretende conservar a la vez la realidad del cambio perceptible y la realidad del ser parmenídeo, entonces queda el desafío de sostener coherentemente y simultáneamente lo permanente y lo cambiante. Los

sistemas pluralistas de Empédocles, Anaxágoras y Demócrito, justamente responderá a ese desafío (SEGURA, 2001).

Los sucesores y discípulos de Parménides sustituyen la preeminencia de la *physis* por la de los “elementos”. Si bien estos podrían ser la *physis* última, lo cierto es que han perdido los rasgos esenciales de la *physis* de los filósofos anteriores a Parménides. Los nuevos “elementos”, sin embargo, conservan los rasgos exigidos del ser de Parménides: “indestructibles, ingenerables e invariables” (SEGURA, 2001). El cambio se explica apelando a tales elementos inertes, a su unión, separación, cantidad y al azar. La *physis* original ha perdido ya sus rasgos de automovimiento, de “vida”, “poder propio”, *dynamis*, siendo reducida a “materia inerte” que para justificar el origen del movimiento exige otro principio distinto.

En resumen, con Parménides, la *physis* en su sentido original ha desaparecido, y se sustituye, ahora, por una naturaleza o realidad que presenta las propiedades de eternidad e inmutabilidad; y con los postparmenídeos, además, el ente único es reemplazado por una pluralidad de elementos. Entre estos últimos estuvo Demócrito.

### **a) Entes sin peso**

El atomismo griego antiguo ha presentado dos fases bien marcadas en su desarrollo: el clásico y el epicúreo.

El atomismo clásico se desarrolló en la segunda mitad del siglo V a. c. Las bases de las que partieron Leucipo y Demócrito no habrían sido físicas sino lógicas y metafísicas, esto es, los principios de Parménides (BERNABÉ, 2008b). En efecto, Aristóteles, en *Acerca de la generación y la corrupción* 325a23, fragmento editado por Bernabé, dice que Leucipo hizo concesiones tanto a los que sostenían la realidad del cambio y la multiplicidad de las cosas perceptibles como a los que

Postulan la unidad, la de que no existe movimiento sin vacío, afirma que el vacío no es, y que nada hay en el ser que no sea, dado que lo que es, en sentido propio, es completamente pleno. Ahora bien, tal ser, según él, no es uno sino múltiple en cantidad, mas son seres invisibles por la pequeñez de su masa. Se

desplazan en el vacío –pues hay vacío- y su combinación produce la generación y su disolución, la corrupción. Ejercen acciones y las padecen en la medida en que se da el caso de que entran en contacto, pues de este modo es como no hay unidad. Al agruparse y entrelazarse dan lugar a la generación. Y es que de aquello que es verdaderamente uno no podría surgir una multiplicidad, ni de lo que es verdaderamente múltiple, una unidad, pues ello es imposible. (BERNABÉ, 2008a, pág. 314).

En base a este texto de reconocimiento de su filiación eleática y otros textos se pueden resumir los planteamientos del atomismo clásico de Leucipo y Demócrito:

- 1) Lo auténticamente real se reduce a átomos y vacío. Según Aristóteles (*Metafísica*, I, 4, 985b, 5), Leucipo y Demócrito habrían sostenido que “son elementos el lleno y el vacío” (ARISTOTELES, 1998, pág. 87). Ambos constituyen la *naturaleza* de las cosas. En el Fragmento 168, Demócrito denomina a los átomos “naturaleza” y señala que éstos “se desparraman por alrededor” (BERNABÉ, 2008a, pág. 298). Dada la realidad del vacío, éste también amerita tal denominación.
- 2) Los átomos son invisibles por su pequeñez. Los átomos son muy pequeños. Aristóteles (*Acerca de la generación y la corrupción* 325a23) refiere que Leucipo creyó que los átomos “son seres invisibles por la pequeñez de su masa” (BERNABÉ, 2008a, pág. 314).
- 3) Los átomos son sólidos y no participan del vacío; por tanto, son indivisibles e inmutables (indestructibles). Según Simplicio (*Acerca del cielo* 242.18), Leucipo, Demócrito y Epicuro consideraban los átomos “indivisibles e impasibles, por ser compactos y no participar del vacío” (BERNABÉ, 2008a, pág. 317).
- 4) Los átomos carecen de peso. Un texto de Aecio (*Opiniones de los filósofos* 1.12.6) atribuye a Demócrito decir que: “los cuerpos primeros, esto es, los compactos, carecían de peso, pero que se movían en lo infinito por su mutuo impacto” (BERNABÉ, 2008a, pág. 317).
- 5) Son infinitos en número. En el texto de Simplicio (*Acerca del cielo* 242.18), se lee que Leucipo, Demócrito y Epicuro consideraban que “los principios...eran innumerables” (BERNABÉ, 2008a, pág. 317).

- 6) Tienen movimiento local en diferentes direcciones en el vacío. En *Acerca del Cielo*, 300b8, Aristóteles atribuye a Leucipo y Demócrito el haber sostenido que “los cuerpos primeros se mueven sin cesar en el vacío” (BERNABÉ, 2008a, pág. 317). Y Alejandro de Afrodisias (*Metafísica* 36.21) les atribuye el haber dicho que “los átomos se mueven por colisiones y choques mutuos” (BERNABÉ, 2008a, pág. 317).
- 7) Hay diferencia entre átomos. Según Aristóteles (*Metafísica*, I, 4, 985b, 10), las diferencias (entre átomos) “dicen que son tres: figura, orden y posición” (ARISTOTELES, 1998, pág. 88). Según Simplicio (*Acerca del cielo* 242.18), en el pensamiento de Leucipo, Demócrito y Epicuro los átomos difieren “por sus figuras y tamaños, así como por su posición y disposición” (BERNABÉ, 2008a, pág. 318).
- 8) El vacío (también denominado espacio) es el *no-ser*. Pero es un existente tan radical como el *ser* (el pleno, el átomo). No puede dejar de existir, no cambia él mismo ni cambia a los átomos. Según Demócrito, en Fragmento 156, “algo no tiene más existencia que nada” (BERNABÉ, 2008a, pág. 297); esto quiere decir que la nada (el vacío) es tan existente como algo (el pleno, átomo). Según Simplicio (*Física* 28.4), Leucipo habría postulado que el vacío, al que llama no ser, “no es menos real que el ser” (BERNABÉ, 2008a, pág. 315). El vacío es necesario para el movimiento mecánico de los átomos y si éstos son infinitos requieren también un espacio infinito. Esta idea se admitía en la época de los atomistas; lo “ilimitado” se redujo al vacío infinito y a infinitos cuerpos atómicos. El espacio físico, así como el espacio geométrico, no puede tener límites. Es a partir de este concepto y del dogma de la necesidad de existencia de infinitas partículas elementales materiales que los atomistas dedujeron que debía haber infinitos mundos que nadie pudo haber visto. Ambas premisas mencionadas fueron ajenas al pensamiento monista del siglo VI a.C. (CORNFORD, 1987, pág. 214).
- 9) Con los elementos, el vacío y el movimiento mecánicos, los atomistas clásicos pretendieron explicar el comportamiento de los compuestos. En el texto de Simplicio (*Acerca del cielo* 242.18), se lee que los átomos separados en el vacío infinito “se desplazan en el vacío, y cuando coinciden unos con otros chocan y unos salen rebotados en cualquier dirección, mientras que otros se entrelazan entre sí, de



acuerdo con la congruencia de sus figuras, tamaños posiciones y disposiciones, y permanecen juntos. De este modo dan nacimiento a los cuerpos compuestos.” (BERNABÉ, 2008a, pág. 318). También se dice que las causas de las cosas compuestas son las diferencias de las propiedades de los átomos. Según Aristóteles (*Metafísica*, I, 4, 985b, 10), “las diferencias (entre átomos) son la causa de las demás cosas” (ARISTOTELES, 1998, pág. 88)<sup>57</sup>.

- 10) Las sensaciones se reducen a movimiento y contacto de átomos externos de distinta figura y tamaño con superficies de compuestos sensibles (Aristóteles, Aecio, Teofrasto) (BERNABÉ, 2008a, págs. 319-321). Por tanto, bajo las variedades de los compuestos y la variedad de sus cambios perceptibles subyacen sus verdaderas propiedades inherentes a ellas mismas<sup>58</sup>.

### **b) Entes pesados**

El atomismo epicúreo empezó a desarrollarse a finales del siglo IV a. C. por obra del filósofo Epicuro, fundador del epicureismo helenístico. Se adscribe a esta escuela el poeta romano del siglo I a. C. Tito Lucrecio Caro, cuya obra *De Rerum Natura* es una fuente imprescindible para conocer las ideas epicúreas.

El atomismo epicúreo mantiene los planteamientos fundamentales del atomismo clásico con algunas variantes.

---

<sup>57</sup> En todo nivel de acontecimientos, las colisiones y combinaciones de elementos invariables son las que desplazan el papel causal de los dioses y los excluyen del mundo natural (HEIDEL, 1946, págs. 41-42). Bajo este enfoque mecanicista consumado, del alma o vida de los jónicos sólo queda el movimiento mecánico y de los caracteres divinos sólo queda la invarianza de los átomos. Pero la materia privada de vida haría que algunos como Aristóteles preguntaran por la causa del movimiento mecánico de los átomos, cuestión pendiente para los atomistas posteriores.

<sup>58</sup> Lo auténticamente real no varía como lo que se percibe; tras las facultades de la percepción y las sensaciones mismas sólo hay colisiones de entidades invariables (CORNFORD, 1980, págs. 27-28). Como dice Ramspeger, para Demócrito, las apariencias serían producto de sus relaciones con otros objetos, con las circunstancias externas, tales como rayos del sol, de la luna, con los ojos, con la posición del observador, etc. Las propiedades aparentes no son propiedades de las cosas mismas. En consecuencia, Demócrito se habría propuesto descubrir las verdaderas propiedades de las cosas y explicar la relación existente entre las verdaderas propiedades y las aparentes. Para ello, de los fundamentos ontológicos habría derivado la estrategia general de explicar la variedad y el cambio en términos de redistribución de elementos fijos y simples (RAMSPERGER, 1946, pág. 16).

- 1) En la cuestión de la auténtica naturaleza o realidad, Epicuro (Fragmentos B, VII) sostuvo que la naturaleza del Universo y de la realidad toda son los cuerpos y el vacío: “13. La naturaleza del Universo son los cuerpos y el vacío” y “14. La naturaleza de la realidad son los cuerpos y el vacío” (EPICURO, 2009, pág. 109). Así también, según Lucrecio (*De rerum natura*, I, vv. 418-448)<sup>59</sup>, la naturaleza consiste en cuerpo y vacío. “Toda la naturaleza por tanto, tal cual es por sí, consiste en dos cosas: pues hay cuerpos y vacío” (LUCRECIO, 2003, pág. 74). Por tanto, los cuerpos y el universo compuesto de cuerpos existen realmente. El pensamiento de Epicuro (*Epístola de Epicuro a Heródoto*, 39), es que el universo existe y existen los cuerpos (EPICURO, 2009, pág. 51).
- 2) Igual categoría de existencia se atribuye al vacío. En la *Epístola de Epicuro a Heródoto*, 40, Epicuro escribió: “si no existiera lo que denominamos *vacío, espacio y realidades intangibles*, los cuerpos no tendrían lugar alguno donde estar ni tampoco por donde moverse, precisamente como es claro que se mueven.” (EPICURO, 2009, pág. 51). El vacío existe, según Lucrecio (I, vv. 330-335), así como para los primeros atomistas, y se conceptúa como un espacio receptáculo e intangible; “así pues, existe un espacio intangible, vacío y desocupado. Si no existiese esto, de ningún modo podrían moverse las cosas” (LUCRECIO, 2003, págs. 70-71); por tanto, la función del vacío será la de cumplir con la condición necesaria para posibilitar el movimiento mecánico. Por otro lado, según Lucrecio (I, vv. 335-340), la función de la materia consiste en “oponer resistencia y obstaculizar”; ésta la razón por la que si sólo existiese materia y no existiera el vacío, entonces el movimiento mecánico de los cuerpos no sería posible (LUCRECIO, 2003, pág. 71). En este punto encontramos una suerte de criterio general de existencia material. Así, Lucrecio (I, vv. 440-448), escribió:

Todo lo que exista por sí, o ejercerá una acción, o deberá él mismo soportarla cuando otros actúan, o será tal que las cosas puedan existir y producirse en él. Pero ninguna cosa puede actuar y sufrir sin cuerpo, ni tampoco ofrecer un espacio si no es lo vacío y desocupado. Así pues, aparte del vacío y los cuerpos, no puede quedar por sí en el número de las cosas ninguna tercera naturaleza,

---

<sup>59</sup> En lo que sigue las referencias a los textos de Lucrecio corresponden a *De rerum natura*.

que ni puede caer en ningún momento bajo el dominio de nuestros sentidos, ni nadie puede concebirla con el razonamiento de su mente. (LUCRECIO, 2003, pág. 75).

Sólo los cuerpos elementales y el vacío pueden cumplir con la condición de existencia objetiva auténtica. El átomo es una entidad que presenta una serie de aspectos que se destacan a continuación.

- 3) Figura. Cada átomo posee una figura, pero las figuras no son infinitas; es decir, para los infinitos átomos hay un número finito de clases de figuras; pero los átomos con una figura de una clase determinada son infinitos. Este es el pensamiento de Lucrecio (II, vv. 522-525), cuando dice que las figuras de los átomos son finitas, pero los átomos de la misma figura son infinitos (LUCRECIO, 2003, pág. 121).
- 4) Indivisibilidad. En *Epístola de Epicuro a Heródoto*, 42, Epicuro señala que los átomos son “cuerpos indivisibles y completos, de los que se forman y en los que se disuelven los cuerpos compuestos” (EPICURO, 2009, pág. 52); es decir, los cuerpos no sólo son los indivisibles sino también los divisibles. En (*Epístola de Epicuro a Heródoto*, 40) dice que “unos cuerpos son compuestos, y otros aquéllos a partir de los que se forman los compuestos” (EPICURO, 2009, pág. 51). Si bien los átomos son indivisibles, ello no quiere decir que carezcan de partes, pero estas partes mínimas son inseparables entre sí. Según Lucrecio (I, vv. 601-627), el átomo consta de mínimas partes que no se pueden separar; cada una de éstas “existe sin partes, consta de la mínima materia y nunca ha existido aparte por sí ni podrá existir separada en el futuro, puesto que ella misma es parte primera y unitaria de otra cosa” (LUCRECIO, 2003, págs. 81-82). Aquí radica, además, la explicación de la diversidad finita de figura y tamaño del átomo (II, vv. 481-499) (LUCRECIO, 2003, págs. 119-120).
- 5) Inmutabilidad. Según Epicuro (*Epístola de Epicuro a Heródoto*, 54), los átomos no cambian absolutamente nada, lo cual tiene que ver con su solidez y su indisolubilidad; los elementos no experimentan transposiciones, son incorruptibles, no tienen naturaleza cambiante, tienen por el contrario “masas y configuraciones propias”. Ahora bien, según Epicuro, esta naturaleza invariable es necesaria para no llegar al absurdo de que el cambio proceda de la nada o conduzca a la nada. En las

disoluciones de los compuestos debe subsistir el átomo, que de esta manera “no reducirá a la nada ni traerá de la nada los cambios, sino que los tratará en muchos cuerpos como simples transposiciones y en algunos como accesos y recesos” (EPICURO, 2009, pág. 58). La inmutabilidad está asociada a la indivisibilidad; y sólo a ésta, sino también a la solidez y a la eternidad. Según Lucrecio (I, vv. 485-550), los átomos son sólidos, indestructible, indivisibles y eternos; “a los elementos primordiales de las cosas ninguna fuerza puede destruirlos; pues al final terminan ellos venciendo por la solidez de su cuerpo” (LUCRECIO, 2003, pág. 77). “Existen cuerpos que están dotados de materia sólida y eterna (v. 500); “los cuerpos primeros son sólidos y sin vacío” (v.510) (LUCRECIO, 2003, pág. 78). La solidez cumple la importante función de poner un límite a la destrucción de las cosas; además en ella radica toda la potencia de los átomos, pues ella permite la dureza de las rocas y los metales y también explica la blandura de algunas cosas (LUCRECIO, 2003, pág. 80).

- 6) Peso. Este es un rasgo característico del atomismo epicúreo introducido frente al problema de la causa del movimiento de los átomos<sup>60</sup>. Según Lucrecio, los átomos se mueven hacia abajo por peso o gravedad. “Ninguna cosa corpórea puede por su propia fuerza ir hacia arriba y moverse hacia arriba” (II, vv. 185-186). Más bien, en relación a las cosas mismas, no se puede dudar que “por el espacio vacío todas se mueven hacia abajo” (II, vv. 201-203) (LUCRECIO, 2003, pág. 110).
- 7) Movimiento eterno. Según Epicuro (*Epístola de Epicuro a Heródoto*, 43-44), “los átomos se mueven continuamente...durante toda la eternidad”; este proceso está permitido por el vacío y “la dureza que asiste por principio a los átomos hace que salgan despedidos impetuosamente a una distancia proporcional al choque con otros átomos, hasta un lugar donde el entramado de los átomos permita la reanudación del proceso tras un nuevo entrechoque. Y no hay principio de esta serie de procesos, siendo sus causantes los átomos y el vacío” (EPICURO, 2009, pág. 53). También

---

<sup>60</sup> El atomismo de Demócrito y Leucipo fue criticado por Aristóteles por no explicar el movimiento de los átomos. Se dice que la innovación de Epicuro consistió en la introducción del peso como propiedad de los átomos, junto a la figura y el tamaño. Rodríguez señala que esta posición implicaba asumir en parte la teoría de los lugares naturales de Aristóteles. Pero, a diferencia del estagirita, no habría sostenido que los átomos del fuego y del aire tengan un movimiento natural hacia arriba (RODRIGUEZ DONIS, 1997).

Lucrecio (II, vv. 83-85), reitera que todos los átomos vagan por el vacío, es decir, “todos los principios de las cosas sean arrastrados bien por su propia gravedad bien por el golpe al azar de otro” (LUCRECIO, 2003, pág. 106). Lucrecio (II, vv. 295-307) sostuvo que la materia y el movimiento son eternos:

Pues nada la incrementa ni se pierde de ella nada. Por ello, en el movimiento en el que ahora se hallan los cuerpos de los elementos primeros, en el mismo se ha hallado antes en el tiempo pasado y se moverán en el futuro siempre de la misma manera, y las cosas que suelen engendrarse se engendrarán en las mismas condiciones, y existirán, crecerán y serán vigorosas con su fuerza en la medida que se le haya otorgado a cada una por las leyes de la naturaleza. Y ninguna fuerza puede modificar el conjunto de las cosas; pues no existe nada [fuera] adonde pueda escapar del universo alguna clase de materia ni de donde surgiendo una fuerza nueva pueda irrumpir en el universo, cambiar la naturaleza entera de las cosas y alterar sus movimientos.” De este modo, también el movimiento se concibe como una constante, si los átomos se mueven en las actuales circunstancias, también lo estuvieron en el pasado y lo estarán en el futuro (LUCRECIO, 2003, pág. 113).

- 8) Movimiento hacia abajo. El movimiento por el peso del átomo es en caída. En efecto, Lucrecio afirma que los átomos se mueven hacia abajo por su peso o gravedad. “Ninguna cosa corpórea puede por su propia fuerza ir hacia arriba y moverse hacia arriba” (II, vv. 185-186). A pesar de que percibimos que algunas cosas como el fuego y los leños secos introducidos en el agua se mueven hacia arriba, “sin embargo en estas cosas, en lo que es en sí mismas, no dudamos, creo, de que por el espacio vacío todas se mueven hacia abajo” (II, vv. 201-203); si se mueven hacia arriba es por una fuerza externa que los obliga, pero por su propio peso deben moverse hacia abajo (LUCRECIO, 2003, pág. 110).
- 9) Mínima desviación. Lucrecio afirma que los átomos se mueven hacia abajo en línea recta pero que en un momento y tiempo indeterminado sufren una pequeña desviación. “Cuando los átomos van hacia abajo en línea recta a través del vacío por su propio peso, en un momento bastante indeterminado y en indeterminados lugares se desvían un poco de su trayectoria, apenas para que puedas decir que se ha modificado el movimiento” (II, vv. 217-221). El propósito de la introducción de esta desviación fue explicar el origen de las cosas, porque con sólo el movimiento

recto hacia abajo no se explicaría tal origen; pero tampoco se puede explicar postulando sólo diferencias de peso de los átomos, de modo tal que los más pesados en caída más rápida pudiesen chocar con los más ligeros en caída más lenta. Este último planteamiento se rechaza considerando que “todas las cosas que caen a través del agua y el ralo aire, éstas es preciso que aceleren sus caídas en razón de sus pesos, puesto que la sustancia del agua y la naturaleza sutil del aire no pueden retardar por igual cualquier cosa, sino que ceden más deprisa vencidas por las más pesadas” (III, vv. 230-234). La mayor o menor aceleración, entonces, estaría en función de la resistencia del medio (más sutil, más denso) en que se mueve el cuerpo. Pero si se postulara una condición de resistencia cero, entonces la velocidad de caída del cuerpo no dependería de la diferencia de peso, es decir, los cuerpos podrían caer con la misma velocidad independientemente de la diferencia de sus pesos. “Pero por el contrario desde ninguna parte y en ningún momento puede el vacío desocupado ofrecer resistencia a ninguna cosa sin seguir cediendo siempre, como exige su propia naturaleza; por tanto, deben todas las cosas a través del vacío inmóvil moverse igualmente rápidas a pesar de las desigualdades de sus pesos” (II, vv. 235-240). Por ello, no se puede explicar el origen de las cosas tan sólo postulando diferencias de pesos y velocidades de los cuerpos, pues en el vacío el peso es irrelevante. Por tanto, es necesario postular una desviación mínima que no quiere decir que se postule un movimiento oblicuo. Para explicar la constitución de las cosas se requiere del peso, del choque y de la mínima desviación en tiempo y lugar indeterminados (LUCRECIO, 2003, págs. 111-113)<sup>61</sup>.

- 10) Suprasensibilidad. Los átomos, que son la causa del nacimiento, desarrollo y destrucción de los cuerpos compuestos, son tan diminutos que no es posible su percepción. En efecto, Lucrecio (I, v. 265) dice: “Los elementos esenciales de las

---

<sup>61</sup> Para la mayoría de los estudiosos modernos, la teoría del *clinamen* constituiría un intento de eludir el determinismo físico y moral, o, en otro sentido, introducir el azar como indeterminación local y temporal. Pero no habría proporcionado una explicación causal de la desviación. Según Rodríguez, hay detractores y defensores de la teoría del *clinamen* de Epicuro; por ejemplo, Cicerón habría sido un detractor, y Lucrecio, Diógenes de Oenoanda y Marx lo habrían ensalzado. La doctrina de Epicuro es un indeterminismo, porque sostiene que los átomos chocan entre sí pero al azar, es decir, que no sabemos cuándo ni dónde. Epicuro no puede señalar la causa del choque, porque los átomos tienen peso y caen en líneas paralelas en el vacío infinito; ni siquiera se explica el desvío ni en qué grado. La libertad tampoco se puede explicar por este recurso (RODRIGUEZ DONIS, 1997).

cosas no pueden verse con nuestros ojos” (LUCRECIO, 2003, pág. 68). Pero, no sólo invisibles sino, en general, se dice que son imperceptibles, incluyendo, obviamente, la intangibilidad (percepción por el tacto)<sup>62</sup>.

- 11) Propiedades y cualidades variables. Según Lucrecio (I, vv. 449-458), desde un punto de vista ontológico, aparte de los cuerpos y el vacío sólo hay propiedades, y éstas son de dos clases: esenciales (propiedades en sentido propio, que no se pueden separar de la naturaleza de las cosas) y accidentales (que se pueden separar de la naturaleza de las cosas). “Todas las cosas que tienen nombre, o las hallarás como propiedades de estas dos realidades o las verás como accidentes de ellas. Propiedad esencial es lo que jamás puede apartarse ni separarse de una cosa sin la destructiva disgregación de la misma, como lo es el peso para las piedras, el calor para el fuego, la fluidez para el agua, el contacto para todos los cuerpos, la intangibilidad para el vacío. Por el contrario, la esclavitud, la pobreza y las riquezas, la libertad, la guerra, la paz, todo lo demás con cuya presencia o alejamiento permanece incólume la naturaleza de un ser, a esto solemos llamarlos, como es justo, accidente.” (LUCRECIO, 2003, págs. 75-76). Según Epicuro (*Epístola de Epicuro a Heródoto*, 54), los átomos poseen sólo las siguientes cualidades que también las poseen las cosas visibles: forma, peso, tamaño y algunas que son necesariamente connaturales a la forma; los cuerpos visibles se supone que poseen otras cualidades además de éstas, pero el átomo no las posee. Epicuro tiene presente que las cualidades

---

<sup>62</sup> Pero, algunos sostienen que los átomos son tangibles. Según esta última opinión, por ejemplo la de Cornford, los átomos son esencialmente cuerpos tangibles; y si no se pueden percibir por nuestros sentidos esto se debe sólo a que son muy pequeños (CORNFORD, 1987, pág. 43). La posición de Epicuro en cuanto al concepto de realidad tangible habría sido la descrita por Platón en el Sofista: sólo es real lo que se puede coger con las manos y ofrece resistencia al tacto; la realidad se define como el cuerpo; desestima que lo real sea algo que carezca de cuerpo. Lo real tiene naturaleza corpórea. Lo real es el cuerpo y un cuerpo es esencialmente algo tangible. Lo tangible es lo susceptible al tacto y el tacto tiene que ver con la sensación. Todas las formas de sensación se reducen al tacto, es decir, que los otros órganos sensoriales sería una especie de tacto. Luego, el mundo perceptible o tangible es real. Por tanto, el conocimiento verdadero sería el conocimiento del mundo perceptible o tangible. En consecuencia, la única vía de acceso a lo real (método o criterio) será la sensación. Igualmente se sigue que el conocimiento de lo real debe reducirse al conocimiento sensorial táctil de los cuerpos (CORNFORD, 1987, págs. 28-29). Opinamos que la interpretación de Cornford no resultaría contraria a la suprasensibilidad del átomo si se toma en cuenta que el acceso a los átomos (por su tamaño) no es prácticamente o de hecho posible por la vía de los sentidos, pero que en principio, o en teoría, deberían ser perceptibles; la postulación de átomos es racional, pero el control de tal postulación debe ser empírico. En este sentido, podría no resultar paradójica la ontología y la teoría empírica del conocimiento de los atomistas.

mencionadas (como todas las cualidades de las cosas sensibles) cambian, mientras que el átomo no cambia (EPICURO, 2009, pág. 58). Por otro lado, si bien se postula que los átomos poseen, en principio, propiedades comunes con los cuerpos perceptibles, pero de ello no se deduce que los átomos posean cualidades accidentales. Según Lucrecio (II, vv. 854-864), los átomos carecen de propiedades que solo existen con la participación de un sujeto sensible: “deben los elementos primeros de las cosas no aportar olor propio suyo a la generación de las cosas ni sonido, puesto que no pueden emitir nada de sí, ni por análoga razón, en fin, sabor alguno ni frío ni tampoco calor ardiente ni tibio y lo restante, cosas que, al ser sin embargo de tal naturaleza que son mortales –de cuerpo blando las flexibles, las frágiles de quebradizo, las porosas de ralo-, es necesario que estén todas apartadas de los átomos, si debajo de las cosas queremos poner inmortales cimientos, en los que se apoye la totalidad de su salvación, no sea que te vuelvan a la nada todas las cosas por entero.” (LUCRECIO, 2003, pág. 132). Por tanto, las cualidades que sólo se dan en la sensación son consideradas mortales y, por esta razón, no pueden ser parte de los inmortales elementos. No sería solo el hecho de que varían sino el hecho de que son percibibles, susceptibles de llegar a fin.

- 12) Materia universal. Los átomos infinitos son los componentes últimos de todo el universo y el vacío infinito permite su movimiento eterno. Epicuro (*Epístola de Epicuro a Heródoto*, 41), plantea que el universo es infinito (EPICURO, 2009, pág. 52). Lucrecio (I, vv. 951-1052), también señala la infinitud del universo, sí como la infinitud de la materia y del vacío (LUCRECIO, 2003, págs. 94-98). Además, así como los átomos singulares, según Epicuro (*Epístola de Epicuro a Heródoto*, 39), el universo como totalidad es inmutable y eterno (EPICURO, 2009, pág. 51). Con esto tiene que ver también la idea de la posibilidad de innumerables mundos, y ésta es una idea original en los atomistas. La idea de innumerables mundos que nacen y perecen en el espacio infinito corresponde a la época de los atomistas, y no hay testimonios de que haya surgido antes (CORNFORD, 1987, pág. 213).

Por tanto, la noción de *ente* y, en consecuencia, el concepto de *realidad* u *objetividad* (o naturaleza) en sentido ontológico propio (pues sólo al *ente* se aplica este sentido),



estuvieron presentes desde sus raíces milesias hasta la forma mecanicista acabada de los atomistas griegos.

Según las referencias historiográficas, en el periodo presocrático postparmenídeo aparece la *concepción mecanicista de una pluralidad de entes (átomos) inertes con movimiento mecánico en el vacío*, superando la concepción del *único ente* material dinámico original.

Todos los atomistas reconocen, por un lado, un grado de realidad o existencia a lo que se percibe sensorialmente y, por otro, un grado de realidad o existencia suprema al ser y al no ser. Ser y no ser tienen en común la existencia o realidad pero se distinguen en que el ser posee masa pequeña y es pleno mientras que el no ser no posee ni lo uno ni lo otro. Ocurre que todos los entes son existentes pero no todo existente es un ser (sustancia); el no ser (vacío), no es, pero existe. Por tanto, ni las cosas perceptibles ni el no ser serán entes; los únicos entes serán las minúsculas masas plenas. Los entes necesariamente deben ser múltiples para explicar la multiplicidad de las cosas, porque es imposible que la unidad engendre la multiplicidad ni viceversa. El ser (ente) es el auténtico existente o auténtica realidad, pero no es el único existente o única realidad. Existente es lo mismo que real. Existentes o realidades en sentido propiamente ontológico serán los entes (sustancias).

El atomismo clásico y el epicúreo coinciden en que el *ente* es el átomo; la diferencia y novedad del segundo consiste fundamentalmente en conceder al átomo peso, movimiento hacia abajo y una desviación.

De los referentes del concepto de *ente* de los atomistas (átomos o sustancias) se predicará, entonces, que son *objetivos* en sentido ontológico mecanicista propio o estricto.

Pero “objetivo o “real” no se dicen sólo de entes sino también de cosas perceptibles y del vacío; para estos casos la objetividad o realidad no tendrá sentido ontológico propio, en el contexto del mecanicismo.

Se considera que el concepto de objetividad ontológica en su dimensión propia ha jugado papel central en la ciencia mecanicista antigua. La filosofía presocrática fue fundamentalmente un intento por comprender la estructura y esencia de la realidad física

(CORONADO, 1988). La cuestión abordada fue la de la fuente generadora de todas las cosas, es decir, la *physis* como principio (*arché*) de las cosas o como sustrato<sup>63</sup>.

Según Cornford, la ciencia primigenia busca representaciones inteligibles o explicaciones (*logos*) del mundo; no busca leyes que den cuenta de la sucesión de causa y efecto en el tiempo. Este modelo debe ocupar el lugar de los mitos. No distingue siempre entre representaciones explicativas y procesos de génesis. Su interés está en analizar el mundo tal y como es ahora; el enfoque es estático pues atiende a la estructura, la composición, al orden; no es un enfoque temporal de causa y efecto como el de la ciencia moderna.

Cornford sostiene que la línea científica del pensamiento racional, la ciencia primitiva, tiene por meta perfeccionar y simplificar un modelo conceptual del mundo que comienza con la noción de *physis* (ente), es decir, representar formas y contornos de las partes del mundo y establecer un plano nítido del cosmos. Para conseguir esa meta, parte de un aspecto de la *physis* que puede ser objeto del enfoque estático, esto es, su rasgo de ser “sustancia material que llena el espacio” (materia extensa).

Posteriormente, se excluyen de ella el alma, la vida, dios (estos no se pueden analizar ni someterse a medida exacta; no es posible trazar un mapa de la energía vital); lo que queda de dios es solo la inmutabilidad y del alma solo el movimiento mecánico, ambas como propiedades de la materia. El ideal de esta ciencia fue la geometría como ciencia de la medida del espacio. Sus desarrollos debían apuntar a ella. Ese ideal se concretó en el atomismo (CORNFORDE, 1984, págs. 166-168).

La breve revisión de la trayectoria del mecanicismo antiguo permite conceder a Cornford toda la razón: fue fundamental para la filosofía presocrática mecanicista determinar aquello a lo cual todo se reduce, esto es, reducir lo complejo mutable a lo simple inmutable, al *elemento*<sup>64</sup>, a la sustancia, al ente, del que se dice “objetivo” o “real” en sentido propio

---

<sup>63</sup> En su “Introducción” de 1944 a la Física de Aristóteles, Guillermo de Echandía decía que la cuestión mencionada era una cuestión de la Física y la Física era la Filosofía. “Para los jonios, y quienes hicieron suya su herencia, lo que desde Andrónico se llamó metafísica sería simplemente física” (ARISTÓTELES, 1995, pág. 31). La Física o *peri physeos* era una “ciencia omnicomprendiva”. Su sentido particular era preguntarse por la *physis* como “origen y fundamento, presente y actuante en la generación y en la corrupción” (SEGURA, 2001). Era un intento de comprender el cambio, el devenir; un intento de conocer el origen del llegar a ser y la constitución de lo que ya es.

<sup>64</sup> Según Heidel, Aristóteles habría determinado que un elemento es aquello en lo que se disuelven los otros cuerpos, pero que el elemento mismo no se disuelve en otro distinto. Comprender un objeto significaba analizarlo en sus elementos, y éstos no podían ser objeto de ulterior análisis; los elementos eran los

ontológico. Dado el reconocimiento de algún grado de realidad u objetividad al mundo perceptible complejo y cambiante, la práctica especulativa atomista tuvo que otorgar especial interés a su explicación apelando a los entes, su comportamiento y propiedades.

### 2.3. Dimensión propia de la objetividad ontológica mecanicista en Galileo

La filiación atomista de Galileo ha sido una cuestión bastante discutida. Parte de la discusión y la aceptación de la filiación atomista en aspectos importantes ha sido ya mencionada (Vid., *supra*, 1.3.2., c); corresponde en este lugar hacer la constatación en el caso particular de la ontología ya que este aspecto ha sido descuidado en la historiografía. Sobre este punto es digno de mención reiterada el trabajo de Pietro Redondi.

En “El atomismo de Galileo”, Redondi considera que el vínculo de Galileo con el atomismo tuvo lugar, especialmente, a través de la física de Lucrecio (REDONDI, 2001a). Todo pesa, todo cae; como los átomos de Lucrecio, también los cuerpos de Galileo caen en el vacío con la misma velocidad acelerada. La ontología fundamental atomista consiste en la pesadez y fluidez universales (categorías lucrecianas) (REDONDI, 2001a). Otros datos que sustentan la opinión de Redondi estarían en el *Diálogo* de 1632 donde se mencionaría que nada se crea y nada se destruye<sup>65</sup>; en el *De Motu* de 1590, donde Galileo habría defendido la idea atomista de que los cuerpos están dotados de peso; en el *Discorso sui galeggianti* de 1612, donde habría una coincidencia galileana con Demócrito sobre la hipótesis de que el agua se compone de “átomos redondos y desligados, y el fuego de

---

constituyentes originarios del objeto analizado (HEIDEL, 1946, pág. 55). Los antiguos naturalistas consideraban que el *elemento* era concreto material. Después de Empédocles, señala Heidel, los elementos fueron limitados a cuatro, pero esta tipología era tenida por grosera y solo para efectos prácticos, pues sabían que, por ejemplo, el agua no era propiamente un elemento porque no era homogénea. El concepto de elemento, al principio, no estaba claramente definido y tenía un sentido fundamentalmente práctico y concreto. Por ejemplo, se consideraba el número y la “unidad” como sólidos o números concretos, pero recién alrededor de la época de Platón el elemento o unidad se empieza entender como un objeto abstracto (mónada). La noción de unidad adquiere mucha importancia en el contexto de las discusiones de los eleáticos sobre el uno y los muchos y los problemas del movimiento. Los eleáticos identificaron el “uno” con “homogéneo”, planteando con ello la necesidad de profundizar el concepto de elemento y concluir que si las propiedades están presentes actualmente en la materia y son permanentes entonces debe haber un número de elementos. No se sabe quién fue el autor ni cómo fue sugerido el concepto de “elemento” (HEIDEL, 1946, págs. 56-58).

<sup>65</sup> Aspecto que ya corroboramos en la Sección 1.3.2., d.

ignícolas puntiagudos y veloces”. Redondi concluye que el atomismo es el alfa y el omega de la física corpuscular de Galileo y denuncia la poca importancia brindada al aspecto ontológico, privilegiando el aspecto gnoseológico, en algunos representantes de la historiografía; también reprocha a Koyré, Drake y Dijksterhuis el negar toda relación de *Discorsi in torno a due nuove scienze* con el atomismo antiguo (REDONDI, 2001a).

Determinada ya en la sección precedente la concepción atomista antigua del *ente* que se puede considerar real u objetivo en sentido ontológico propio, corresponde ahora determinar si en Galileo encontramos específicamente un pensamiento similar.

Pensamos que una forma eficaz de zanjar la cuestión consiste en considerar en primer lugar si la actividad científica de Galileo es similar aun a la práctica explicativa de los atomistas griegos. No debemos olvidar, como señalamos al final de la sección precedente, la investigación atomista busca explicar la diversidad y el cambio perceptible por el comportamiento de entes inmutables y sus propiedades inherentes; la explicación atomista apela, entonces, a *entes* que se dicen reales u objetivos en sentido propio.

Ahora bien, en la actividad científica de Galileo es el caso que encontramos aun este tipo de explicación en la investigación<sup>66</sup> (este aspecto ha sido mencionado ya también: Cf. *supra*, 1.3.2., b) por ejemplo, en el campo de la explicación de las sensaciones (en este caso se da el esquema de explicación por corpúsculos pero éstos no son los entes tal como lo entienden los atomistas), la naturaleza del calor, la luz, la expansión de la materia, etc.; debemos reconocer que, como veremos en el capítulo 3, no toda la investigación galileana es de este tipo (como el caso de la dinámica, y hechos relativos al cielo), pero esta es otra cuestión. En este punto la cuestión es si Galileo utiliza elementos similares al de los atomistas griegos en sus explicaciones, de los cuales se puedan decir que son existentes, reales u objetivos en sentido ontológico propio.

La cuestión de la naturaleza de los elementos de la materia concitó el interés de Galileo de manera incidental, pues los problemas que concentraron toda su atención fueron fundamentalmente astronómicos y mecánicos. Los átomos supuestos en las explicaciones galileanas han sido caracterizados de manera distinta en momentos distintos del desarrollo del pensamiento galileano.

---

<sup>66</sup> La explicación de Galileo va de lo ontológico a lo fenoménico (GARCÍA DE GURTUBAI, 2012).

En su trayectoria científica fueron tres las ocasiones en que abordó el problema de manera incompleta y no detallada: en las investigaciones sobre la flotación de los cuerpos, luego de su retorno a Florencia en 1610; en el debate sobre los cometas en 1616; y, finalmente, cuando examinó el fundamento matemático de la teoría atómica en los *Discorsi* de 1638. Estos momentos constituyen, según Shea (2001), tres fases en el desarrollo de sus ideas sobre la naturaleza y el papel de los átomos. Las referencias a estas fases constituye ya un asunto muy reiterado; en la literatura sobre el asunto, en español, encontramos por ejemplo los de Álbar García de Guturbai (2012) y Jesús Ruiz (2009).

Con el propósito ya señalado exponemos un recuento de tal trayectoria.

### **2.3.1. Entes aun extensos**

En sus primeras épocas aun encontramos en Galileo una idea de átomo más aproximada a la de los atomistas antiguos.

Según Shea (1983), las referencias a la hipótesis atómica, por parte de Galileo, están registradas por primera vez en el *Discurso sobre los cuerpos que flotan sobre el agua* de 1612. Aquí se plantearía el tema de la constitución atómica de la materia, especialmente en relación al agua y al fuego, en el contexto de la discusión sobre un problema de hidrostática: el de los cuerpos flotantes.

El objetivo de la publicación de 1612 habría sido, según Shea, demostrar en términos arquimedianos que la única causa de la flotación o el hundimiento de los cuerpos era la mayor o menor gravedad específica del sólido en relación al medio. Según Shea (2001), este principio implicaba que el medio era discontinuo y estaba compuesto de partículas separadas, átomos.

Sobre la naturaleza del agua, Galileo rechaza la concepción de Colombo de que aquella posee propiedades tales como viscosidad, tenacidad y continuidad, por constituir una multiplicación innecesaria de propiedades. La concepción galileana en cambio, según Shea (1983, pág. 47), habría establecido que “el agua es un cuerpo discontinuo compuesto de átomos”.

En otro momento del debate con Colombo, nuevamente se presenta el tema del atomismo en relación a un experimento consistente en llenar hasta una marca hecha en la mitad de una botella de cuello largo y estrecho y ponerla sobre fuego de carbón. En el experimento se considera el papel de los átomos de fuego.

Si quiere pues usted ver sensatamente de dónde deriva ese incremento, observe con diligencia y verá que a medida que se multiplican los átomos de fuego en el agua muchos se reúnen y forman pequeños glóbulos que suben en gran cantidad y se escapan de la superficie. Cuanto mayor es su número, más agua sube por el cuello de la botella, y si mantiene la botella sobre las brasas durante bastante tiempo, verá muchos miles de glóbulos que suben y escapan. *Estos, Sig. Colombo, no son, como usted cree, vapores generados por algunas partes del agua que cambian y se transmutan en vapor debido al calor del fuego.* Esto es obvio, porque si remueve usted los carbones cuando ya se han ido varios miles de glóbulos, y espera hasta que se marchen también los que estaban más dispersos y eran, por esta razón, invisibles, comprobará que el agua desciende lentamente hasta que al final queda, sin perder ni siquiera una gota, en el mismo nivel marcado en el cuello de la botella. Si repite usted mil veces la operación, verá millones de esas pequeñas esferas de fuego atravesar el agua sin que el agua descienda el espesor de un cabello. Afín de estar más seguro de los resultados, después de colocar el agua en la botella, puede sellarla con cristal. Podrá entonces dejar la botella sobre las brasas durante meses y verá siempre que los glóbulos suben, pasan al otro lado y penetran en el aire, y no se consumirá nunca, ni siquiera en cien años, una sola gota del agua encerrada. (Galileo, *Risposta alle opposizioni del S. Lodovico delle Colombe e del S. Vincenzo di Grazia*, Firenze 1615), citado por Shea (1983, pág. 49 cursiva en el original).

Según Shea, Galileo quiso poner de relieve con este experimento que el agua sube por el cuello de la botella antes de la ebullición, y esto se explica porque miles de átomos de fuego con gran velocidad atraviesan el cristal, capturan los átomos de agua y los elevan en el aire. En definitiva, el agua y el fuego están compuestos de átomos.

En la primera época, entonces, Galileo habría afirmado que los átomos son denominados así, no porque carezcan de extensión (*non quanti*), sino porque, siendo los mínimos corpúsculos, no se dan otras menores que puedan ser divididas. Según Shea, Giorgio Coresio habría atacado la concepción galileana de los átomos ígneos. Coresio habría supuesto que los átomos son indivisibles porque no son extensos. Galileo habría respondido

señalando que Coresio está equivocado en ese supuesto, porque los átomos son tales no por carecer de extensión sino porque son los más pequeños y no pueden haber otros más pequeños en los que pueda dividirse.

El Académico Incognito no logró atacar los ardientes átomos de Galileo, pero Giorgio Coresio no perdió la oportunidad de lanzar una andanada de argumentos peripatéticos. Expuso no menos de veinticinco objeciones contra el atomismo de Galileo; y Benedetto Castelli, que recogió el guante por su maestro, respondió con una descarga de dieciocho refutaciones. Galileo rescató la discusión científica del humo de la retórica, y limitó su crítica a dos puntos. En primer lugar, sostiene que Coresio se equivoca al suponer que los átomos son indivisibles dado que “los átomos no se llaman así porque no sean extensos (*quanti*), sino porque, al ser los corpúsculos más pequeños, no hay otros más pequeños en que puedan dividirse. (SHEA, 1983, pág. 48).

Según Shea, la respuesta de Galileo revela una concepción del átomo que aun concuerda con la del *Discurso* de 1612: lo esencial del átomo no es la indivisibilidad por ausencia de extensión, sino el ser indivisible por ser un mínimo, esto es, por ser el límite de la división (no habría otro menor en el que pueda dividirse). Posteriormente Shea (2001) comentó esta posición señalando que Galileo parece haber creído que los átomos son prácticamente indivisibles pero no intrínsecamente o necesariamente indivisibles. El hecho es que, tras los hechos observables Galileo supone una realidad material. Esta materia consiste en corpúsculos mínimos extensos; rasgos que también encontramos en la concepción atomista griega. Según nuestro parecer, lo nuevo está en el mayor poder de los átomos ígneos de alta velocidad que se mueven hacia arriba y pueden cargar átomos de agua. Esto no concordaría con los átomos del atomismo epicúreo.

### **a) Estatus ontológico de los cuerpos divisibles**

Ahora bien, hay que destacar que, en este contexto, los cuerpos divisibles con sus propiedades esenciales son también *reales* u *objetivos*, así como los entes *indivisibles* que son las que nos interesan. Sin embargo, los cuerpos divisibles sólo tienen un estatus ontológico derivado.

Este aspecto ha sido ya objeto de comentarios por parte de historiadores como Koyré. Los cuerpos reales tienen gravedad; los movimientos reales de cuerpos son movimientos de graves; un cuerpo sin gravedad no es real. Lo real material es grave. Galileo pensó que el movimiento inercial lineal no era posible porque el movimiento en línea recta sólo tendría lugar en un móvil sin gravedad, pero un cuerpo sin gravedad no es real; por tanto, el movimiento en línea recta no es real (KOYRE, 1981, pág. 257). Por eso la bala con peso no vuela en línea recta sino en curva. El movimiento real es el movimiento de los cuerpos graves en la Tierra; para este movimiento el plano horizontal es una circunferencia (KOYRE, 1981, pág. 260). Ni en los *Discorsi* fue capaz de hacer abstracción de la gravedad, a pesar de que los *Discorsi* representa un grado de mayor abstracción del pensamiento galileano; por ejemplo el plano horizontal en el que el movimiento permanece eternamente es un plano geométrico infinito y la velocidad se conserva, no es una superficie esférica. Pero si el plano falta, entonces el cuerpo cae (KOYRE, 1981, págs. 260-262). Así, se detiene el proceso de abstracción. En consecuencia, incluso en un mundo que no sea la Tierra, donde el plano horizontal sea una recta geométrica y no una circunferencia, el cuerpo en movimiento será real, es decir, grave. Es que, como comenta Koyré, la gravedad o pesantez es una propiedad intrínseca, “constitutiva e inseparable del cuerpo físico” (KOYRE, 1981, pág. 263); eliminar la gravedad de hecho (algo imposible) equivaldría a eliminar la realidad física de hecho. Y hacer abstracción de la noción de pesantez en el pensamiento (en el análisis) equivale a quitarle el *carácter físico* (real) al análisis matemático o geométrico, esto es, a realizar un análisis de matemática o geometría pura.

Por tanto, el concepto de objetividad ontológica aplicado en estos contextos es fundamentalmente el *derivado* porque se aplica a cuerpos divisibles y graves. Este concepto podría tal vez pasar por el propiamente ontológico si no fuera por la existencia de los átomos con especial estatus ontológico. Éstos son indivisibles y la existencia de átomos ígneos hacen dudar que sean graves (cuerpos como los que son objeto de comentario de Koyré); pero esto no obsta para que Galileo los suponga existentes en el mundo exterior.



### 2.3.2. Elementos de la luz

Galileo retomó la discusión sobre la constitución última de la materia en 1618 en la controversia sobre los cometas. En esta ocasión la opinión aristotélica en boga era que el vapor de la atmósfera terrestre era el producto de la rotación de la esfera celeste (SHEA, 2001). Galileo rechazaba esta opinión y contrariamente sostenía que el movimiento como tal no produce ningún cambio, pero que la fricción y la compresión eran agentes del calor, en el que hay involucrado un proceso de disolución de un cuerpo material en partes muy sutiles.

#### a) Explicación de las sensaciones

Un ejemplo notable de explicación por sustancias materiales se encuentra en *El Ensayador (Il Saggiatore)* de 1623 donde encontramos en funciones a la “materia o sustancia corpórea” o “cuerpos sólidos bastante materiales” en movimiento, pero estas sustancias no necesariamente son los átomos porque muchas de aquéllas son compuestos divisibles y los átomos no lo son.

Las exigencias de la crítica lo obligaron a compatibilizar su concepción del átomo con el problema de la naturaleza de las sensaciones (SHEA, 2001). En las explicaciones de la aparición de las sensaciones, Galileo utiliza un esquema muy parecido al antiguo esquema de explicación de fenómenos a partir de cuerpos externos materiales utilizado por los atomistas. El ejemplo por extenso está en *El Ensayador*, del cual es pertinente citar la siguiente conclusión:

Así pues, que en los cuerpos externos, para explicar en nosotros los sabores, los olores y los sonidos, se requiera algo más que magnitudes, formas, cantidades y movimientos lentos o veloces, yo no lo creo; considero que eliminados los oídos, la lengua y las narices, sólo quedan las figuras, los números y los movimientos, pero no los olores, ni los sabores, ni los sonidos, los cuales, sin el animal viviente, no creo que sean otra cosa sino nombres... (GALILEI G. , 1984, pág. 295).

Por tanto, Galileo tuvo la convicción de que para explicar las sensaciones<sup>67</sup> sólo se requieren la existencia de corpúsculos externos con magnitudes, formas y movimientos que entren en contacto con nuestros sensores; pero no se involucra directamente la participación de los indivisibles (átomos)<sup>68</sup>. Veamos la explicación de la producción de la sensación de calor y al mismo tiempo la explicación de la naturaleza del fuego como su agente.

Galileo creyó que la sensación de calor era como las otras de olor, sabor, sonido, tacto, que no existe como tal en los cuerpos calientes del mundo exterior al sujeto sensible.

...Digo que me inclino a creer que el calor es una de estas sensaciones, y que esas materias que producen y nos hacen sentir calor, a las que damos el nombre genérico de fuego, consisten en una multitud de partículas mínimas, configuradas de tal y cual manera, movidas con tal o cual velocidad, las cuales al chocar con nuestro cuerpo, lo penetran debido a su suma sutilidad, y su contacto, realizado en el paso a través de nuestra sustancia, es sentido por nosotros en la sensación que llamamos calor, grato o molesto según la cantidad y velocidad de esas partículas que nos van punzando y penetrando; de manera que grata será aquella penetración por la que se facilita nuestra necesaria e insensible transpiración, y molesta, aquella por la que se da una gran división y disolución en nuestra sustancia; así pues, la operación del fuego, por sí misma, no consiste más que en moverse, penetrar con su máxima sutilidad todos los cuerpos, disolviéndolos más pronto o más tarde según la multitud y la velocidad de las partículas ígneas y la densidad o rareza de la materia de esos cuerpos; algunos de estos, al deshacerse, se convierten en otras partículas ígneas, y así va siguiendo la disolución mientras existen materias disolubles. (GALILEI G. , 1984, págs. 296-297).

La causa del calor es el fuego. El fuego consiste en multitud de partículas sutiles (“partículas ígneas”) configuradas de alguna manera y que se mueven con cierta velocidad. La sensación de calor se produce por penetración y contacto de tales cuerpecillos con nuestro cuerpo.

---

<sup>67</sup> Galileo se abstuvo de explicar la sensación de *ver*, en razón de su poca comprensión del tema como señaló expresamente (GALILEI G. , 1984, pág. 296).

<sup>68</sup> Para los atomistas de la época de Galileo, la percepción no es una participación indirecta en la realidad del mundo, sino una interpretación subjetiva de la disposición física de los corpúsculos que impactan con el aparato sensorial (SHEA, 2001).

Con la referencia a esta explicación de la sensación de calor hemos querido poner de relieve el modo típicamente mecanicista de explicación por acción de unos cuerpos con otros: el contacto que involucra partículas y propiedades puramente mecánicas.

### **b) Explicación de la producción del fuego y la luz**

Si pasamos de la explicación de la producción de la sensación de calor a la explicación de la producción del fuego, entonces llegamos al umbral de la participación de los indivisibles. La explicación tiene lugar cuando Galileo comenta la afirmación de que “el movimiento es la causa del calor” y la interpretación vulgar de ésta en la “solemne tontería” de creer que un leño se queme sólo al ser movido<sup>69</sup>.

Ahora bien, el roce y el frotamiento de dos cuerpos duros, bien porque algunas de sus partes se disuelven en partículas sutiles y volantes, bien porque abren la salida a las partículas ígneas retenidas, se reduce finalmente a un movimiento, en el cual, al encontrarse con nuestros cuerpos, penetrando en ellos y recorriéndolos, y sintiendo el alma sensitiva en su paso, los contactos, produce esa sensación grata o molesta que hemos llamado calor, ardor, o hervor. Y tal vez mientras esta sutilización y rozamiento permanece y se mantiene dentro de unos mínimos cuantos, su movimiento es temporal y su operación únicamente calorífica;... (GALILEI G. , 1984, pág. 298).

La causa del fuego es el roce o frotamiento (movimiento) de dos cuerpos duros (esto produce disolución de sus partes en partículas volantes sutiles o liberación de partículas ígneas). Si la sutilización no supera el “mínimo cuanto” (o mínimo divisible) y la velocidad de tales mínimos sea aun limitada, entonces sólo tendremos fuego.

Por tanto, en la explicación de la producción y mantenimiento del fuego es suficiente involucrar partículas mínimas divisibles y una velocidad aun limitada, pero no se necesitan aún de los indivisibles.

Pero inmediatamente Galileo propone su explicación de la producción de la luz:

---

<sup>69</sup> Similar a la opinión de los aristotélicos según la cual el movimiento de la esfera celeste producía los vapores de la atmósfera terrestre, opinión que justamente Galileo rechaza según Shea (2001).

...Pero al alcanzar después la última y máxima disolución, en átomos realmente indivisibles, se crea la luz, con un movimiento, o mejor dicho, con una expansión y difusión instantánea y potente, no sé si debo decir por su sutilidad, por su enrarecimiento, por su inmaterialidad o bien por otra condición diferente a todas estas y no nombrada, potente digo para llenar espacios inmensos. (GALILEI G. , 1984, pág. 298).

En el proceso de disolución o sutilización de las partículas se puede llegar a un punto extremo: a los “átomos realmente indivisibles” con un poder instantáneo de difusión y expansión. Galileo no está seguro de poder identificar la razón de este poder. Además, en este contexto de *El Ensayador*, la cualidad más notable del átomo galileano, además de su indivisibilidad, es la velocidad instantánea<sup>70</sup>. Aquí no se mencionan las condiciones de peso, figura, movimiento hacia abajo, masa mínima, de los átomos de los griegos. Lo que si llama la atención es que se refiera a su sutilidad, su enrarecimiento o “inmaterialidad” y potencia. Sería importante mencionar aquí la precisión de Solís (2007) en el sentido de que los mínimos indivisibles son extensos para el caso de los cuerpos gruesos, pero que son ya inextensos para las sustancias sutiles como la luz; es decir, la luz estaría compuesto de elementos inextensos. Claro, entenderlo así sería importante si hay necesidad de postular la existencia de una sustancia cósmica que lo penetre todo distinto de la luz, dado que ésta no puede hacerlo en los cuerpos opacos. Puede encontrarse aquí, en efecto, algunas motivaciones cosmológicas copernicanas.

En los atomistas griegos los últimos indivisibles son cuerpecillos, más aun en los epicúreos presentan peso. Que no se encuentren otras coincidencias en mayores condiciones no es relevante para los objetivos de este capítulo. En este sentido, lo que consideramos realmente importante en la concepción del átomo de Galileo es que representa esa condición de *objeto primario* y, dado que es ponente último de los cuerpos o corpúsculos *reales* que no dependen del sujeto, debe ser también *real*, más propiamente *realidad básica o elemental*. Es decir, tenemos objetos con estatus ontológico primario distinto de los objetos corpóreos con estatus ontológico derivado.

---

<sup>70</sup> Como se sabe, posteriormente en los *Discorsi* Galileo abandonó la idea de la propagación instantánea de la luz y hasta intentó pensar en un experimento para determinar la velocidad de la luz.

### 2.3.3. Entidades sin extensión

En los *Discorsi*, publicada en 1638 aunque escrita entre 1634 y 1637, el análisis geométrico del continuo en términos de infinitos indivisibles es aplicado al análisis de la estructura y resistencia de la materia (la primera de las dos nuevas ciencias), especialmente en la Primera Jornada. Drake (1983) ha puesto de relieve la novedad de la primera ciencia: la teoría matemática de la estructura de la materia. Nadie se había ocupado de este tema con anterioridad. Tampoco había sido desarrollada una teoría de la resistencia a la ruptura de los materiales. Con anterioridad sólo hubo una acumulación de conocimientos prácticos realizada por ingenieros y arquitectos, pero no un cuerpo teórico en el que “partiendo de la ley de la palanca y del supuesto de la distribución uniforme de la cohesión de las partes de un sólido”, se deduzca “una serie de teoremas que organizaban todos los conocimientos previos y los aumentaban”. La primera nueva ciencia le permite a Galileo construir la base física y matemática del análisis del movimiento (su segunda nueva ciencia).

En los *Discorsi*, Galileo retoma por última vez la cuestión del atomismo y planteará su concepción última de los componentes de los cuerpos. Obviamente, su consideración resulta muy importante para determinar cuáles son los *entes* (en sentido secular físico) de la ontología galileana y cuál sería su naturaleza aproximada.

#### a) El continuo compuesto de indivisibles

Luego de demostrar, en respuesta a las preocupaciones de Simplicio, que los atributos de mayor, menor, igual, no tienen lugar entre los infinitos ni entre infinitos y finitos, y que sólo tienen lugar entre los finitos, Salviati pasa a demostrar que el continuo está compuesto de indivisibles.

Al admitir que la línea y todo continuo son divisibles en partes siempre divisibles, no veo como se podrá eludir el que su composición conste de infinitos indivisibles, porque una división o subdivisión que pueda proseguirse perpetuamente, supone que las partes son infinitas, ya que de otro modo la

división tendría un límite; y el que sean infinitas las partes, entraña como consecuencia el que sean no extensas (*non quante*), porque infinitas partes extensas (*quanti infiniti*) determinarían una extensión infinita (*extensione infinita*). Y por lo tanto el continuo está compuesto de infinitos indivisibles (*d'infiniti indivisibili*). (GALILEI G. , 2003, págs. 63-64).

De este modo Galileo muestra que el continuo está compuesto de infinitos indivisibles no extensos y que no puede estar compuesto de infinitos divisibles extensos.

Para el propósito de esta sección, lo que debemos destacar especialmente es el hecho de que se postule también que los *cuerpos sólidos*, así como los objetos geométricos, están compuestos de infinitos átomos no extensos e infinitos vacíos no extensos.

Ahora bien, todo lo dicho de las simples líneas, es extensivo a las superficies y a los cuerpos sólidos, considerándolos compuestos de infinitos átomos no extensos (*non quanti*). Al querer dividirlos en partes extensas, no cabe duda que no podremos disponerlas en espacios más amplios que el primero ocupado por el sólido, a no ser con la interposición de espacios extensos vacíos; vacíos, digo, por lo menos de la materia del sólido. Pero si suponemos hecha la postrera y última resolución en los primarios (*primi*) componentes no extensos (*non quanti*) e infinitos (*infiniti*), podremos concebir tales componentes extendidos en espacio inmenso, no con la interposición de espacios extensos vacíos, sino solamente con la de infinitos vacíos no extensos. Y de este modo no repugna el que se extienda v.g. una pequeña bolita de oro en un espacio grandísimo, sin admitir espacios extensos vacíos, siempre que admitamos que el oro está compuesto de infinitos indivisibles. (GALILEI G. , 2003, pág. 54).

El pasaje también nos indica el sentido de la postulación galileana: la explicación de las grandes expansiones de materia sin suponer espacios vacíos extensos entre los átomos.

### **b) De lo finito a lo infinito**

Aristóteles habría entendido el infinito como algo que carece de límites; un proceso de división del continuo nunca puede tener un final. Pero este proceso supone una división en extensos. Si el proceso de división es por extensos entonces nunca se puede terminar, y, por tanto, el indivisible no se puede alcanzar, pues el indivisible se logra cuando se ha realizado la “última y suprema división”. A este respecto, Salviati advierte:

... A propósito del querer o poder dividir la línea en sus infinitos, siguiendo el mismo procedimiento que se aplica para dividirla en cuarenta, sesenta o más partes, o sea al ir dividiéndola en dos y luego en cuatro, etc. Quien por este procedimiento creyese encontrar sus infinitos puntos, se engañaría grandemente; porque con un tal proceso ni siquiera se llegaría durante toda la eternidad a la división de todas las partes extensas (*quante*). Pero en cuanto a los indivisibles, está lejos el poder alcanzar por tal camino el ansiado término, que más bien creo que uno se aleja de él; y mientras piensa, prosiguiendo la división y multiplicando la multitud de las partes, aproximándose a la infinidad, creo que se aleja de ella cada vez más. (GALILEI G. , 2003, pág. 76).

La divisibilidad infinita por extensos tiene sus complicaciones. En cambio, si cambiando de perspectiva se toma en cuenta que una circunferencia, una figura geométrica como otras extensas, es – dice Saviati- un “polígono de infinitos lados” y que cada lado es un punto indivisible no extenso, entonces se puede decir que está compuesta por indivisibles. Éstos son parte de esta figura geométrica. Los lados son “puntos plenos todos” (GALILEI G. , 2003, pág. 53). Pero entre los infinitos lados también se interponen infinitos indivisibles vacíos. Si una línea “nos la imaginamos resuelta en partes no finitas en número (*non quante*), es decir en sus infinitos indivisibles, la podemos concebir prolongada indefinidamente (*in immenso*) sin la interposición de espacios extensos vacíos, pero sí con la de infinitos indivisibles vacíos.” (GALILEI G. , 2003, págs. 53-54)<sup>71</sup>.

Por otro lado, en el proceso de pasar de lo finito a lo infinito en el caso de los números, Galileo considera que encontró el infinito en la unidad. “Si algún número puede decirse infinito, éste es la unidad. Y verdaderamente en ella se cumplen los necesarios requisitos y condiciones del número infinito; me refiero al contener en sí tantos cuadrados, como cubos, y como números [naturales] hay en conjunto.” (GALILEI G. , 2003, pág. 67).

Por lo anterior, Galileo estima que no puede ser muy chocante que se considere el paso de lo finito a lo infinito en el caso de los cuerpos. Salviati se pregunta:

---

<sup>71</sup> Según Sellés (2001), el medio utilizado por Galileo para alcanzar el infinito actual es el movimiento (MONTESINOS & SOLIS, 2001, pág. 446). Según Drake, Galileo hizo algunas anotaciones sobre un libro del peripatético veneciano Rocco en el que se atacaba el *Diálogo*. Una de ellas tuvo que ver con el problema del continuo (sobre esta cuestión Galileo habría escrito un tratado antes de su traslado a Florencia en 1610 y que se ha perdido lamentablemente). El análisis geométrico del continuo lo habría capacitado en 1608 para entender la aceleración del movimiento de caída (DRAKE, 1983, pág. 127). En el movimiento de caída, la aceleración se hace en cada instante continuamente; esta continuidad se constituye de infinitos instantes que corresponden a infinitos puntos de una línea (BLAY, 2001).

¿Y por qué hemos de sentir mayor repugnancia, si al buscar lo infinito entre los números, lo hemos hallado en la unidad? Si al desmenuzar un sólido en muchas partes, y seguir reduciéndolo a finísimo polvo, llegamos a tenerlo resuelto en sus infinitos átomos ya indivisibles; ¿por qué no hemos de poder decir que ha retornado a un solo continuo, pero quizá fluido como el agua o el mercurio o el mismo metal licuefacto? ¿No vemos licuarse en vidrio las piedras, y al mismo vidrio, con el mucho fuego, hacerse más fluido que el agua? (GALILEI G. , 2003, pág. 70).

Estas preguntas insinúan que se llegan a los indivisibles por el camino de la resolución; y que al llegar al fluido se llega a los componentes últimos indivisibles, aunque sobre la naturaleza de éstos se insinúe una cierta indeterminación aún. Sobre este punto Shea comenta, recordando los entes de *El Ensayador*, que la hipótesis de la luz y el calor como últimos componentes de la materia fue abandonada en los *Discorsi*. Y aunque Galileo mantuvo la convicción de que la materia podía resolverse en última instancia en una especie de átomos indivisibles, no determinó su naturaleza. Se arriesgó a decir, a lo sumo, que los átomos formaban un fluido similar al agua que está ya disuelta en átomos indivisibles (SHEA, 2001). En efecto, es la impresión que uno tiene. Pero lo claro es que estamos frente al reto de modificar la noción de lo material. Lo material no sólo sería lo extenso sino también debe incluir lo inextenso. Pero de aquí no infiere que los puntos inextensos materiales sean idénticos a puntos geométricos conceptuales, es decir, ideas. Galileo abre la posibilidad de especular en la divisibilidad infinita de la materia sin las complicaciones de hacerlo por extensos.

Volviendo a la pregunta que se hace Salviati. Ella sugiere que en la explicación del proceso de fluidificación intervienen los indivisibles. De ello se da perfecta cuenta Sagredo; de ahí que formule la siguiente solicitud de confirmación: “¿Hemos de pensar, entonces, que las sustancias se hacen fluidas, porque se resuelven en los primitivos infinitos indivisibles, sus componentes?” (GALILEI G. , 2003, pág. 70). La respuesta de Salviati es afirmativa: “Yo no atino a encontrar mejor expediente para interpretar ciertos fenómenos sensibles” (GALILEI G. , 2003, pág. 71).



### c) Papel de los indivisibles en la explicación

Los indivisibles cumplen un papel en la explicación de ciertos fenómenos. El primero tiene que ver con el comportamiento del apilamiento de partículas extensas y finitas. Salviati lo presenta de la siguiente manera:

Quando yo tomo un cuerpo duro, como piedra o metal, y con un martillo o una agudísima lima lo voy reduciendo cuanto puedo a polvo diminuto e impalpable, es claro que sus mínimos, aun cuando por su pequeñez sean imperceptibles uno por uno a nuestra vista y tacto, son no obstante extensos (*quanti*), con forma propia (*figurati*) y numerables. Sucede con ellos que, amontonados, se sostienen en montón; y si excavamos en ellos un hoyo hasta cierta profundidad, la excavación permanecerá abierta, sin que las moléculas de alrededor concurren a rellenarla; agitados o removidos se aquietarán tan pronto como el motor exterior los abandone. Estos mismos efectos se dan en todos los conglomerados de mayores y mayores corpúsculos de cualquier figura, aun esférica, como vemos en los acervos de mijo, de trigo, de perdigones de plomo, y de cualquier otra materia. (GALILEI G. , 2003, pág. 71).

El segundo fenómeno observable es el comportamiento del agua que no presenta cualidades observables como las de los conglomerados de partículas extensas de sólidos sino otras. Se hace la presentación del segundo fenómeno:

Mas si intentáramos ver tales propiedades en el agua, no las descubriremos; sino que cuando se la eleva, inmediatamente se aplana, a no ser que algún vaso u otro sostén externo la retenga; cuando se la ahoya, afluye inmediatamente a llenar la cavidad; cuando se la agita, sigue fluctuando por largo tiempo y extendiendo sus ondas a grandes distancias. Paréceme que de esto podemos con toda razón deducir que los mínimos del agua, en los cuales parecería estar resuelta (porque tiene menos consistencia que el más fino polvo, o tal vez no tiene consistencia alguna), son muy diferentes de los mínimos extensos y divisibles; y yo creería que la única diferencia consiste en que los del agua son indivisibles. Me parece que la misma transparencia purísima del agua nos da pie para tal conjetura; porque si tomamos el cristal más transparente que haya y comenzáramos a quebrantarlo y triturarlo, una vez que ha sido reducido a polvo, pierde la transparencia, y más la pierde cuanto más se lo pulveriza; mas el agua, que está desmenuzada (*trita*) en sumo grado, es, sin embargo, sumamente diáfana. (GALILEI G. , 2003, pág. 71).

Entonces, la explicación de los fenómenos expuestos detalladamente por Salviati exigen tomar en cuenta que en el segundo (caso del agua) sus mínimos son indivisibles, mientras que en el caso primero los mínimos son extensos. Pero que en el primer caso, si se prosigue la resolución y se llega a los indivisibles, se llegara a la licuefacción:

El oro y la plata, reducidos (*polverizati*) por medio de ácidos (*acque forti*) más finamente de lo que puede hacerse por medio de cualquier lima, quedan hechos polvo (*pur restano in polvere*), pero no devienen fluidos, ni se licuan antes que los indivisibles (*gl'indivisibili*) del fuego o de los rayos del sol los disuelvan, a mi parecer, en sus primarios y últimos (*primi altissime*) componentes infinitos, indivisibles. (GALILEI G. , 2003, págs. 71-72).

Por lo tanto, el particular comportamiento del conglomerado de partículas extensas se debe a que no se ha llegado aún a la suprema y última resolución en indivisibles. En tanto que el particular comportamiento del agua obedece al papel directo de los indivisibles.

Es importante señalar entonces que, según la concepción galileana, en la resolución de los sólidos cumplen papel decisivo los indivisibles del fuego o de la luz. Al respecto, debe precisarse que Galileo afirma la velocísima acción de la luz.

SALVIATI. Vemos que las otras ustiones (*incendii*) y resoluciones (*dissoluzioni*) se efectúan con movimiento velocísimo: véanse las acciones de los rayos, de la pólvora en las minas y en los petardos; y en suma, cómo al ser avivada por los fuelles la llama de los carbones, mezclada con vapores densos e impuros, acrece su poder para la licuefacción de los metales. De ahí que yo no podría comprender que la acción de la luz, aunque purísima, pueda producirse sin movimiento, y sin movimiento velocísimo. (GALILEI G. , 2003, pág. 73).

Entonces, Galileo, ahora, manifiesta su convicción de que la velocidad de la luz no es ya como aun creía antes (*El Ensayador*), esto es, instantánea; ahora se concibe velocísima, es decir temporal, razón por la cual su interés por determinar esa velocidad mediante un experimento resulta comprensible. De modo que tenemos una nueva determinación para los entes no extensos: la altísima velocidad.

Quien, sin embargo, se aferra a la idea de la velocidad es instantánea es Simplicio, apoyándose en la experiencia de sentido común. “La experiencia cotidiana –dice- nos muestra que la propagación de la luz es instantánea” (GALILEI G. , 2003, pág. 73). Esta concepción realista ingenua es sustituida por la posición realista crítica.

La explicación galileana de la expansión (resolución) de la materia tuvo la particularidad de evitar el inconveniente de la introducción de espacios vacíos extensos. Otra de sus ventajas fue también el evitar el inconveniente de la penetrabilidad en la explicación de la condensación.

Se hacen posibles las grandes expansiones de materia así como las contracciones igualmente sorprendentes. Simplicio no puede más que expresar su estupor ante este panorama en el que la Tierra podría ser reducida al tamaño de una nuez y una onza de oro ser expandida al tamaño de una mole como la Tierra (GALILEI G. , 2003, págs. 83-84).

Sin embargo, Salviati manifiesta que las grandes expansiones son posibles y hasta observables.

La condensación y la rarefacción son movimientos opuestos; donde se dé una inmensa rarefacción, no podrá negarse una no menos enorme condensación”. Pero rarefacciones inmensas, y, lo que causa más admiración, casi instantáneas, las estamos viendo todos los días. ¿No es desmedida la rarefacción de un poco de pólvora de cañón, haciendo explosión en una vastísima mole de fuego? Y fuera de esto, ¿qué decir de la expansión, casi sin límite de la luz que produce? Y si aquel fuego y esta luz se reuniesen, cosa no imposible, porque ya antes estuvieron contenidos dentro de ese pequeño espacio ¿qué condensación no sería la suya? Vosotros sólo con fijaros un poco, hallareis millares de tales rarefacciones mucho más fáciles de observar que las condensaciones, pues las materias densas son más notoria y accesibles a nuestros sentidos. En el uso de la leña, la vemos con toda facilidad resolverse en fuego y luz, pero no tan fácilmente vemos al fuego y a la luz condensarse para constituir la madera; vemos que los frutos, las flores y otras mil materias sólidas, en gran parte se resuelven en olores, mas no así podemos observar la reunión de los átomos olorosos para constituir los cuerpos olientes.” (GALILEI G. , 2003, pág. 94).

Hay procesos de rarefacción o expansión observables, pero hay dificultad para la observación de la condensación; pero en este caso nos puede ayudar la razón. “Mas, donde falte la observación de los sentidos, debe sustituirla la razón, que bastará para hacernos capaces de comprender el movimiento existente, no solo de la rarefacción y resolución de

los sólidos, sino también en la condensación de las sustancias tenues y rarefactas en sumo grado.” (GALILEI G. , 2003, págs. 94-95).

#### **d) Condición objetiva de los entes no extensos**

Los entes cuyo papel central en la expansión y la condensación Galileo ha establecido presentan aun cierto grado de indeterminación en cuanto a su naturaleza, como bien ha indicado Salvatico (2006). Sin embargo, de las explicaciones practicadas por Galileo, donde se involucran los átomos, se desprenden algunas condiciones que constituyen una aproximación a su naturaleza.

La ontología galileana postula que tales entes elementales a los que reduce la materia corpórea en última instancia deben, definitivamente, ser infinitos en número, indivisibles y no extensos<sup>72</sup>. “Tiene menos consistencia que el más fino polvo, o tal vez no tiene consistencia alguna” (GALILEI G. , 2003, pág. 71); no presentarían densidad o solidez; sumamente enrarecida o “inmaterial” como se dice en *El Ensayador*; conjetura que explicaría la transparencia del agua. Bajo esta condición no tendría mucho sentido considerar la posibilidad de distinguirlos por el tamaño, la figura o la masa; esta situación que nos separa más de la ontología atomista tradicional. Muchos coinciden en esta conclusión; por ejemplo, Redondi observa que los átomos *non quante* están privados de dimensión y de figura (REDONDI, 1990, pág. 32). De la concepción de los átomos sin extensión, Solís (2007) infiere que tales átomos carecen de materia, masa, resistencia y cantidad de movimiento. Ciertamente, si se quita la extensión ya no tiene mucho sentido hacer distinciones en esos aspectos.

Lo que también llama la atención es la caracterización de los indivisibles como puntos geométricos y que constituyen tanto a las formas geométricas como a los cuerpos<sup>73</sup>. A

---

<sup>72</sup> Según José San Román Villasante, traductor de la versión de los *Discorsi* que utilizamos, Galileo utiliza “quanto”, “quante”, “quanta”, “quanti” para expresar la extensión tanto numeral como cuantitativa, e indicar además lo finito. El mejor término español para traducirlo sería “mensurable”, pero este término plantea dificultades (GALILEI G. , 2003, pág. 53 N. del T.).

<sup>73</sup> Otros no han dejado de poner en relieve este aspecto. Sellés (2001), al hacer un comentario marginal a la conclusión de Galileo de que los infinitos son incomparables, es decir, que los atributos de mayor, menor, igual, no tienen lugar entre infinitos, escribe: “Para Galileo los indivisibles no solo son los componentes de

partir de este planteamiento algunos infieren los “átomos” sin extensión de Galileo son puras abstracciones matemáticas. El propio Redondi señala que los átomos no extensos, “en realidad, son puntos matemáticos. Estamos en la abstracción matemática, no estamos ya en el mundo material de la física” (REDONDI, 1990, pág. 32). Con este cambio, Galileo se habría alejado del materialismo y del atomismo clásico, según comenta Redondi. Carlos Solís reafirma esta conclusión cuando señala que los átomos no extensos han perdido todas las propiedades primarias y secundarias, y que por tanto devienen en estériles. Según Solís (2007), hacia 1616 a Galileo se le ocurrió unir la matemática del continuo y la estructura de la materia para explicar la condensación y rarefacción, pero sólo lo habría publicado en 1638. De tal modo, se explica la estructura de la materia en base a indivisibles matemáticos. Sin embargo, pensamos que de la concepción del átomo no extenso propuesta por Galileo, hasta donde hemos podido comprenderla, no se podría inferir necesariamente que tales átomos sean objetos matemáticos puros, esto es, conceptos u objetos ideales; ello implicaría que el nuevo estatus ontológico de los átomos es ideal (o “esencias matemáticas”), y, dado que los cuerpos se componen en última instancia de átomos no extensos, esos cuerpos estarían compuestos en última instancia de conceptos o ideas. Pero, estas implicancias no armonizarían con el pensamiento de Galileo puesto que el distinguía claramente entre ideas, teorías, por un lado, y lo material, por otro. No hemos encontrado en sus escritos indicios de que haya creído, por ejemplo, que la última rarefacción de sólidos metálicos sean conceptos o ideas; o que un cuerpo como la Luna, o el Sol, sea el resultado de una condensación de conceptos o ideas; cuando se imagina la posibilidad de contracciones asombrosas como la contracción de la Tierra al tamaño de una nuez, gracias a la postulación de átomos sin extensión y vacíos infinitesimales, nos extrañaría, entonces, que se ignore el papel de los conceptos o ideas en tan importantes procesos.

Pero, entonces, resulta curioso que los átomos no extensos, los entes, de Galileo presenten rasgos como el de la plenitud: los átomos no extensos son plenos, no vacíos (el vacío infinitesimal es otro elemento de su ontología; no es pleno como el mínimo pero existe); En

---

los cuerpos: también componen las figuras geométricas. Y en geometría sólo hay un indivisible, digamos, ‘verdadero’: el punto. La línea o el plano son sólo indivisibles relativos a dimensiones superiores, pero en su propia dimensión pueden ser divididos. Esto es lo que distingue un ‘método’ de indivisibles como el de Cavalieri de una ‘teoría’ de indivisibles como la de Galileo.” (MONTESINOS & SOLIS, 2001, pág. 447 nota 6).

los antiguos atomistas, sólo el átomo es el ser mientras que el vacío es el no-ser, pero el no-ser existe y es real.

Dudamos de que se pueda inferir necesariamente que los átomos inextensos carezcan de propiedades materiales, sobre todo si recordamos las emanaciones procedentes del Sol que fueron materia de especulación por parte de Galileo. Tales emanaciones de mínimos se supone que presentan movimiento y velocidad. El movimiento mecánico es un rasgo que los conceptos, como objetos ideales abstractos, no pueden poseer.

Nos inclinamos, entonces, por una distinción entre indivisibles de los continuos geométricos y los indivisibles de los continuos materiales, pero no por una identificación de ambos<sup>74</sup>. Consecuentemente, decir que todo se reduce a indivisibles no extensos no equivale a decir que todo se reduce a ideas.

La idea galileana de la disolución de los cuerpos en pequeñas partículas y éstas en mínimos indivisibles estuvo presente ya al final de la Edad media. Shea dice que esa idea se encuentra en la crítica de Averroes a Aristóteles sobre las partículas; así también muchos de los secuaces de Averroes adhirieron a la teoría de los mínimos, por ejemplo, en los averroístas de Padua como Agostino Nifo y Jacopo Zabarella quienes hicieron un tratamiento exhaustivo del problema. En este punto debemos destacar lo que Shea (2001) refiere adicionalmente de ellos: Nifo y Zabarella atribuyeron a los mínimos una *realidad autónoma* (“*realità autonoma*”) y un papel en las relaciones físicas y químicas. Shea cita a Andrew van Melsen quien habría señalado que por el hecho de que los indivisibles adquirieron una *realidad más física* (“*realità più fisica*”) se planteó la cuestión de su relación con las cualidades observables. Shea (2001) destaca el hecho de que los averroístas paduanos hayan atribuido una *realidad efectiva* a los mínimos y aplicado el concepto a las cualidades sensibles, porque con ello prepararon el retorno y el auge del atomismo en el siglo diecisiete. Aunque no se ha establecido la influencia de los averroístas en Galileo; pero para nosotros lo importante es que en esta época están ya presentes las ideas atomistas y especialmente la idea de que *los átomos tienen realidad física, autónoma, efectiva*. Shea

---

<sup>74</sup> En Galileo cada demostración matemática está relacionada con alguna cuestión física; explica lo físico con lo matemático (GONZÁLEZ, 1995); la teoría matemática de lo infinitamente pequeño se ajusta a un papel semejante: explica una cuestión física; es decir, supone una distinción entre lo matemático y lo físico, pero no su identidad. En esta distinción y esta relación radica el punto de aproximación entre Arquímedes y Galileo (MARACCHIA, 2001).

indica que Galileo tuvo que entrar en contacto con las ideas atomistas a través de la obra de Galeno que leyó en Pisa y lo discutió con Mazzoni. Por tanto, así Galileo no haya entrado en contacto con las ideas atomistas a través de los averroístas paduanos, su conocimiento de las ideas atomistas a través de la obra de Galeno tuvo que incluir la idea atomista de que *los átomos eran las últimas realidades materiales*, tal como cabe esperar de cualquiera que haya entrado en contacto con el atomismo, como en el caso de Averroes y sus secuaces.

El interés de Galileo por la *objetividad* o *realidad* de los entes que postula su ontología se ha puesto de manifiesto especialmente en la Primera Jornada de los *Discorsi*. Luego de las explicaciones de Salviati sobre los indivisibles y su papel en los procesos de condensación y rarefacción, y estupefacto por sus implicaciones, Simplicio aún mantiene su escepticismo aferrándose a su concepción de *realidad de sentido común*: “Los razonamientos y demostraciones que tú has hecho hasta aquí, por ser matemáticos, abstractos y alejados de la materia sensible, paréceme que, aplicados al mundo físico y natural, no se comportarían de acuerdo con estas reglas.” (GALILEI G. , 2003, pág. 84).

Simplicio pide un imposible, pues las entidades de las que habla Galileo no se pueden percibir por la vía sensorial como los cuerpos compuestos perceptibles. Por eso Salviati responde: “Hacer ver lo invisible, ni yo podría hacerlo, ni creo que encuentres quien lo haga” (GALILEI G. , 2003, pág. 84).

Lo que sí considera posibles es explicar (deducir) matemáticamente un fenómeno perceptible: el de la expansión de un volumen cilíndrico de plata bañado en oro (cilindro 1) hasta un hilo tan fino como el cabello de una mujer (cilindro 2). Asumiendo que el volumen de los dos cilindros es el mismo, puesto que en la expansión no se ha perdido ni ganado nada de material, señala lo que se tiene que demostrar geométricamente: “Las superficies de los cilindros de igual volumen, prescindiendo de sus bases, guardan entre sí la misma proporción que tienen las raíces cuadradas de sus respectivas longitudes.” (GALILEI G. , 2003, pág. 85). Luego procede a la demostración (cuyos detalles técnicos no viene al caso exponer por razones obvias). Hecha la demostración, lo que sí es pertinente mencionar es la situación experimental que implica en palabras de Salviati:

Ahora, si a nuestro propósito aplicamos lo hasta aquí demostrado; suponiendo que el cilindro de plata, que al ser dorado no tenía más de medio codo de longitud y un grosor de dos o tres veces el dedo pulgar, después de haber sido

adelgazado hasta la finura de un cabello, se alargó hasta veinte mil codos (y acaso más), nos hallaríamos con que la superficie aumentó doscientas veces más de lo que era. En consecuencia, los diez panes de oro sobrepuestos, se extendieron en una superficie doscientas veces mayor, dándonos la certeza de que el oro que cubre la superficie de tantos codos de hilo, no tiene más espesor de una vigésima parte de un pan ordinario de oro batido. Imaginaos ahora, cual sea su tenuidad, y si es posible que se haya conseguido sin una inmensa expansión de partes; y si este experimento no nos lleva a admitir que los cuerpos físicos (*materie fisiche*) están compuestos de infinitos indivisibles. Bien es verdad que esta tesis está corroborada por otros argumentos más concluyentes y de mayor peso. (GALILEI G. , 2003, pág. 86).

La demostración geométrica, por tanto, explica el hecho de la expansión del oro y por esta demostración se debe admitir la composición atómica (por átomos sin extensión) de los cuerpos; es decir que los infinitos indivisibles sin extensión son reales u objetivos, o existentes en el mundo exterior, y no una arbitraria quimera confinada a la fantasía del sujeto o que tales entes sean de naturaleza puramente matemática y abstracta. En este mismo sentido profundo, Salviati continúa con la demostración de otros teoremas.

Las cosas no son como a veces parecen. Este es un hecho que ha sido puesto de manifiesto por Galileo a lo largo de todas sus demostraciones. En este sentido, luego de haber escuchado las referencias al experimento sobre el carácter temporal de la velocidad de la luz hechas por Salviati, abrumado por ésta y todas las otras demostraciones de éste, Sagredo le manifiesta a Salviati el reconocimiento de tal hecho:

Pues ved: el infinito buscado entre los números, parece terminar en la unidad; de los indivisibles nace lo siempre divisible; lo vacío parece que no se encuentra sino mezclado inseparablemente con lo pleno. En fin, con estas cosas se trueca de tal manera la naturaleza de lo que comúnmente juzgamos, que hasta la circunferencia de un círculo deviene una línea recta infinita. (GALILEI G. , 2003, pág. 75).

Es decir, que la *objetividad* de las cosas puede radicar más allá de lo que la opinión y la concepción de la naturaleza de sentido común nos pueden inclinar a creer. Ella puede tocar los límites del entendimiento y rozar lo paradójico: la objetividad de la infinitud de los entes sin extensión, la objetividad del continuo en la aparente discontinuidad.



Decir que los mínimos inextensos son los componentes últimos (últimos hasta donde las condiciones históricas permitan indicar; pero no debe olvidarse la sugerencia de divisibilidad infinita) de la materia es ya una consideración ontológica, en consonancia con la larga tradición filosófica occidental. Esta es una opinión corriente, junto a la otra de que la consideración ontológica no ha estado separada de la tradición científica, especialmente en la época galileana. Algunos, como Salvatico (2006, pág. 34) en años recientes, en el contexto de su concepción de “mecanicismo puro”, entienden que una teoría acerca de qué entidades existen en la naturaleza constituye una ontología. De manera más particular, en el contexto de Galileo, piensa que una concepción de la estructura de la materia es una concepción ontológica; y esto se pone en evidencia cuando Salvatico habla de un cambio de la concepción ontológica de Galileo al referirse al cambio en la concepción de la materia desde una visión atomista física hacia una visión de materia continua. “La mutación más importante respecto de su concepción ontológica fue el cambio desde un atomismo físico defendido en sus obras más tempranas, a una teoría de la materia como *continuum*” (SALVATICO, 2006, pág. 72). Yo diría que el continuo sigue siendo físico, sólo que lo físico no se reduce a los cuerpos o corpúsculos.

## CAPÍTULO III

### OBJETIVIDAD ONTOLÓGICA: LA DIMENSIÓN DERIVADA

Voy a mostrar a continuación que hay otro concepto de objetividad ontológica que se aplica en el dominio de las propiedades de los objetos materiales. El estatus ontológico de estas propiedades es derivado porque ellas se muestran o aparecen en relación a sustancias materiales sin las cuales no pueden existir; dependen, entonces de sustancias materiales. Sin embargo, gnoseológicamente podrían ser consideradas independientes de un sujeto cognoscente, pero no pueden ser absolutamente independientes ni absolutamente perfectas en el sentido de que no pueden existir separadas de objetos materiales. A tales propiedades se puede también atribuir *objetividad*, pero en sentido distinto al de la objetividad en dimensión propia; a la objetividad de las propiedades materiales denomino “objetividad ontológica en dimensión derivada”.

Las propiedades (accidentes, afecciones, condiciones, cualidades, determinaciones o formas<sup>75</sup>) han sido privilegiadas cuando se habla de realidad en Galileo, por eso algunos como Desanti se refiere a ellas como la “señal de peso de las cosas”. Si expresiones como esta aluden a propiedades mecánicas, entonces se justifican en parte porque en tal caso concuerdan aproximadamente con las propiedades primarias tan apreciadas por Galileo; pero cuando se asciende a las primarias a un estatus ontológico primario entonces se desvirtúa el sentido en el que Galileo las toma. Esto ocurre cuando se toman las propiedades primarias por esencias intemporales perfectas. Y cuando se habla de la investigación científica se dice que el objetivo de la misma consiste en captar la “esencia matemática” del mundo cambiante y temporal (KOYRÉ, 1981, pág. 234 nota 219).

Decir que las propiedades de cuerpos gozan de estatus ontológico ha sido una práctica filosófica que se remonta a la antigüedad. Según Lucrecio (I, vv. 449-458), desde un punto de vista ontológico, aparte de los cuerpos y el vacío sólo hay propiedades, y éstas son de dos clases: esenciales (propiedades en sentido propio, que no se pueden separar de la naturaleza de las cosas) y accidentales (que se pueden separar de la naturaleza de las cosas).

Todas las cosas que tienen nombre, o las hallarás como propiedades de estas dos realidades o las verás como accidentes de ellas. Propiedad esencial es lo que jamás puede apartarse ni separarse de una cosa sin la destructiva disgregación de la misma, como lo es el peso para las piedras, el calor para el fuego, la fluidez para el agua, el contacto para todos los cuerpos, la intangibilidad para el vacío. Por el contrario, la esclavitud, la pobreza y las riquezas, la libertad, la guerra, la paz, todo lo demás con cuya presencia o alejamiento permanece incólume la naturaleza de un ser, a esto solemos llamarlos, como es justo, accidente. (LUCRECIO, 2003, págs. 75-76).

Las propiedades que gozan de estatus ontológico serían aquí las denominadas “propiedades esenciales” (“esenciales” en un sentido mecánico); las otras, las accidentales, no gozarían de tal estatus. Hablando del mecanicismo galileano, Salvatico (2006, pág. 79) dice que las

---

<sup>75</sup> Aquí el término “forma” es sinónimo de “propiedad” en *general*, como en Bunge (2011). Esta práctica la encontramos también en Guthrie (1994), aunque en un sentido que incluye la “función”; en este caso, Guthrie lo aplica en la descripción de la tradición ontológica mística, en cuya vertiente se incluye, por ejemplo, la *forma* platónica. En este capítulo trataremos en lo posible de evitar su uso por el inconveniente de que se identifique con el sentido particular de forma como *forma o figura geométrica* de Galileo.

propiedades de los cuerpos gozan de “*status* ontológico” porque es indudable que para Galileo son propiedades inseparables de los cuerpos reales.

Se plantea la necesidad de enfatizar que las propiedades poseen un estatus ontológico en algún grado; de ellas se dicen que son objetivas, reales o que existen, pero no en el supremo grado de los átomos tradicionales o en el más reciente de entes no extensos. Las propiedades de los cuerpos, en cualquiera de sus variedades, no son entes con estatus ontológico primario<sup>76</sup>.

### 3.1. Inseparabilidad de las propiedades

La materialidad de las propiedades de los cuerpos radica en su inseparabilidad de tales cuerpos y de su independencia frente a las peculiaridades de las sensaciones del sujeto.

Desde el punto de vista ontológico, en el nivel de la corporeidad, las propiedades materiales no pueden existir sin los cuerpos de los cuales son propiedades. Esta es una forma de considerar el hecho señalado explícitamente por Galileo de que los cuerpos no pueden separarse de sus propiedades, esto es, se trata de objetos materiales concretos. En *El Ensayador* se lee:

Digo que en el momento en que imagino una materia o sustancia corpórea, me siento en la necesidad de imaginar, al mismo tiempo, que esta materia está delimitada y que tiene esta o aquella forma, que en relación con otras es grande o pequeña, que está en este o en aquel lugar, en este o en aquel tiempo, que se mueve o que está en reposo, que está o no en contacto con otro cuerpo, que es una, pocas o muchas; ni con gran imaginación puedo separarla de estas condiciones;... (GALILEI G. , 1984, pág. 292).

Cuando se trata de hablar de las propiedades del mundo exterior, ya sea la forma o el movimiento, encontramos a Galileo suponiendo siempre que son de cuerpos o graves:

---

<sup>76</sup> Según Aristóteles (*Metafísica*, VII, 3, 1029a 10-15), si, como algunos opinan, la entidad es un sustrato material, entonces “las demás cosas son acciones, afecciones y potencias de los cuerpos, y la longitud, la anchura y la profundidad son, por su parte, tipos de cantidad, pero no entidades (la cantidad no es, desde luego, entidad): entidad es, más bien, aquello en que primeramente se dan estas cosas.” (ARISTÓTELES, 1998, págs. 284-285).

esfericidad de un cuerpo, forma cilíndrica de un cuerpo, forma irregular de un cuerpo, etc.; movimiento de graves.

Una forma sin cuerpo o un movimiento sin graves serían posibles como abstracciones, esto es, como conceptos o ideas. Esta separación, posible en el plano metodológico o analítico, no puede darse en plano ontológico.

Hay un tipo de propiedad que se presenta con especial importancia en la concepción galileana: la *relación*<sup>77</sup>. Ahora bien, las relaciones tienen lugar entre propiedades o accidentes de los cuerpos, y, por este hecho, adquiere la condición de materialidad. Este tipo de objetos fueron de especial interés para la ciencia galileana: el objeto de su dinámica tuvo que ver especialmente con relaciones involucradas en el movimiento. Hay quienes destacan este hecho al señalar que a partir del Renacimiento se habría operado un cambio de perspectiva en la concepción de la *realidad física* que conlleva también un cambio en el concepto de la misma física: los objetos de la física moderna ya no serían “entes”. Serían solo fenómenos que se entienden racionalmente solo por su referencia al orden espacio temporal en el que ocurren y al sistema de fuerzas del cual derivan (ECHANDÍA, 1995). Los objetos “reales” aludidos consistirían especialmente en sistemas de relaciones. Sin mayores precisiones, entre los “entes” aludidos podrían estar incluidos no sólo las sustancias individuales aristotélicas sino también las sustancias corpóreas o los entes no extensos galileanos; en cualquier caso, tales “entes” son unidades o totalidades con propiedades, pero no son en sí mismos propiedades. El comentario incidental sobre la física moderna, formulado por Echandía en su “Introducción” a la *Física* de Aristóteles, alude al objeto de la ciencia moderna, esto es, a un sistema de propiedades.

### 3.1.1. Peso absoluto inseparable

Un ejemplo típico de propiedad inseparable en la concepción galileana es la *gravedad* o *peso*; el concepto de gravedad, que no se distingue aun de masa, no es el que corresponde al contexto newtoniano; la gravedad de Galileo está aún lejos de ser una fuerza que atrae un

---

<sup>77</sup> Desde el enfoque sistémico contemporáneo de Bunge las relaciones son estructuras y éstas son propiedades esenciales de los sistemas abstractos y de los sistemas materiales. Este concepto es aplicable para el caso de Galileo.

cuerpo. Por otro lado, el peso que se menciona como sinónimo de gravedad es el “peso absoluto”, que algunos como Koyré hacen remontar a los atomistas, distinto del peso relativo de los cuerpos. Según Koyré, siguiendo el modelo de Arquímedes, Galileo, en el *De Motu*, elimina la diferencia aristotélica entre lo pesado y lo leve; lo leve no describe ninguna propiedad del cuerpo. Un cuerpo desciende o se eleva según las circunstancias y el medio en que se mueve (KOYRÉ, 1981, pág. 63 y nota 134). La misma idea se formula, a propósito de un experimento, en el *Discurso sobre los cuerpos que flotan sobre el agua* de 1612: “Ahora, cuando la placa plana de ébano y la hoja fina de oro van hacia abajo, la causa del hundimiento es incuestionablemente el exceso de su gravedad sobre la gravedad del agua; por lo tanto, por necesidad, cuando ellos flotan, la causa de que se mantengan sobre el agua deriva de su ligereza” (GALILEI G. , 2008, pág. 94)<sup>78</sup>.

En este contexto el peso depende de las circunstancias y el medio y, entonces, sería relativo. En cambio, el peso absoluto estaría determinado por la cantidad de materia contenida en una unidad de volumen. Esta sería, en realidad, la doctrina antigua según la cual todos los cuerpos son pesados y ninguno es leve; “tesis, en último término, democrítea” (KOYRÉ, 1981, pág. 63 y nota 134)<sup>79</sup>. Esta tesis estaría presente también en Nicolás de Oresme y Copérnico. Por tanto, según Koyré, el concepto de peso absoluto es distinto del concepto de peso relativo; la pesadez absoluta es una noción que Galileo hereda de los atomistas griegos, especialmente de Demócrito.

Ahora bien, el peso absoluto o gravedad es propiedad inseparable de cuerpos; no tendría sentido decir que tal propiedad exista sin el cuerpo. En el *Diálogo*, Jornada Segunda, Salviati dice: “La gravedad no disminuye nunca hasta el último término, porque de ser así el cuerpo no sería grave” (GALILEI G. , 1994, pág. 176). Según Galileo, no hay cuerpos que no sean graves, por tanto, si se anula la gravedad se anula el cuerpo.

En sus comentarios, Koyré destaca este hecho. Los cuerpos reales tienen gravedad; los movimiento reales de cuerpos son movimiento de graves; un cuerpo sin gravedad no es real. Lo real material es grave.

---

<sup>78</sup> El término “ligereza” de la cita designa el concepto de *menor gravedad*; no designa el concepto de *ausencia de pesadez* como en Aristóteles.

<sup>79</sup> Nosotros diríamos más bien epicúrea.

Galileo pensó que el movimiento inercial lineal no era posible porque el movimiento en línea recta sólo tendría lugar en un móvil sin gravedad, pero un cuerpo sin gravedad no es real; por tanto, el movimiento en línea recta no es real. De ahí que los proyectiles (graves) describan una trayectoria curva y no recta. En la Jornada Cuarta de los *Discorsi* se lee:

Me imagino un móvil lanzado sobre un plano horizontal, libre de todo impedimento. Sabemos, por lo que hemos dicho profusamente en otra parte, que el movimiento de aquél ha de ser uniforme y perpetuo sobre el mismo plano, si el plano se extiende infinitamente; pero si lo suponemos limitado y en declive, el móvil, que supongo dotado de gravedad, al continuar su marcha, después de llegar al borde del plano, añadirá, a su primer movimiento uniforme e indestructible, aquella propensión hacia abajo que tiene por su propia gravedad... (GALILEI G. , 2003, págs. 331-332).

Los cuerpos son graves y porque la gravedad no puede sustraerse es que el movimiento en línea recta, supuesto que el plano tiene un límite, no es posible.

El movimiento real es el movimiento de los cuerpos graves en la Tierra; para este movimiento el plano horizontal es una circunferencia. Ni en los *Discorsi* fue capaz de hacer abstracción de la gravedad, a pesar de que en ellos encontramos un grado de mayor abstracción del pensamiento galileano; por ejemplo el plano horizontal en el que el movimiento permanece eternamente es un plano geométrico infinito y la velocidad se conserva, no es una superficie esférica. Pero si el plano falta, entonces el cuerpo cae. La “línea recta no es un círculo ni el plano horizontal una esfera”. El mundo arquimediano objeto de los *Discorsi* no es el mundo real terrestre. Los graves de tal mundo caen pero no hacia el centro de la Tierra, sino paralelamente y por eso el plano horizontal de ese mundo es un plano euclidiano; pero la gravedad existe, por lo cual no es posible el movimiento inercial rectilíneo. Es decir, Galileo fue incapaz de abstraer la gravedad (KOYRÉ, 1981, págs. 260-262).

Por tanto, incluso en un mundo que no sea la Tierra, donde el plano horizontal sea una recta geométrica y no una circunferencia, el cuerpo en movimiento será real, es decir, grave. Es que, como comenta Koyré, la gravedad o pesantez es una propiedad intrínseca, “constitutiva e inseparable del cuerpo físico” (KOYRÉ, 1981, pág. 263).

Por tanto, eliminar la gravedad de hecho (algo imposible) equivaldría a eliminar la realidad física corpórea de hecho. Y hacer abstracción de la noción de pesantez en el pensamiento (en el análisis) equivale a quitarle el *carácter físico* (real) al análisis matemático o geométrico, esto es, a realizar un análisis de matemática o geometría pura.

### 3.2. Separación de la sensibilidad

Por otro lado, hay que considerar el otro aspecto que condiciona la materialidad de las propiedades, esto es, su “separabilidad” frente a las sensaciones del sujeto.

Como se ha señalado, en el contexto del mecanicismo galileano, las propiedades de las sustancias corpóreas son las que se denominan “primeros accidentes” y que los antiguos atomistas denominaban “cualidades esenciales”. El rasgo fundamental de estos consiste en que no se constituyen con la participación de la sensibilidad del sujeto o animal sensitivo.

La naturaleza de estas propiedades fue determinada y formulada explícitamente en *El Ensayador* de 1623:

Digo que en el momento en que imagino una materia o sustancia corpórea, me siento en la necesidad de imaginar, al mismo tiempo, que *esta materia está delimitada y que tiene esta o aquella forma, que en relación con otras es grande o pequeña, que está en este o en aquel lugar, en este o en aquel tiempo, que se mueve o que está en reposo, que está o no en contacto con otro cuerpo, que es una, pocas o muchas; ni con gran imaginación puedo separarla de estas condiciones; pero que deba ser blanca o roja, amarga o dulce, sonora o muda, de olor agradable o desagradable, no me siento en la necesidad de forzar mi mente para tener que representármela acomodada con tales condiciones; más bien, si los sentidos no las hubieran advertido, tal vez la razón o la imaginación por sí mismas no lo hubieran logrado nunca. Por todo ello pienso que *estos sabores, olores, colores, etc.*, por parte del sujeto en el que parece que residen, no son más que meros nombres, y *tienen únicamente su residencia en el cuerpo sensitivo, de manera que eliminado el animal sensitivo, se eliminan todas estas cualidades*; sin embargo, nosotros, puesto que les hemos puesto nombres particulares y diferentes de aquellos *primeros y reales accidentes*, quisiéramos creer que también éstos son verdadera y realmente diferentes de aquellos. (GALILEI G. , 1984, pág. 292 cursiva nuestra).*



Por tanto, son propiedades “separadas” la forma o delimitación, el tamaño o volumen, la coordenada espacial y temporal, el estado de movimiento o reposo, la relación con otros cuerpos, la cantidad o número de los cuerpos. Cabe explicitar, además, el peso o gravedad que es propiedad del cuerpo por definición.

Su condición “separada” radica en el hecho de que tales “primeros y reales accidentes” no se constituyen con la intervención de las funciones de los sentidos de un animal sensitivo y no existen solo en un cuerpo sensitivo, es decir, que su existencia no depende de la existencia y funcionamiento de los sentidos. Así se pone de manifiesto su condición separada de la sensibilidad. En el Capítulo I esta separación se entendió, por el lado negativo, como el no presentar propiedades humanas ni divinas ni presentar propiedades que dependan de ellas.

### **3.3. “Caracteres matemáticos” de los cuerpos**

Cuando se habla del concepto de naturaleza de Galileo no se puede evitar mencionar la expresión “matematización de la naturaleza”. Una de sus designaciones consiste en la idea de que la naturaleza presenta propiedades matemáticas reales.

Sostenemos que la comprensión adecuada de tal idea (es decir, la *realidad* de propiedades matemáticas en el mundo material), en un contexto mecanicista, depende de la comprensión adecuada del ámbito en el que se plantea la necesidad de propiedades matemáticas en el mundo exterior. Este ámbito es gnoseológico, pues está relacionado con la cuestión de la posibilidad de un conocimiento matemático del mundo exterior o naturaleza, es decir la inteligibilidad matemática de la naturaleza y la consiguiente aplicabilidad de la ciencia matemática para su comprensión. La propuesta galileana consistió en postular la existencia de objetos “matemáticos” en el mundo exterior material; pero, no como objetos abstractos (ideas, conceptos) sino como propiedades concretas de los cuerpos, es decir, como *propiedades materiales* que se pueden entender mediante los conceptos e ideas matemáticas. Son “matemáticas” no porque posean estatus de objeto ideal o conceptual sino porque pueden ser comprendidas y determinadas mediante conceptos e ideas matemáticas.

Las propiedades mecánicas (“matemáticas”) consideradas por Galileo se reducen a tres clases fundamentales: forma (línea, superficie, volumen), cantidad de materia (densidad, enrarecimiento, etc.) y movimiento mecánico (incluye relaciones o estructuras).

### 3.3.1. Carácter matemático del universo

Empezamos considerando el “carácter matemático” fundamental de ese gran *cuerpo* material y total denominado “universo”. Ya en la consideración del universo como un *cuerpo* Galileo plantea su carácter geométrico.

En el *Diálogo*, Primera Jornada, hablando sobre las tres dimensiones de los cuerpos perfectos (longitud, anchura y altura), Salviati dice que éstas se determinan con tres líneas únicas perpendiculares entre sí, por tanto “las dimensiones no son más de 3; y el que tiene las 3 las tiene todas, y el que las tiene todas es divisible por todos los lados, y el que está constituido así es perfecto, etc.” (GALILEI G. , 1994, pág. 13). Por tanto, el universo como totalidad es un cuerpo con tres dimensiones geométricas y por ende perfecto.

Además de este carácter geométrico fundamental, también se puede considerar, de modo más particular, el aspecto de la homogeneidad. El carácter homogéneo del universo, descubierto en la crítica a las concepciones aristotélicas, se puede considerar en dos aspectos fundamentales: el material y el espacial.

#### a) Homogeneidad material

Galileo puso en tela de juicio la posición aristotélica de introducir en el mundo dos sustancias heterogéneas. En la apertura del *Diálogo* de 1632, Jornada Primera, Salviati anuncia que emprenderá un análisis de los argumentos peripatéticos contra la teoría de la movilidad de la Tierra y una consideración de “si es necesario introducir en la naturaleza sustancias diversas entre sí, es decir, la celeste y la elemental, aquélla impasible e inmortal, ésta alterable y caduca” (GALILEI G. , 2011a, pág. 37). La sustancia “celeste” era el éter y la “elemental” comprendía a los cuerpos terrestres compuestos de los elementos agua tierra, aire y fuego.

Con las observaciones hechas por Galileo, aproximadamente desde mediados de noviembre de 1609 a mediados de enero de 1610, sobre el relieve lunar se inició la destrucción de tan radical distinción entre dos regiones del universo constituidas de sustancias radicalmente distintas. En *La Gaceta Sideral*, al referirse a las manchas menores que nadie antes observó, Galileo escribió:

Ciertamente, nunca nadie las observó antes que nosotros, por lo que de la tantas veces repetida inspección de las mismas hemos derivado la opinión, que tenemos por firme, de que la superficie de la Luna y de los demás cuerpos celestes no es de hecho lisa, uniforme y de esfericidad exactísima, tal y como ha enseñado de ésta y de otros cuerpos celestes una numerosa cohorte de filósofos, sino que, por el contrario, es desigual, escabrosa y llena de cavidades y prominencias, no de otro modo que la propia faz de la Tierra, que presenta aquí y allá las crestas de las montañas y los abismos de los valles. He aquí las apariencias a partir de las cuales he podido inferir tales cosas. (GALILEI & KEPLER, 2007, pág. 57).

Galileo sostuvo, entonces el parentesco y semejanza entre la Tierra y la Luna.

En la *Historia y demostraciones en torno a las manchas solares* (1613) aportó otro golpe a la heterogeneidad material del universo. Galileo refiere las implicancias cosmológicas de sus observaciones de las manchas solares en los siguientes términos:

Además, así como a los ingenios especulativos y libres que comprenden perfectamente que ni se puede demostrar ni se ha demostrado nunca con eficacia alguna que la parte del mundo que se encuentra más allá de la concavidad del orbe lunar no se halle sujeta a las mutaciones y alteraciones, ninguna dificultad o repugnancia a lo creíble ha suministrado el hecho de ver cómo se producían tales manchas en la faz del mismo Sol, así los otros que quisieran que la sustancia del Sol fuera inalterable, al verse constreñidos por firmes y sensibles experiencias a situar esas manchas en la parte celeste, creo que ponerlas contiguas al Sol pocas más molestias les dará que ponerlas en otra parte. (GALILEI & KEPLER, 2007, pág. 219).

La inmutabilidad de la región supralunar queda en cuestión y se concibe más bien su semejanza a la región sublunar. Obviamente, todo apuntaba a la concepción homogénea del universo.

La propuesta de Galileo fue, según Solís (2001), que todos los sólidos y fluidos cósmicos se componen de materia universal y, por tanto, se comportan físicamente como los nuestros; y deben estar gobernados también por las leyes que rigen para los cuerpos terrestres, por ejemplo, la ley de caída. Los orbes de éter y los astros sólidos se reducen a la misma materia universal, por lo que no se distinguen en este sentido. La diferencia entre ellos es entre fluidez y solidez material. El espacio del universo está lleno de éter, materia fluida, que sostiene los sólidos celestes. En la proximidad de tales sólidos, el éter cósmico se mezcla con las exhalaciones y vapores de los astros, por lo cual se hace más denso. Los movimientos de los sólidos celestes, según Solís, estarían causados por fuerzas materiales tales como: circulación y arrastre del éter, la gravedad cósmica o la luz. En la materia universal opera una sola fuerza: la gravedad que tiende al centro.

La materia del universo es la misma que la de la Tierra; esta concepción fue la base de una física que incluya a todo el universo. Japiassu (1989) dice que la unidad de la física galileana, se debe a la unidad del objeto, del mundo. La unidad del mundo no se debe a la presencia de una armonía universal, sino a la identidad de la materia de todas cosas y de todos los fenómenos, es decir, a la homogeneidad de la materia. La materia es homogénea porque es una y porque todos los cuerpos físicos son conmensurables y por tanto objetos de cálculo. La homogeneidad de la materia es el primer principio y el más importante de la nueva física. (CANEDO, 1989, págs. 149-150). La identidad de la materia se reduce a la identidad de elementos que constituyen los objetos materiales, esto es, los átomos. Si se desea mantener la identidad de los átomos, entonces se debe postular su indivisibilidad, de modo que el único cambio inteligible, el local, no los afecte.

Por lo tanto, la información alcanzada por los autores mencionados es coherente con el planteamiento fundamental de Galileo sobre la homogeneidad material del universo: el universo se reduce a cuerpos con movimiento mecánico de una sola sustancia material.

### **b) Homogeneidad espacial**

La concepción aristotélica admite una jerarquía de lugares naturales. La concepción Galileana diluye tal concepción y la sustituye por una concepción homogénea según la cual no hay lugares privilegiados ni direcciones privilegiadas.

Es ya un lugar común hacer referencia al enfoque arquimediano de la cuestión hidrostática de la flotación y señalar la consecuencia de mayor trascendencia: la destrucción de la noción de movimiento natural hacia arriba y con ella la concepción de lugares privilegiados. Según Beltrán (1983), en la explicación del movimiento hacia abajo y hacia arriba, Galileo rechaza la tesis de que algunos cuerpos son pesados y otros son no pesados (ligeros) por naturaleza y afirma que todos los cuerpos son pesados (graves). Los cuerpos que se mueven hacia arriba no es que carezcan de peso sino que su grado de pesadez es menor que el del medio en que se mueven (el aire). El aire no cae porque debería caer a través del agua, pero ésta es más pesada que el aire y no lo permite. Por tanto, un cuerpo se moverá hacia arriba o hacia abajo según sea más o menos denso que el medio en que se encuentra o permanecerá en equilibrio si tienen la misma densidad.

Consecuentemente, en el estudio de los movimientos de los cuerpos no es importante la distinción entre cuerpos pesados y cuerpos no pesados, sino que lo realmente importante es considerar la densidad. En función de su peso específico los distintos tipos de cuerpos materiales presentarán una velocidad natural que es la que presentan en el vacío.

Por tanto, el movimiento hacia arriba y hacia debajo de los cuerpos se explica apelando a la propiedad material de la densidad. Uno u otro tipo de movimiento será la resultante de la relación entre la densidad del móvil y la densidad del medio.

En el mismo sentido, Desanti escribió: “El espacio abstracto de la geometría, ese espacio que los griegos, y en particular Arquímedes, habían concebido muy bien, gana un contenido físico. (...) La jerarquía de los lugares queda ahora destruida, y esto en el contexto de Arquímedes, en el que se introducen y en el que adquieren su valor epistemológico los conceptos tradicionales que Galileo utiliza aun”. (CHATELET, 1983, pág. 71).

Lo importante aquí es que se supone la distinción entre el espacio (conceptual, abstracto) de la ciencia geométrica y el espacio geométrico físico; éste no es un concepto, sino el mundo exterior sin lugares ni direcciones privilegiadas. Por analogía, el espacio físico homogéneo es –como dice bien Desanti- el contenido del concepto abstracto de espacio.

Por tanto, según las consideraciones *a)* y *b)* precedentes, el “carácter matemático” del universo se reduce a su corporeidad tridimensional, su homogeneidad de sustrato y espacial.

### c) Naturaleza del universo

El carácter homogéneo se traduce en la nueva concepción de la *naturaleza* del universo. El rasgo esencial del universo es que está compuesto de cuerpos con movimiento mecánico<sup>80</sup>. Desanti (1983), resume bien este nuevo concepto. La *naturaleza*, es un ámbito en el que está presente un sistema de cuerpos en movimiento. “Naturaleza” ya no designa en concepto aristotélico de una jerarquía de seres sometidos a devenir, sino que se refiere a un dominio o ámbito homogéneo de cuerpos entre los que tienen lugar sistemas de movimientos; se refiere a “la trama del universo” (CHATELET, 1983, págs. 71-72, 79).

Una concepción tal de la naturaleza ofrece el campo adecuado para la aplicación del método arquimedianeo al mundo de los astros. Para Japiassu (1989), aquí radica el gran mérito de Galileo, pues permitió responder a la gran cuestión: ¿Cómo extender al *mundo* natural (totalidad de cuerpos en movimiento) las formas de racionalidad geométrica (discurso demostrativo bien regulado y riguroso de las matemáticas)? Una naturaleza mecánica y homogénea es la respuesta.

### d) Orden

Si bien el orden aristotélico del universo, en los sentidos ya expuestos, fue desplazado, sin embargo, se mantiene el *orden* del universo pero en otro sentido.

En primer lugar, Galileo, coincidiendo con Aristóteles, mantiene el orden del gran cuerpo total que es el universo:

Pero, dejando por el momento la argumentación de Aristóteles, que a su debido tiempo retomaremos y examinaremos por partes, digo que, de lo dicho hasta aquí, convengo con él y admito que el mundo sea un cuerpo dotado de todas las dimensiones, y por tanto perfectísimos. Y añadido que, como tal, necesariamente sea ordenadísimo, es decir, de partes dispuestas entre sí con sumo y perfectísimo orden, lo cual no creo que sea negado ni por vos ni por nadie. (GALILEI G. , 1994, págs. 17-18).

---

<sup>80</sup> Dice Japiassu (1989), con Galileo la madre naturaleza se concibe como naturaleza mecanicista; la naturaleza se considera como una máquina, como conjunto de mecanismos cuyas leyes se pueden descubrir.

La aceptación del orden por parte de Galileo supone la demostración aristotélica de la perfección del universo: “Aristóteles prueba la integridad y perfección del mundo señalándonos que éste no es una línea, ni una simple superficie, sino un cuerpo provisto de longitud, anchura y profundidad; y puesto que no existen más que estas tres dimensiones, teniendo éstas, las tiene todas, y teniéndolo todo, es perfecto.” (GALILEI G. , 1994, pág. 9). El orden del universo que se acepta es el de la necesidad de las tres dimensiones de todo cuerpo; no tiene que ver con la “jerarquía” del universo en sentido aristotélico.

En segundo lugar, se mantiene el concepto de orden del universo en cuanto a su estructura u organización de movimientos. Los móviles que constituyen la naturaleza del universo están organizados, constituyen sistemas de movimientos de cuerpos. En opinión de Desanti (1983), el orden de la naturaleza del universo constituye lo que se denomina “mundo”; el *mundo* es la organización de los movimientos de los cuerpos.

En el sistema de movimientos, el movimiento circular y uniforme<sup>81</sup> presenta un estatus dominante, pues es el que puede conservar el orden. Algunos han observado que tal condición del movimiento circular uniforme tuvo implicancias negativas. Según Desanti (1983), fue una idea desafortunada, pues le condujo a errores como la relacionada con la naturaleza de los cometas, la imposibilidad de descubrimientos como el de Kepler y la poca claridad en la formulación del principio de inercia.

Por tanto, el “carácter matemático” del universo se reduce a su corporeidad tridimensional, su homogeneidad de sustrato y espacial; también se reduce a su “orden perfecto”: necesidad de tres dimensiones y su organización en movimientos circulares y uniformes.

---

<sup>81</sup> Galileo mantuvo la vieja idea de que los movimientos de los cuerpos celestes son circulares y uniformes (MASON, 2005).

### 3.3.2. La forma espacial

Las propiedades esenciales de la naturaleza son las formas geométricas. Esta tesis galileana debe entenderse en el contexto mecanicista y en el contexto de la cuestión gnoseológica del objeto que posibilita el conocimiento matemático de la naturaleza.

Ofrecemos seguidamente una interpretación del sentido mecánico en el que debe entenderse la atribución de “formas matemáticas” a las sustancias corpóreas individuales que componen el mundo material, esto es, como propiedades inherentes al mundo material; tal atribución la encontramos formulada de modo metafórico en el muy citado pasaje del apartado 6 de *El Ensayador (Il Saggiatore)*, donde se habla del lenguaje matemático en los que el mundo está escrito.

La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin los cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto. (GALILEI G. , 1984, pág. 61).

Consideramos que la formulación metafórica del texto ha jugado papel importante en la generación de inconvenientes de interpretación. Es así que tal circunstancia ha sido capitalizada por interpretaciones de tendencia idealista objetiva y escéptica; esta última en el caso de los aristotélicos de la época de Galileo.

La interpretación adecuada, empero, ha ido ya superando tales inconvenientes. En este sentido es digno de mencionar, entre autores que han considerado el tema y a los que nos ha sido posible acceder, la clara identificación por parte de Mason de las propiedades matemáticas de los cuerpos con las “propiedades mecánicas medibles”. Mason (2005, págs. 47-48) afirma que además de las propiedades medibles espaciales tales como longitudes, áreas y volúmenes, medidas ya tradicionalmente en la geometría, Galileo estudio la cantidad de materia (posteriormente denominada masa), el tiempo y la velocidad (en los problemas dinámicos). Es decir, en la investigación que utiliza el método experimental



moderno extrajo la geometría de su concentración en longitudes, áreas y volúmenes para aplicarla a otras propiedades mecánicas medibles como tiempo, velocidad y cantidad de materia, con el fin de descubrir sus conexiones y deducir sus consecuencias; de este modo la matemática se interesa sólo en cualidades medibles y no se aplica a cualidades no medibles. Aquí radica además la limitación del método experimental: no se puede aplicar a cualidades no medibles, esto es, a cualidades “no matemáticas” del mundo exterior.

El supuesto galileano de que en el mundo exterior debe existir un objeto susceptible de entender geoméricamente, que sea objeto de aplicación de la ciencia geométrica, también fue objeto de interés para otros historiadores. Koyré (1981, pág. 87), decía que geometrizar el espacio es aplicar al movimiento leyes geométricas; geometrizar es matematizar o racionalizar. El espacio y las leyes naturales (mundo exterior) se pueden racionalizar o geometrizar, esto es, pueden ser objeto de aplicación de leyes geométricas.

En el mismo sentido, consideramos justo mencionar la lectura de Beltrán. Al comentar el pasaje citado según el cual la naturaleza está escrita en caracteres matemáticos, Beltrán comenta correctamente que estos caracteres matemáticos están constituidos especialmente por “lo medible o geometrizable” (BELTRÁN, 1983, pág. 129); entendemos que tácitamente quiere decir “de los cuerpos materiales” y el hecho de que no lo diga explícitamente se explicaría porque para él hablar de los aspectos “materiales” es lo mismo que hablar de los aspectos “subjetivos” únicamente (BELTRÁN, 1983, pág. 120). En su comentario del texto de Galileo sobre la diferencia entre cualidades primarias y secundarias, encontramos en Beltrán un sentido peculiar de “materia”: identifica materia con cualidades secundarias, por lo cual señala que para descubrir la verdadera estructura de la naturaleza se debe eliminar la materia (BELTRÁN, 1983, pág. 114). Felizmente, el contexto permite comprenderlo adecuadamente: la preocupación central de Beltrán por el deslinde de Galileo frente a la “experiencia inmediata” de Aristóteles y por la aclaración de la tesis “platonista” de Koyré.

Así también, Japiassu (1989), con acierto señala que Galileo en el texto objeto de comentario manifiesta su idea de una naturaleza libre de presupuestos mágicos, sobrenaturales, míticos; no hay lugar para ángeles ni demonios, sólo para propiedades matemáticas. La interpretación de Japiassu constituye un ejemplo en el que no se asocia la concepción galileana con Platón, ni tampoco con la de Bacon o Descartes; se inscribe

correctamente la concepción galileana en el contexto mecanicista. “Los astros pierden su divinidad. El espacio mítico de los cielos se convierte en un espacio físico en el cual las revoluciones siderales corresponden al devenir de un sistema mecánico, cuyos movimientos pueden ser calculados” (CANEDO, 1989, pág. 149).

Finalmente, en nuestro concepto, para comprender el sentido del célebre pasaje citado hay que señalar, además, el contexto práctico. Es así que se debe recordar la profunda motivación práctica del interés galileano por el mundo material y por las formas immanentes del mundo material. Ello está contenido en la parte inicial de los *Discorsi* de 1638 y ha sido objeto de muchos comentarios como el de Hernández. El concepto galileano de naturaleza expresaría históricamente una valoración de la fuerza de la práctica. El enfrentamiento de artesanos y filósofos se habría iniciado en el siglo XV, acentuándose en el siglo XVI. Esa atmósfera constituyó aun el contexto de Galileo, pues tomó partido por la nobleza de las artes mecánicas y del trabajo manual. Este hecho permite entender la insatisfacción de Galileo por el saber libresco (HERNÁNDEZ, 1995). Si no ha de abandonarse la filosofía, ésta debe ser reformada; la nueva filosofía debe apostar por libre pensamiento y debe tomar en cuenta los nuevos hechos y no la autoridad, sea ésta de Aristóteles o de la santa escritura. Así que, la inclinación por la práctica y la nueva filosofía se tradujo en el imperativo de “buscar la filosofía en el gran libro de la naturaleza”, posición contraria a los escolásticos y aristotélicos.

En la reacción contra el principio de autoridad también coincide Shea. Según Shea, Galileo pone el asunto de la naturaleza cuando cuestiona el principio de autoridad en ciencia. Los aristotélicos (como Coresio) creían que la naturaleza hablaba por boca de Aristóteles. La actitud galileana era contraria a ella: Galileo piensa que la naturaleza habla por sí misma, no por boca de Aristóteles, Platón, Demócrito o algún otro antiguo. En la búsqueda de verdad ninguno de ellos puede ser autoridad; la autoridad suprema es la naturaleza; en este sentido, la ciencia debe hablar el lenguaje de la naturaleza. Para el éxito de la empresa científica, Arquímedes era sólo un apoyo; en este mismo sentido debe entenderse también su acuerdo con Platón en cuanto al rechazo de la “levedad positiva” con ocasión del debate sobre los cuerpos flotantes. Los cuerpos naturales no poseen la levedad como una “cualidad real” (SHEA, 1983, pág. 53).

Por lo tanto, el sentido del pasaje consiste en determinar el dominio ontológico que constituirá el nuevo objeto de la investigación matemática aplicada y autónoma orientada a la transformación eficaz de la naturaleza. Tal dominio será el de la forma “geométrica” mecánica, propiedades inteligibles de los cuerpos y determinables plenamente con los conceptos de la geometría.

En efecto, encontramos que, en la primera de las dos nuevas ciencias de Galileo, la teoría de la resistencia de materiales<sup>82</sup>, expuesta en las dos primeras jornadas de los *Discorsi*, Salviati estudia fundamentalmente *formas*: cilindros, prismas, conos, esferas, tamaño, densidad, y algunas afecciones relacionadas con ellas tales como consistencia y resistencia; pero como *formas de cuerpos*; donde los cuerpos se suponen de diversa naturaleza, de vidrio, de madera, de acero, de mármol, etc.

Salviati, retomando el tema propuesto en la Primera Jornada para iniciar la Segunda Jornada, dice dirigiéndose a Sagredo:

Y retornando el tema propuesto, una vez admitida la resistencia, cualquiera sea su naturaleza, que los sólidos ofrecen a la fractura ante una violenta tracción, basta por ahora con saber que indudablemente existe en ellos; y aunque esta resistencia es enorme contra la fuerza que los solicita a lo largo, es menor por lo general contra la que los solicita a través. Así veremos que una varilla, por ejemplo, de acero o de vidrio, resiste a lo largo, el peso de mil libras, y fijada a escuadra en un muro, se rompe con solo suspenderle cincuenta. De esta segunda resistencia debemos hablar nosotros, tratando de buscar en qué proporción se encuentra en los prismas y cilindros, tanto semejantes, como desemejantes en forma, longitud y grosor, pero de una misma materia. (GALILEI G. , 2003, págs. 157-158).

Por otro lado, el movimiento mecánico o local es el objeto de la segunda nueva ciencia, la cinemática, presentada en las jornadas tercera y cuarta de los *Discorsi*; el movimiento uniformemente acelerado en la tercera jornada y el movimiento de proyectiles en la cuarta. Al inicio de la Tercera Jornada se anuncia el dominio ontológico “matemático” de la segunda nueva ciencia:

---

<sup>82</sup> Algunos la denominan simplemente “mecánica” (GIUSTI, 2001).

Vamos a instituir una ciencia nueva sobre un tema muy antiguo. Tal vez no haya, en la naturaleza, nada más antiguo que el movimiento; y acerca de él son numerosos y extensos los volúmenes escritos por los sabios (*philosophis*). Sin embargo, entre sus propiedades (*symptomatum*), que son muchas y dignas de saberse, encuentro yo no pocas que no han sido observadas ni demostradas hasta ahora. Se ha fijado la atención en algunas que son de poca importancia, como por ejemplo, que el movimiento natural [libre] de los graves en descenso se acelera continuamente; sin embargo, no se ha hallado hasta ahora en qué proporción se lleve a cabo esta aceleración;... Se ha observado que las armas arrojadas o proyectiles describen una línea en cierto modo curva; sin embargo, nadie notó que esa curva era una parábola. (GALILEI G. , 2003, pág. 213).

Entonces, la segunda nueva ciencia se interesa en propiedades mecánicas (“geométricas”) como movimiento local, la aceleración, espacio recorrido, tiempo, velocidad, proyección, etc.

#### **a) Cantidad de materia y resistencia**

La teoría de resistencia de materiales se reduce a la ley según la cual en los objetos materiales la resistencia es finita. Su demostración geométrica y la fundamentación física es materia de la Primera y Segunda Jornadas de los *Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* (1638). Las propiedades mecánicas consideradas son fundamentalmente la forma y cantidad de materia; más particularmente, rarefacción, condensación, consistencia, resistencia a la fractura, tracción violenta; largo, ancho, volumen, etc. También se consideran estructuras como la relación entre menor resistencia a la fractura de los sólidos y la tracción violenta a lo largo o a través, así como su relación con la forma del sólido, etc.

### **3.3.3. Las estructuras del movimiento local**

Entre las propiedades materiales “matemáticas” del mundo exterior, Galileo considera también, y de manera especial, las *relaciones* o estructuras entre propiedades materiales. Concentran el mayor interés en sus análisis de la resistencia de materiales y del movimiento

local. Vamos a ilustrar este punto tratando de mostrar que las estructuras, según Galileo poseen un *estatus ontológico mecánico derivado* que no puede ser confundido con el estatus de *estructuras conceptuales en sí*.

### a) **Movimiento: propiedad relacional**

Las estructuras involucradas en el movimiento local han sido del máximo interés en la segunda nueva ciencia de Galileo, la cinemática. En tales estructuras radica también el carácter “matemático” del movimiento de los cuerpos.

En el contexto de la concepción de naturaleza ordenada del universo tiene lugar el concepto de movimiento relativo de Galileo. Para los aristotélicos el movimiento es una realización por el móvil de una *esencia, forma o telos* contenido en su interior (DESANTI, 1983); el movimiento expresa una naturaleza intrínseca según el cual el móvil tiene un lugar natural asignado. Pero la relatividad del movimiento no fue ajena a los aristotélicos porque, según Koyré (1981, pág. 211), éstos creían que el movimiento local necesita un punto de referencia inmóvil; pero el movimiento no es una pura y simple relación entre dos términos sino que, como proceso que afecta al móvil, el punto de referencia debe ser efectiva y realmente inmóvil, esto es, el centro inmóvil del mundo.

En cambio, la concepción del movimiento de Galileo es relacional; el movimiento es una propiedad relacional de los cuerpos móviles, es decir, una propiedad de desplazamiento que se da en relación a otro cuerpo que se supone inmóvil, pero este cuerpo de referencia no tiene que estar inmóvil de manera absoluta.

En la Segunda Jornada del *Diálogo* de 1632, Salviati define la esencia del movimiento relativo:

El movimiento, en tanto es movimiento y como movimiento, opera en cuanto que tiene relación con cosas que carecen de él. Pero entre cosas que participan de él por igual no opera y es como si no existiese. Así, las mercancías de las que está cargada la nave, se mueven en tanto en cuanto, dejando Venecia, pasan por Corfú, Creta, Chipre y van a Alepo, mientras Venecia, Corfú, Creta, etc., siguen donde están y no se mueven con la nave. Pero para los fardos, cajas y otros bultos de los que la nave está cargada y estibada, y respecto a la propia nave, el movimiento desde Venecia a Siria es como nulo y nada altera la

relación que tienen entre sí, lo que es debido a que es común a toda la carga y toda participa de él por igual. Y si de las cosas que están en la nave, un fardo se separa sólo un dedo de una caja, para dicho fardo este movimiento habrá sido mayor, en relación a la caja, que el viaje de dos mil millas hecho por los dos juntos. (GALILEI G. , 1994, pág. 103).

Simplicio considera que esta opinión es peripatética, pero Salviati considera que no lo es y que más bien es de una buena escuela más antigua, y además Aristóteles no la habría comprendido bien.

### **b) Estructuras esenciales y derivadas**

Las estructuras constituyen el objeto fundamental de la cinemática galileana. Esta cinemática presenta algunos aspectos fundamentales constantes que Galileo mantiene en Pisa, Padua y Florencia: el peso y la circunferencia como línea física privilegiada (KOYRÉ, 1981). Cabe destacar, en relación al peso, que si bien éste es una propiedad intrínseca e inseparable del cuerpo, no obstante, Galileo no considera su causa, es decir, su enfoque es cinemático. Por esta autonomía frente a la causa, Koyré estima que la cinemática galileana eleva el estatus ontológico del movimiento natural y la aceleración<sup>83</sup>.

Volviendo a lo más importante para nuestro objetivo, debemos mostrar que la cinemática galileana se interesa principalmente por estructuras “matemáticas” de los cuerpos en movimiento. Las estructuras involucradas son de dos tipos: esenciales y derivadas. Las esenciales están relacionadas con las definiciones esenciales y las derivadas se presentan relacionadas con los postulados, teoremas, corolarios, lemas y problemas.

Consideremos, en primer lugar, las estructuras del movimiento uniforme o constante. En la Jornada Segunda de los *Discorsi*, Galileo señala que para el movimiento uniforme se

---

<sup>83</sup> “El movimiento, como la velocidad, e incluso sobretodo esta última, modifican en cierto modo su *status* ontológico: de efectos producidos por una causa y que sólo duran y existen mientras dura la acción de la causa que los produce (ejemplo: presión), pasan a ser entes relativamente independientes que se conservan por sí solos, como se conserva por sí sólo el reposo de un cuerpo que no se mueve” (KOYRÉ, 1981, pág. 91). En nota al pie, Koyré agrega que el movimiento y el reposo se convierten en estados y poseen “la misma dignidad ontológica”; en cambio en Aristóteles no son estados sino que el reposo es privación de movimiento y el movimiento es un proceso; el reposo dura sin causa, pero el movimiento solo existe por la causa que lo mantiene (KOYRÉ, 1981, págs. 91, nota 45). Al movimiento como estado Koyré lo denomina “abstracto”; en otro lugar da a entender que lo abstracto se refiere a lo cinemático (KOYRÉ, 1981, pág. 133).

necesita una sola definición que es la siguiente: “Entiendo por movimiento uniforme aquel cuyos espacios, recorridos por un móvil en cualesquiera (*quibuscunque*) tiempos iguales, son entre sí iguales” (GALILEI G. , 2003, pág. 214). De esta definición dependen cuatro axiomas y a partir de éstos se demuestran seis teoremas.

Es importante, para nuestros propósitos, observar que la definición del movimiento uniforme dice que la esencia o naturaleza de tal movimiento consiste en una relación de proporcionalidad entre dos magnitudes: espacio y tiempo. En los axiomas III, IV y en los seis teoremas, se pone en juego explícitamente, además, la velocidad.

La definición citada describe, entonces, la propiedad esencial del movimiento uniforme, mientras que los axiomas y teoremas describen propiedades derivadas más particulares del movimiento uniforme. Esta concepción de la definición y de los axiomas y de los teoremas sobre el movimiento uniforme corresponde al propio Galileo. Al concluir su tratamiento del movimiento uniforme y disponerse al tratamiento del movimiento naturalmente acelerado, se lee: “Las propiedades que se dan en el movimiento uniforme, han sido consideradas en la sección precedente. Ahora, vamos a tratar del movimiento acelerado.” (GALILEI G. , 2003, pág. 221). Por tanto, las estructuras del movimiento uniforme se reducen a relaciones entre magnitudes de los cuerpos en movimiento. Hay uniformidad entre tiempos y espacios; espacios iguales son recorridos en tiempos iguales.

En segundo lugar, consideremos la situación del movimiento naturalmente acelerado. En la Jornada Tercera de los *Discorsi* está registrado el proceso de identificación de las magnitudes que están involucradas en la estructura o esencia del movimiento naturalmente acelerado.

Porque cuando yo observo que una piedra al descender de una altura, partiendo del reposo, adquiere continuamente nuevos incrementos de velocidad, ¿por qué no he de creer que tales aditamentos se efectúan según el modo más simple y más obvio para todos? Porque, si observamos con atención, ningún aditamento, ningún incremento hallaremos más simple que aquel que se sobreañade siempre del mismo modo. Lo veremos fácilmente si paramos mientes en la gran afinidad que hay entre el tiempo y el movimiento. Porque así como la uniformidad del movimiento se define y se concibe por medio de la uniformidad de los tiempos y de los espacios (pues al movimiento le llamamos uniforme, cuando espacios iguales son recorridos en tiempos iguales), así también, por medio de la igualdad, de los intervalos de tiempo, podemos concebir los incrementos de la

velocidad simplemente agregados; entendiendo que ese movimiento es acelerado uniformemente y del mismo modo continuamente, siempre que en cualesquiera tiempos iguales se le vayan sobreañadiendo aditamentos iguales de velocidad. (GALILEI G. , 2003, pág. 222).

La consideración de la simplicidad y facilidad del proceder de la naturaleza insinuó la intuición de que la aceleración es uniforme. Los incrementos de velocidad deben hacerse de la manera más simple. El aditamento de velocidad más simple debe ser el que se hace siempre del mismo modo (siguiendo una pauta constante). Este modo regular se pone de manifiesto en la relación observable entre aceleración uniforme del movimiento y tiempo. Así se llega a la estructura o esencia que será objeto de la definición del movimiento uniformemente acelerado: aumentos iguales se dan en intervalos iguales de tiempo.

En los *Discorsi*, la primera definición del movimiento naturalmente acelerado es referida y atribuida por Salviati al Académico o el Autor: “La definición del movimiento que vamos a tratar, puede ser la siguiente: Llamo movimiento igualmente o *uniformemente acelerado* aquel que, a partir del reposo, va adquiriendo incrementos iguales de velocidad durante intervalos iguales de tiempo.” (GALILEI G. , 2003, págs. 222-223). Esta se da tentativamente antes de un análisis y discusión. Después de análisis y discusión, Sagredo formula la versión final que es prácticamente la misma: “*Llamamos movimiento igualmente o uniformemente acelerado aquel que, partiendo del reposo, va adquiriendo incrementos iguales de velocidad durante tiempos iguales*” (GALILEI G. , 2003, pág. 231).

Por tanto, la esencia del movimiento uniformemente acelerado consiste en la relación entre incrementos iguales de velocidad y tiempos iguales. Esta es una propiedad del movimiento de cuerpos que caen naturalmente. Como propiedad material es parte de la naturaleza material; la definición, en cambio, es producto del trabajo intelectual y no es parte de los cuerpos de la naturaleza.

En cuanto a las estructuras derivadas debe señalarse lo siguiente. El primer y único postulado utilizado por Galileo para las demostraciones de las muchas propiedades del movimiento naturalmente acelerado también describe una estructura que se supone tiene lugar en el movimiento de cuerpos en caída: “*Acepto que las velocidades de un mismo móvil, adquiridas sobre diversos planos inclinados, son iguales, cuando las alturas de esos mismos planos son iguales.*” (GALILEI G. , 2003, pág. 231).



Por tanto, el primer principio, en el contexto de caída de graves en diversos planos inclinados, relaciona la identidad de la velocidad final de los cuerpos con la identidad de la altura de los planos.

Sagredo advierte que tal estructura debe encontrarse en los hechos con alta probabilidad, siempre que se hayan eliminado algunos impedimentos accidentales tales como las imperfecciones de los planos y esferas metálicas; “que los planos sean muy duros y tersos, y el móvil sea de figura perfectamente redonda, de modo que ni el plano ni el móvil tengan la más mínima aspereza” (GALILEI G. , 2003, pág. 232). Salviati pretendió incrementar tal probabilidad con un experimento mental.

En fin, independientemente de la certeza o probabilidad, lo importante es destacar que según Galileo la esencia o estructura esencial del movimiento acelerado se da en el mundo de los cuerpos que caen<sup>84</sup>. “La naturaleza usa de cierta especie de aceleración en los graves que descienden” (GALILEI G. , 2003, pág. 221).

Lo mismo se puede decir de todas las estructuras descritas en todos los teoremas, corolarios, escolios y problemas concernientes al movimiento naturalmente acelerado estudiados en los *Discorsi*.

En tercer lugar, no podemos dejar de mencionar el caso de las estructuras del movimiento de proyectiles. En la Jornada Cuarta de los *Discorsi*, Galileo presenta y demuestra algunas de las propiedades principales del movimiento de los proyectiles.

Galileo determina la naturaleza o esencia de este tipo de movimiento a través de las siguientes consideraciones:

---

<sup>84</sup> Al referirse a estas estructuras Drake entiende que estas son propiedades de movimientos que se dan en la naturaleza. Nunca se había prestado suficiente atención a algunas propiedades fundamentales de los movimientos naturales, por ejemplo, la ley de aceleración de los movimientos de caída (DRAKE, 1983). El pensamiento de Galileo no es de matemática pura sino de físico-matemática. Busca el movimiento real, el que emplea la naturaleza. En el mismo sentido, Koyré (1981, pág. 147) habla de la esencia matemática del mundo. Así también, Burttt nos dice que “la naturaleza se presenta a Galileo, aún más que a Kepler, como un sistema sencillo y ordenado, en el que cada acción es totalmente regular e inexorablemente necesaria... esta rigurosa necesidad de la naturaleza resulta de su carácter fundamentalmente matemático: la naturaleza es el dominio de las matemáticas” (BURTT, 1960, pág. 80). Más adelante señala que Galileo cree “en la estructura matemática del mundo” y que esta creencia lo libera de la “necesidad de depender estrechamente del experimento” (BURTT, 1960, pág. 82). Sobre la interpretación hecha por Burttt, debemos decir: Que Galileo crea en la estructura matemática del mundo es correcto si por “estructura matemática” se entienda una estructura material, pero si se entiende como estructura abstracta o ideal ya no lo es.

Me imagino un móvil lanzado sobre un plano horizontal, libre de todo impedimento. Sabemos, por lo que hemos dicho profusamente en otra parte, que el movimiento de aquel ha de ser uniforme y perpetuo sobre el mismo plano, si el plano se extiende infinitamente; pero si lo suponemos limitado y en declive, el móvil, que supongo dotado de gravedad, al continuar su marcha, después de llegar al borde del plano, añadirá, a su primer movimiento uniforme e indestructible, aquella propensión hacia abajo que tiene por su propia gravedad, y de ahí surgirá un movimiento compuesto del uniforme horizontal y del naturalmente acelerado hacia abajo, al que llamo proyección (GALILEI G. , 2003, págs. 331-332).

La naturaleza de este movimiento, denominado “proyección”, consiste, por tanto, en dos movimientos componentes: un movimiento uniforme y otro naturalmente acelerado.

A partir de esta definición se demuestran algunas propiedades de las proyecciones. Todas las propiedades que Galileo menciona en este apartado involucran igualmente estructuras. Éstas están descritas o formuladas en los teoremas, corolarios, lemas y problemas considerados por Galileo.

En cuanto a las estructuras derivadas de las proyecciones encontramos igualmente relaciones entre magnitudes, por ejemplo, relaciones entre ímpetu, amplitud y altura. La excepción está en el *Teorema I* que describe una relación entre dos trayectorias o líneas: la trayectoria del movimiento uniforme horizontal y la trayectoria del movimiento naturalmente acelerado hacia abajo; ésta relación constituye una semiparábola.

Tales estructuras se suponen que tienen lugar en el movimiento de los proyectiles. La definición, los teoremas, corolarios, lemas y problemas, en cuanto tales (conceptos, ideas), no tienen lugar en los proyectiles, no son propiedades de éstos.

Finalmente, cabe mencionar, en relación al movimiento de proyectiles, una estructura que tuvo que ver con la eliminación del concepto de movimiento hacia arriba como un movimiento natural. Galileo estudió esta estructura en los primeros tiempos en que dominan sus intereses en el campo de la hidrostática

Galileo se enorgullecía de resolver todos los problemas de hidrostática tomando en cuenta tan sólo la mayor o menor gravedad específica del sólido y su relación con el medio (SHEA, 1983, pág. 47). Según este enfoque, que puede denominarse “modelo hidrostático”, el movimiento hacia arriba se interpreta como movimiento de “extrusión”: el cuerpo sumergido en un medio más grave es expulsado hacia la superficie. La piedra que en el

mercurio no se hunde pierde, en esta circunstancia y en cierto sentido, su gravedad natural (específica) y gana levedad; lo mismo ocurre con la madera; pero, fuera de esta circunstancia (si se las extrae del medio más pesado que ellos), tales cuerpos recobran su gravedad natural. Este mismo comportamiento se observaría en el caso de los proyectiles, pues éstos, si se liberan de la fuerza propulsora, recobran su “gravedad propia e intrínseca”, o sea natural o específica.

Según el modelo hidrostático arquimediano utilizado por Galileo, el subir y bajar de un cuerpo en un medio es un proceso mecánico. En la explicación de este proceso es suficiente tomar en cuenta algunas propiedades observables y *cuantificables* tanto del cuerpo como del medio. En el *Discurso sobre los cuerpos flotantes* de 1612 Galileo afirmó que la “causa real, intrínseca y total”, “la causa por la que algunos sólidos se hunden es el exceso de su peso por encima del peso del agua” (Galilei, *Opere*, IV, p. 67), citado por Shea (1983, pág. 32).

En el modelo referido, se distinguen dos magnitudes: la gravedad específica del cuerpo que flota o se sumerge y la gravedad específica del medio (como se menciona en otro lugar, el medio es otro cuerpo, el agua, que también posee una gravedad específica). Así también se pone de manifiesto una estructura fundamental: la relación entre los dos accidentes, magnitudes o variables, mencionados; es decir, entre la gravedad específica del sólido y la gravedad específica del agua. Esta estructura “matemática” de la naturaleza, que tiene lugar entre propiedades de cuerpos, es ella misma una propiedad de un sistema de cuerpos. Por tanto, posee un estatus ontológico derivado, pero no tiene el estatus de un objeto conceptual o ideal.

En resumen, en el contexto mecanicista, decir que la naturaleza posee “estructuras matemáticas” (una forma más específica de decir que posee “caracteres matemáticos”) equivale a decir que existen *estructuras constantes y necesarias*, esenciales o derivadas, dependientes de cuerpos, y que por ello se pueden entender mediante estructuras matemáticas ideales así como formular en definiciones esenciales, postulados, teoremas, etc. Así queda establecida la posibilidad de que en las estructuras del dominio de los cuerpos en movimiento mecánico se apliquen determinaciones y demostraciones geométricas. Queda fundamentada la regla según la cual las afirmaciones deben tomar en cuenta el hecho de que los fenómenos de la naturaleza están de acuerdo con las propiedades

demostradas matemáticamente. “Nuestro aserto se funda principalmente en el hecho de que aquello, que los experimentos naturales ofrecen a nuestros sentidos, parece corresponder completamente y estar de acuerdo con las propiedades demostradas luego por nosotros.” (GALILEI G. , 2003, pág. 221).

Por tal condición “matemática”, en el sentido señalado, de las estructuras de la naturaleza, se dice que éstas tienen estatus ontológico derivado y que, por tanto, se puede decir de ellas que son reales u *objetivas* en sentido ontológico derivado. En ellas, así como en las otras formas “geométricas” de los cuerpos y del gran cuerpo denominado “universo”, radica el fundamento ontológico mecánico de la ciencia matemática de la naturaleza (astronomía, mecánica, dinámica). No es necesario suponer la existencia de formas y estructuras geométricas perfectas inmateriales (formas y estructuras de geometría pura) inmanentes al mundo exterior o naturaleza. Esta última suposición ha dado pie a la objeción de aristotélicos.

### 3.3.4. Objeción aristotélica

Interpretar el estatus ontológico de los caracteres “matemáticos” de la naturaleza en los términos señalados (galileanos), esto es, en sentido derivado y material, no implica mayores problemas.

Sin embargo, si se interpreta la posición galileana al respecto (la naturaleza presenta caracteres “matemáticos”) en el sentido de que tuvo la pretensión de sostener una conjunción de dos tipos de objetos radicalmente distintos (*ideas* geométricas y cuerpos) en la naturaleza, entonces puede suscitar escepticismo y oposición, máxime si se asume al mismo tiempo un concepto de *naturaleza* de sentido común. Esta fue justamente la posición de los peripatéticos de la época de Galileo que conviene mencionar aquí porque permitirá entender más la posición galileana sobre el estatus ontológico de las propiedades matemáticas.

En el *Diálogo*, Galileo pone la posición aristotélica en boca de Simplicio. Luego que Salviati hubo demostrado geoméricamente que la esfera toca el plano en un solo punto, Simplicio objeta señalando que “esta demostración es concluyente para las esferas en

abstracto y no para las materiales” (GALILEI G. , 1994, pág. 179). Frente a ello, Salviati exige una justificación. Simplicio la proporciona en los siguientes términos:

Las esferas materiales están sujetas a muchos accidentes a las que no se someten las inmateriales. ¿Y por qué no puede suceder que al poner una esfera de metal sobre un plano, el propio peso ejerza presión de modo que el plano ceda algo, o bien que la misma esfera en el contacto se abolle? Además ese plano difícilmente podrá ser perfecto, si no por otra cosa al menos porque la materia es porosa. Y quizá no sea menos difícil encontrar una esfera tan perfecta que tenga todas las líneas desde el centro hasta la superficie exactamente iguales. (GALILEI G. , 1994, pág. 179).

Simplicio arguye que todos los objetos materiales están sujetos a accidentes e imperfecciones y por tanto no se pueden encontrar objetos perfectos sin accidentes en el mundo material<sup>85</sup>. Pero, Salviati estima impertinente tal argumento:

¡Oh! todas estas cosas os las acepto yo fácilmente, pero no vienen al cuento. Porque si bien queréis mostrarme que una esfera material no toca un plano material en un punto, os servís de una esfera que no es esfera y de un plano que no es plano, puesto que, según vuestra propia afirmación o bien esas cosas no existen en el mundo, o si existen al aplicarse para producir el efecto se deterioran. Así pues, era menos grave que concedierais la conclusión, aunque condicionalmente, es decir que si se diese en el mundo material una esfera y un

---

<sup>85</sup> En esta dirección se orientan también muchas otras observaciones de parte de otros. Así, encontramos a Meyerson hablando de objetos matemáticos perfectos cuando nos dice que las leyes se aplican a objetos generales y abstractos. Por ejemplo, la ley de la palanca se refiere a la “palanca matemática”. En la naturaleza “no encontraremos jamás nada parecido”. Tampoco se hallarán los “gases ideales” de la física ni los modelos de “cristales perfectos” de la cristalografía; tampoco “azufre” se refiere a una sustancia amarilla particular conocida por sentido común. El sustrato de la ley es el concepto generalizado y éste es objeto de nuestro pensamiento. “La existencia de la plata-elemento, no es más que una hipótesis a la cual se llega por deducciones múltiples; y la plata pura es como la palanca matemática, el gas ideal o el cristal perfecto de que acabamos de hablar, una abstracción creada por una teoría.” (MEYERSON, 1929, pág. 20). Así también, Koyré, aludiendo específicamente a Galileo, dice que el espacio real “no es ni arquimedianio ni euclidiano; difiere de ellos justo como la superficie esférica difiere del plano geométrico”. “Las concepciones geométricas no se aplican tales cuales a la realidad física” (KOYRÉ, 1981, pág. 197). Los objetos galileanos, más bien, habitan un “mundo abstracto”. Mencionando el *De Motu*, afirma que “Galileo, de entrada y conscientemente, se sitúa fuera de la realidad. Un plano absolutamente liso, una esfera absolutamente esférica, ambos absolutamente duros, son cosas que no se encuentran en la realidad física. No son conceptos extraídos de la experiencia: son conceptos que se le suponen. Por eso no hay que sorprenderse al ver que la realidad de la ‘experiencia’ no concuerda del todo con la deducción” (KOYRE, 1981, pág. 70). Otra opinión similar es la que Shea (1983) atribuye a los aristotélicos Colombo, di Grazia, Coresio y el Académico Incógnito, citados a propósito del debate sobre la separación de matemática y filosofía o física. En la naturaleza no puede haber un círculo perfecto, una recta sin espesor ni un punto sin magnitud.

plano que fuesen y se mantuviesen perfectos, se tocarían en un solo punto y negarais después que eso pueda darse. (GALILEI G. , 1994, págs. 179-180).

Y ante la cuestión de la correspondencia de los objetos matemáticos del mundo material con los objetos del mundo abstracto, Salviati lo reafirma y explica cómo se da esa correspondencia:

Por tanto, dado que en concreto vos aplicáis una esfera material a un plano material, aplicáis una esfera no perfecta a un plano no perfecto. Y decís que estos no se tocan en un punto. Pero yo os digo que incluso en abstracto una esfera inmaterial que no sea perfecta puede tocar un plano inmaterial, que no sea plano perfecto, no en un punto, sino con parte de su superficie. De modo que, hasta aquí, lo que sucede en concreto, sucede del mismo modo en abstracto. Y resultaría toda una novedad que los cálculos y cálculos hechos con números abstractos, después no correspondieran a las monedas de oro y plata y a las mercancías concretas. Pero, ¿sabéis qué es lo que sucede, Sr. Simplicio? Del mismo modo que si se quiere que los cálculos sobre azúcar, seda y lana resulten exactos, es necesario que el contable restare las cajas, embalajes y otros envoltorios, así también es preciso que si el filósofo geómetra quiere reconocer en concreto los efectos demostrados en abstracto reste los impedimentos de la materia. Y si sabe hacerlo yo os aseguro que las cosas concordarán con la misma precisión que los cálculos aritméticos. Los errores no radican, pues, ni en lo abstracto ni en lo concreto, ni en la geometría ni en la física, sino en el contable que no sabe hacer los cálculos correctamente. Por ello, si tuvierais una esfera y un plano perfectos, aunque fueran materiales, no dudéis que se tocarían en un punto. Y si era y es imposible que esto suceda así, no tuvo sentido decir que *sphaera aenea non tangit in puncto*.

Pero aun añadido más, Sr. Simplicio. Concediéndooos que en la materia no puede darse una figura esférica perfecta ni un plano perfecto, ¿creéis que puedan existir dos cuerpos materiales cuya superficie este curvada en alguna parte y de algún modo, por más irregularmente que sea? (GALILEI G. , 1994, pág. 180).

Galileo distingue claramente entre lo abstracto conceptual y lo concreto material. No solo en lo material hay imperfecciones que se pueden depurar, sino también lo mismo puede ocurrir en lo abstracto. Por tanto, es irrelevante para la búsqueda de formas geométricas en la naturaleza que en ésta existan, además de cuerpos, las *mismas* formas perfectas de la geometría, es decir los conceptos. Los aristotélicos suponen que Galileo pretende sostener una unión entre las formas geométricas materiales y las formas geométricas abstractas (conceptos) en el mismo mundo exterior. Pero, dado que la preocupación de fondo en la

matematización galileana de la naturaleza es posibilitar la ciencia física matemática de la naturaleza, para los propósitos de la ciencia física matemática no es necesario postular tan inconsistentes objetos para encontrar la perfección en un mundo material imperfecto y siempre ligado a los accidentes.

Para los propósitos de la ciencia, lo importante es asumir la existencia en el mundo material plagado de irregularidades al menos de algunas formas geométricas (por ejemplo, superficies curvas) “en alguna parte y de algún modo”, y abstraer o depurar tales “formas” materiales de lo que no es pertinente, eliminando en lo posible las imperfecciones y accidentes, para que concuerden con los cálculos y demostraciones abstractas.

Para comprender la posición de fondo de los aristotélicos es más ilustrativo, en nuestro concepto, considerar la posición del propio Aristóteles ante la posibilidad de existencia de números en la naturaleza tal como la planteada por los pitagóricos. Esta posibilidad fue estimada como paradójica. En la *Metafísica* (I, 5, 986a, 15; XIV, 3, 1089b, 30-1090b, 10) sostuvo que la doctrina pitagórica de que los números están en las cosas (es decir, constituyentes de las cosas) era paradójica (ARISTOTELES, 1998, págs. 90, 565-566).

Según Brunschvicg, el hecho de que Aristóteles perciba una paradoja en la doctrina pitagórica se debería a que el Estagirita habría partido del supuesto de la separación entre el orden de la inteligencia (de los números abstractos) y el orden de la realidad (el de las cosas) (BRUNSCHVICG, 1945). El número sería un concepto y las cosas son substancias, entonces ¿cómo puede ser que el número sea al mismo tiempo sustancia?

En el mismo sentido, según Whitehead, el problema de la situación de los objetos matemáticos en la naturaleza habría sido ya planteado por Pitágoras:

Pitágoras preguntaba: ‘¿Cuál es la situación de las entidades matemáticas, los números por ejemplo, en el reino de las cosas?’ Por ejemplo, el número ‘dos’ está exento en cierto sentido del flujo del tiempo y de la necesidad de la posición en el espacio. Sin embargo, está contenida en el mundo real. Las mismas consideraciones se aplican a las nociones geométricas –a la forma circular, por ejemplo-. Se dice que Pitágoras enseñó que las entidades matemáticas, como los números y las formas, eran la sustancia última de la cual están hechas las entidades reales de nuestra experiencia perceptiva. Formulada tan escuetamente, la idea parece tosca y a decir verdad, necia. (WHITEHEAD, 1949, pág. 44).

Los objetos matemáticos (como formas conceptuales) están en cierto sentido fuera del tiempo y libre de la posición en el espacio, entonces, ¿cómo podrían integrarse a los objetos materiales o al menos a las propiedades mecánicas? El planteamiento de Whitehead supone que el número como concepto y el número contenido en el mundo real son lo mismo; entonces es comprensible que se plantee la paradójica integración de ambos, esto es, la integración de lo conceptual y lo físico en sentido ontológico.

Pero, si suponemos que el número como concepto y el número contenido en el mundo son distintos (por ejemplo, que el “número real” no es conceptual sino material), entonces la situación paradójica no se plantea necesariamente.

Suponiendo la diferencia, ¿de qué objetos matemáticos hablamos cuando decimos que éstos están contenidos en el mundo exterior físico? Deben ser objetos reales del mundo exterior físico, pero no de un mundo exterior trascendente como en Platón (aquí radica la diferencia entre pitagóricos en sentido estricto y los platónicos).

Según Brunschvicg (1945, pág. 65), tanto el pitagorismo como el platonismo son filosofías de tipo matemática y –siguiendo a Aristóteles- se dirá que la diferencia entre ambas sería puramente verbal: los pitagóricos señalaban que las cosas imitan a los números y Platón señalaba que las cosas participan de los números.

Sin embargo, más allá de las diferencias o semejanzas verbales de superficie, continúa Brunschvicg (1945, pág. 66), siguiendo a la *Metafísica* y la *Física* de Aristóteles, existe una diferencia profunda: los números de los pitagóricos serían *inmanentes* mientras que los números de Platón serían *trascendentes*. Los pitagóricos, al decir que las cosas imitan a los números, quieren dar a entender que *los números y la naturaleza están en el mismo plano de realidad* (BRUNSCHVICG, 1945, pág. 66).

Supuesto el carácter concreto de los números pitagóricos, la interpretación aristotélica de la situación paradójica pitagórica resultaría errónea, pues sería el resultado de aplicar un supuesto ajeno al pensamiento pitagórico (el que lo abstracto conceptual, *en cuanto tal*, debe integrarse al mundo exterior). Porque el número, postulado como aspecto fundamental del mundo por los pitagóricos, no es un objeto abstracto sino un objeto concreto, de modo que el uno consiste en ver un punto y los otros números son grupos de puntos constituyendo una figura, así como las estrellas dibujan una constelación. Pero, hay que destacar el rasgo típico de los pitagóricos que no estará presente, por ejemplo, en algunos



posteriores como Galileo: los números concretos son auténticos entes en sentido ontológico propio. Según Aristóteles (*Metafísica*, VII, 1, 1028b 15-20), los pitagóricos opinan que las *entidades* son “los límites del cuerpo como la superficie, la línea, el punto y la unidad, y que lo son en mayor grado que el cuerpo y el sólido” (ARISTÓTELES, 1998, pág. 282). Si los límites son los entes, entonces, los objetos matemáticos concretos constituyen aquello a lo cual todo se reduce en última instancia.

Brunschvicg concluye con una consideración genética de la concepción pitagórica. Siguiendo a Milhaud, señala que para decir que las cosas son números, los pitagóricos empezaron concibiendo los números como *cosas*; de modo tal que los números cuadrados y triangulares son literalmente tales ante los ojos y ante el espíritu (BRUNSCHVICG, 1945, pág. 54).

El particular tratamiento pitagórico de los números respondería a una exigencia psicológica de proporcionar al espíritu un objeto que fuese al mismo tiempo objeto de imaginación y de entendimiento. La aritmética geométrica de los pitagóricos daría testimonio de la conexión inseparable de número y cosa, de lo geométrico y lo físico. “Los números son, no ya auxiliares de cálculo, medios ‘logísticos’, sino realidades naturales” (BRUNSCHVICG, 1945, pág. 55).

Por tanto, la situación paradójica rechazada por Aristóteles no tendría lugar en la pretensión pitagórica de estatuir números en la realidad material. Aristóteles, correctamente parte de la evidente distinción entre conceptos y cosas, pero supone que los pitagóricos mantienen esa distinción en las cosas mismas, lo cual no se justifica por las consideraciones aportadas por Robín y Brunshvicg. La posición pitagórica sería que los números (conceptos) no están adosados a las cosas (materiales), sino que los números son propiedades materiales, esto es, que los números no están en las cosas en calidad de *conceptos*. Así que, no se plantea la situación paradójica.

Parecida es la situación de la posición galileana. En el pensamiento de Galileo, se distingue entre lo matemático en el plano abstracto puro conceptual, por un lado, y lo “matemático” en el plano de lo real material; y no se pretende integrar ontológicamente lo conceptual con lo físico, como tampoco pretendió el pitagorismo; las propiedades matemáticas del mundo exterior son físicas, no son conceptuales.

Si bien puede sostenerse una afinidad de la posición galileana sobre el estatus ontológico de los caracteres matemáticos de los cuerpos con la concepción ontológica pitagórica, sin embargo la separación se hace evidente porque los pitagóricos piensan que el número material es el ente en sentido propio mientras que para Galileo, como se ha mostrado en esta sección, las propiedades matemáticas de los cuerpos no son entes en sentido propio. Además, un hecho que pone aún en mayor relieve la separación es el rechazo del misticismo pitagórico: los números, en cuanto conceptos, no pueden tener facultades y poderes misteriosos para actuar sobre el mundo material.

En la Jornada primera del *Diálogo*, Simplicio afirma que los pitagóricos concedían mucha importancia a los números y a ellos correspondía la doctrina de que la perfección del número tres tiene la facultad de hacer perfectos a los cuerpos. Simplicio acusa a Salviati por despreciar los misterios de los pitagóricos, más aun recordándole que es matemático y que en muchas opiniones sea un filósofo pitagórico. Frente a ello, Salviati responde:

Que los pitagóricos tuvieran en gran estima la ciencia de los números y que Platón mismo admirase el intelecto humano y lo estimase partícipe de la divinidad, sólo porque era capaz de entender la naturaleza de los números, lo sé perfectamente, y yo mismo, no dudaría en hacer un juicio semejante; pero que los misterios, por los cuales Pitágoras y su secta tenían en tanta veneración la ciencia de los números, sean esas tonterías que corren de boca en boca y en los escritos del vulgo, no lo creo de ninguna manera; (...) (GALILEI G. , 2011a, págs. 39-40).

Galileo estima la ciencia de los números y admira la capacidad humana para entenderlos, pero no acepta el misticismo de los números.

En el mismo *Diálogo*, Jornada Primera, Simplicio pretendió que Aristóteles habría demostrado la perfección de un cuerpo, basándose en la doctrina mística pitagórica de que el tres determina todas las cosas porque es el número perfecto. El cuerpo sería, de todas las magnitudes, el único perfecto porque está determinado por la perfección del tres. Frente a ello, Salviati responde:

SALVIATI.- Si he de ser sincero, debo reconocer que, pese a todos estos razonamientos, no me siento obligado a conceder otra cosa, sino que aquello

que tiene principio, medio y fin, puede y debe decirse perfecto; pero, que porque principio, medio y fin sean tres, que el número tres sea número perfecto y tenga facultad de conferir perfección a quien lo posea, es algo para lo cual no encuentro razones que me hagan aceptarlo, y no entiendo, ni creo, que para las piernas, por ejemplo, el 3 sea más perfecto que el 4 o el 2; ni sé que el número 4 sirva de imperfección a los elementos, ni que éstos fueran más perfectos con el 3. Mejor será, pues, dejar estas vaguedades a los retóricos y probar su empeño con demostraciones necesarias, ya que así conviene hacer en las ciencias demostrativas. (GALILEI G. , 2011a, pág. 39).

Hay que dejar el misticismo a los retóricos y Aristóteles debe probar lo que sostiene con demostraciones necesarias.

La posición galileana en la cuestión del estatus ontológico de las “formas matemáticas” de la naturaleza material habría sido más similar a la de los pitagóricos más que con el platonismo por el carácter concreto de los números, pero que lo nuevo de Galileo frente a los pitagóricos radica en que Galileo baja el estatus ontológico de los “números” hasta un nivel secundario, dentro del ámbito material, sin restarle importancia primordial como propiedad real; no se identifica la *realidad* de los números con el estatus ontológico primario de *ente*. Con la desestimación de la objeción aristotélica, se mantiene la inteligibilidad matemática de las propiedades de los cuerpos (por ejemplo, propiedades comunes, pautas, etc.), en armonía con la inseparabilidad y separación frente al sujeto.

### **3.4. Realismo de las ideas**

Sin embargo, habría otra nueva concepción de realidad u objetividad en sentido ontológico en Galileo, además de los conceptos considerados por nosotros en los capítulos 2 y 3 (concepción mecanicista). Tal sería la concepción de la realidad de los conceptos matemáticos abstractos. Este concepto sería necesario para sostener la realidad (su valor real) de la matemática a nivel conceptual para posibilitar que la matemática sea física o real, fáctica. Para la constitución de la ciencia física matemática sería necesario un nuevo *ente en sentido propio* además de lo “matemático” existente en el mundo material. De modo que si no se otorga un estatus ontológico a las ideas matemáticas, éstas serían puras o

abstractas o irreales; no sería posible considerar la matemática como física. Más aún, las ideas matemáticas tendrían un estatus ontológico superior a las formas y estructuras matemáticas de los cuerpos porque éstas serían imperfectas aproximaciones a las auténticas realidades de la matemática pura.

Esta es la típica posición afín a la platónica frente a un problema filosófico fundamental de la posibilidad de la constitución de una ciencia matemática de la naturaleza, posición distinta a la aristotélica.

Según Koyré, el problema es el de la naturaleza y estructura de la ciencia física; ¿cuál es el papel desempeñado por las matemáticas en la constitución de la ciencia de lo real? Este problema ha sido objeto de meditación y discusión desde más de dos mil años. Galileo lo sabía y lo aprendió en las clases de filosofía de Francesco Bonamico cuando era estudiante en Pisa; supo que el tema de discusión entre Aristóteles y Platón era el papel y la naturaleza de la matemática. Más tarde cuando ya era profesor en Pisa, su colega y amigo Jacopo Mazzoni le confirmó la cuestión: si el uso de la matemática en física (como instrumento de prueba y término medio de la demostración) es oportuno o inoportuno, o sea, si aporta alguna verdad o si es perjudicial y peligrosa (KOYRÉ, 1981, págs. 264-265).

Se es platónico si se asume que la matemática tiene valor superior y que además tiene “un valor real y posición dominante en y para la física”.

Se es aristotélico si se considera la matemática como abstracta (irreal) y que por ello es inferior a las ciencias que se ocupan de lo real (física, metafísica); además se considera que la física se basa directamente en la experiencia y que la matemática es un instrumento auxiliar (KOYRÉ, 1981, pág. 266).

En este punto, Koyré hace una importante precisión. La cuestión no es el de la validez ni el uso de la matemática en física, sino de el de la *realidad* y su “papel en y para la estructura de la ciencia; es decir, necesariamente, de la misma realidad” (KOYRÉ, 1981, pág. 267).

La respuesta “platonista” a la cuestión es la mencionada al inicio de esta sección. En términos de Koyré, su argumento consiste en afirmar que las leyes matemáticas son aproximadas a la realidad física; esto sería sostenible si se acepta que lo físico se aproxima o imita los entes geométricos, es decir, si se acepta que “lo real es matemático en su última esencia” (KOYRÉ, 1981, pág. 269). En otros términos, hay “entes geométricos” y “entes físicos” y nos recuerda que si se es platónico se debe asumir esta distinción y que los entes

físicos se aproximan o imitan a los primeros, es decir, debe admitirse que los entes geométricos son los auténticos y primeros entes. Por tanto, habría un nuevo concepto de objetividad ontológica en sentido propio o estricto que supone ideas como entes, distinto del concepto de objetividad ontológica que supone átomos sin extensión en el mundo material. Así llegamos a la escandalosa “alianza contra natura” de Platón y Demócrito que terminó con el imperio de Aristóteles; se habría consumado la revancha de Platón.

La posición galileana es en lo fundamental la ya establecida en la respuesta a los aristotélicos (sección 3.3.4. *supra*). Para los propósitos de la ciencia, lo importante es depurar las formas materiales de lo que no es pertinente, eliminando en lo posible las imperfecciones y accidentes, para que concuerden con los cálculos y demostraciones abstractas.

En este sentido, según Koyré, la posición galileana consistió fundamentalmente en sostener que los platónicos se equivocan al privilegiar ontológicamente a las figuras regulares geométricas (ideas, conceptos). Una esfera física real no deja de ser esfera por el solo hecho de ser física; lo geométrico físico y lo geométrico ideal son homogéneos. “La forma geométrica es homogénea con la materia: he aquí por qué las leyes geométricas tienen un valor real y dominan la física” (KOYRÉ, 1981, pág. 270).

Sobre la posición galileana se debe subrayar dos aspectos. En primer lugar, el aspecto obvio, Galileo distingue concepto y cuerpo material. Esto está supuesto, por ejemplo, en su distinción entre definición y esencia. En el contexto del emprendimiento de la demostración de una serie de propiedades del movimiento acelerado, en los *Discorsi* dice: “Hemos resuelto escudriñar sus cualidades, si es que aconteciere que la definición que vamos a dar de nuestro movimiento acelerado, estuviera de acuerdo con la esencia del movimiento naturalmente acelerado” (GALILEI G. , 2003, pág. 221).

La definición es distinta de la esencia. La esencia se da con el movimiento, o, mejor, es una propiedad del movimiento. Esta esencia no la da el sujeto que define; la esencia pertenece a la cosa. En cambio la definición es construida por el sujeto; la definición no es una propiedad del movimiento. La definición puede o no guardar concordancia con la esencia.

En segundo lugar, por lo demostrado en las secciones precedentes 3.1. y 3.3., toda propiedad de los cuerpos es material; ninguna es conceptual o ideal. Por tanto, se excluye la posibilidad de una reducción de propiedades de los cuerpos a conceptos o ideas, por un

lado, así como la inconsistente unión de concepto y cosas en la naturaleza, por otro. Luego, se excluye que un concepto o idea exista, de alguna forma, en el mundo exterior material.

Ahora, según el principio del realismo ontológico mecanicista explicado en el Capítulo 1 y por lo mostrado en los Capítulos 2 y 3, se asume que lo que tiene estatus ontológico, en el contexto mecanicista galileano, pertenece únicamente al mundo exterior material. Por tales consideraciones, se deduce que las ideas o conceptos no poseen estatus ontológico, en el contexto galileano; es decir, que no se puede decir de las ideas o conceptos que sean *reales* u *objetivas* en el sentido ontológico, ni en sentido propio ni en sentido derivado.

Pero, sin las ideas como entes, ¿cómo es posible la constitución de la matemática como física, esto es, como ciencia fáctica o ciencia física matemática? La constitución de la nueva ciencia galileana no requiere de un nuevo principio de realismo ontológico de las ideas, y, por ende, no necesita de un nuevo concepto de objetividad ontológica en sentido propio.

Para salvar el realismo de la teoría matemática es suficiente considerar la existencia de propiedades matemáticas en el mundo exterior material y considerar, además, que en éstas se aplican conceptos y teorías de la ciencia matemática. Es decir, se salva el realismo de la ciencia matemática (su constitución misma como físico matemática y no simplemente como matemática pura), no postulando su estatus ontológico, sino asumiendo una relación de la ciencia matemática abstracta con las propiedades “matemáticas” de la naturaleza. No sería necesario multiplicar los entes; posición coherente, además, con el principio de sencillez y simplicidad muy apreciado por Galileo y que según él rige en la realidad natural. De este modo, no se puede atribuir a Galileo el escándalo de una unión ontológica de Platón y Demócrito.

Por tanto, Galileo distingue esfera física y esfera geométrica, pero no afirma que la esfera física sea menos real que la esfera geométrica, sino que la esfera física es la real. Es más, la atribución de *realidad* a la teoría matemática depende de la realidad material de las propiedades matemáticas; pues es por su relación con la realidad de las formas geométricas materiales o físicas por la que se puede decir que la teoría matemática es real. Por ende, los conceptos y teorías matemáticas no son reales en y por sí mismas, esto es, porque tengan objetos matemáticos ideales con estatus ontológico en sentido propio como en Platón (ente autónomo) sino porque tiene un correlato físico.

En un contexto físico-matemático, el concepto de *realidad* aplicable a los números y figuras matemáticas abstractas no es el estrictamente ontológico sino un concepto de tipo semántico, esto es, los números no son entes (en sentido estricto ontológico) sino que refieren o representan formas y estructuras “matemáticas” del mundo material.

Por tanto, si se dice de los conceptos y teorías matemáticas que son reales u objetivas, no se dirá en sentido ontológico propio sino en sentido semántico fáctico (por supuesto que también en sentido metodológico y epistémico, dependiendo del contexto particular galileano).

En el sentido semántico fáctico, la interpretación del nuevo concepto de realidad de lo abstracto matemático de Desanti sería correcta. Según Desanti (1983), con Galileo tuvo lugar una revolución del concepto de “realidad concreta” en relación al concepto de realidad de sentido común aristotélico. Lo concreto es lo abstracto:

Lo concreto, la señal de peso de las cosas, es propiamente lo abstracto: la configuración matemática, simple signo de la naturaleza productora. Por lo cual la experiencia (*le sensate esperienze*) es para Galileo un segundo momento que solo se comprende encadenado al movimiento del discurso racional, cuya norma la constituye la matemática. (CHATELET, 1983, pág. 82).

Por tanto, para Galileo, según Desanti, la “realidad concreta” es lo matemático *en cuanto está relacionado con* la naturaleza.

La interpretación de la realidad u objetividad semántica de las teorías matemáticas se aplica justamente a la práctica discursiva galileana, por ejemplo, cuando sostiene que el modelo matemático copernicano es *real*.

Como se mostró en el Capítulo 1 (sección 1.3.2., c), Galileo sostuvo un realismo de los modelos teóricos matemáticos y no un instrumentalismo. Sostuvo, por ejemplo, que la teoría matemática copernicana era *real* y no una pura abstracción instrumental. La base documental de esta interpretación está constituida por los fragmentos ya citados de la “Carta a monseñor Piero Dini”, escrita en Florencia el 23 de marzo de 1615, y la “Carta a Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana”, de mediados de 1615. Los textos indican sin ambigüedades que Galileo reafirmó la posición de Copérnico sobre el carácter representativo de su concepción o sistema conceptual matemático. Se asume que la

concepción copernicana representa o describe la constitución del universo como dimensión ontológica material y no el universo aparente, ni describe objetos matemáticos ideales.

En el mismo sentido, se puede decir que la definición esencial del movimiento naturalmente acelerado es real u objetiva en sentido semántico porque hace referencia a cuerpos y representa una estructura esencial material. Del único postulado del movimiento acelerado se puede decir que es real u objetivo en sentido semántico porque hace referencia a cuerpos y planos inclinados materiales y representa relaciones entre magnitudes materiales, etc.

En todos estos casos no hay lugar para la objetividad o realidad de las ideas en sentido ontológico propio. Para predicar objetividad o realidad de las ideas puede ser suficiente la relación semántica entre ideas y propiedades de cuerpos. Por tanto, la objetividad ontológica de las propiedades matemáticas de los cuerpos (naturaleza escrita en lenguaje matemático) no exige una ontología platónica. Afirmar la necesidad del platonismo para interpretar el célebre pasaje del apartado 6 de *El Ensayador* sería un error. En este sentido, Magalhaes (1989) denuncia que el pasaje aludido en el que se señala que la filosofía debe estudiar el gran libro de la naturaleza escrita en caracteres matemáticos ha llevado a muchos al error de considerar a Galileo como un adepto de la filosofía de Platón. Un físico matemático<sup>86</sup> como Galileo tuvo que ser un hombre de experiencia, de los errores, de las tentativas. Para éste, la realidad no pudo ser una colección de modelos perfectos de las cuales las cosas sean sólo copias; por ello la filosofía de Galileo nunca pudo ser completamente platónica. Pudo serla hasta cierto punto en el plano gnoseológico y metodológico<sup>87</sup>, pero esto es otro asunto.

Por tanto, para conservar el estatus “real” de los conceptos e ideas matemáticas (de su valor real para la física) es necesario y suficiente que sea un instrumento para entender (representar, referir) y controlar la naturaleza, y esto fue posible gracias a un mínimo de homogeneidad entre los conceptos matemáticos y los caracteres “matemáticos” del mundo material exterior. Una vez más, no se requiere de una ontología platónica, sino que es suficiente una ontología de tipo mecanicista que admita grados o niveles de realidad. Es

---

<sup>86</sup> Galileo no era un matemático platónico sino un matemático arquimediano y un físico atomista (GARCÍA DE GURTUBAI, 2012).

<sup>87</sup> Una interesante consideración del platonismo gnoseológico y metodológico se encuentra en L.W. Maar (1993).



suficiente un grado derivado de realidad consistente en un mínimo extensible de regularidad y perfección de formas materiales.

Este concepto de la matemática vale también, por ejemplo, para el análisis de la composición última de la materia. La “matematización” de ésta exige átomos infinitos indivisibles sin extensión, lo cual no es posible con átomos extensos. De tal manera la estructura de la materia es “matemática” y compatible con el estatus objetivo de la divisibilidad matemática de un objeto matemático conceptual<sup>88</sup>.

En los *Discorsi*, como dice Shea (2001), Galileo retoma por última vez la cuestión del atomismo; en este contexto su propósito consistió en demostrar que los átomos eran necesarios para hacer posible el razonamiento matemático objetivo. La existencia de un número infinito de átomos indivisibles parecía constituir una amenaza para la posibilidad de la división matemática (tal vez por ello Galileo estuvo inicialmente inclinado a negar la indivisibilidad intrínseca de los átomos y aceptar solo la indivisibilidad práctica), pero consideró que era necesario si debía abandonarse las ideas aristotélicas. Galileo habría estado seguro de haber demostrado que la estructura atómica de la materia era necesaria para el *razonamiento matemático objetivo*. La total confianza de Galileo en la matemática, como el lenguaje de la naturaleza, lo tranquilizaba y que una vez descubierta la verdadera estructura “matemática” de la materia, ello le allanaba la vía para una más completa comprensión matemática de la naturaleza. La matemática es un lenguaje que permite comprender con rigor y precisión los caracteres del mundo material para transformarlo eficientemente. El carácter abstracto e irreal no es un problema para su papel en el conocimiento del mundo exterior y de la práctica eficiente. Pero, entonces, la matemática adquiere carácter aplicado.

En este punto debemos destacar el vínculo de Galileo con el estilo de los geómetras de la tradición griega, especialmente con Arquímedes. El contacto se estableció en Florencia en 1583 a través de su primer maestro de matemática Ostilio Ricci, discípulo de Tartaglia. El estilo de esta tradición fue el de la matemática aplicada. En este sentido, podemos incluso encontrar en Galileo ecos de los pitagóricos. Consecuentemente, según señala Geymonat

---

<sup>88</sup> Los indivisibles además de ser componentes de cuerpos lo son también de figuras geométricas (RUIZ, 2009). Pero este autor no aclara si hay alguna diferencia entre los indivisibles de los cuerpos y los indivisibles de las figuras geométrica.

(1969, pág. 39), Galileo no se interesó seriamente por la matemática abstracta pura, lo cual explicaría la falta de aportes comparables a los de su dinámica. Y aquí radica también la novedad de Galileo respecto a la tradición. No solo asume el valor de la geometría para la comprensión de los hechos de la estática sino también descubre su valor para la comprensión de los hechos de la dinámica.

### 3.5. Objetividad ontológica desde una semántica fáctica

Los capítulos 2 y 3, además de explicitar el vínculo y la novedad del concepto de objetividad ontológica de Galileo respecto a la tradición griega, han puesto en evidencia, al mismo tiempo, que cuando se trate de la objetividad en Galileo no se puede reducir este concepto a su sentido derivado (como es usual), separándolo de su contexto específico, esto es, del sentido estricto o propio. Presentamos ahora el concepto de objetividad ontológica, en sus dos dimensiones, en los términos de una semántica realista fáctica contemporánea<sup>89</sup>. El propósito consiste en destacar que objetividad ontológica es un concepto fáctico que admite al menos dos significados fundamentales distintos y uno de los cuales está subordinado al otro.

En general, vamos a considerar el concepto de objetividad o realidad ontológica como un constructo fáctico (en especial, un predicado fáctico). Es suficiente que un constructo tenga una clase de referencia fáctica no vacía para que sea considerado fáctico. Los constructos fácticos están en la ciencia fáctica o en la metafísica (BUNGE, 2008, pág. 68).

Un constructo presenta algunas propiedades básicas tales como existencia conceptual<sup>90</sup> y significado. Como es obvio, nuestro estudio del concepto de objetividad ontológica ha privilegiado el significado. Según Bunge, el significado constituye una propiedad de todo constructo auténtico (BUNGE, 2007, pág. 264).

---

<sup>89</sup> Que en esta circunstancia corresponde al hilorealismo de Bunge.

<sup>90</sup> Según la concepción bungeana de existencia conceptual, el constructo *objetividad* o *realidad* galileana existiría sólo en el *contexto* de la ciencia y filosofía galileana. *Contexto* en el sentido bungeano, es un sistema de fórmulas con un referente o clase de referencia común. Las teorías son contextos con características especiales.

### 3.5.1. Objetividad ontológica como predicado representativo

Desde el punto de vista de Bunge, hay diferentes clases de constructos: conceptos, proposiciones o fórmulas, contextos y teorías. El tipo especial de constructo denominado “concepto” puede ser considerado también como predicado. En general, los constructos fácticos pueden ser representativos y significativos; en consecuencia, y en especial, también lo serán los conceptos o predicados (por ejemplo, el concepto de objetividad ontológica).

En primer lugar, el concepto o predicado de objetividad ontológica cumple una función representativa. Veamos por qué.

Desde el punto de vista de la semántica fáctica que consideramos, una representación conceptual no es una pintura; aunque guarda una relación de analogía con una pintura de un objeto dado, pero hay diferencias fundamentales:

- 1) La segunda es un ente físico; la primera es un objeto conceptual (ente de razón).
- 2) La segunda representa apariencias; la primera representa lo real (oculto a la experiencia ordinaria).
- 3) La segunda es pictórica; la primera es simbólica
- 4) La segunda siempre es interpretada (a menudo sentida) de tantas maneras como observadores en estado de ánimo distintos hayan; la primera es objetiva.
- 5) La finalidad de la segunda es jugar con nuestras emociones; la finalidad de la primera es describir de manera veraz a sus referentes.

Por tales consideraciones Bunge cree recomendable hablar de representaciones conceptuales como “reconstrucciones conceptuales” de objetos que no se pueden captar por los sentidos; reconstrucciones que son parciales, aproximadas, susceptibles de ser puestas a prueba, perfectibles, reemplazables y que utiliza la matemática (especialmente en reconstrucciones científicas) (BUNGE, 2008, págs. 117-118).

En consecuencia, el predicado *objetividad ontológica* no debe cumplir la función de retratar propiedades fácticas, sino la función de reconstruir conceptualmente propiedades fácticas.

Los constructos representativos pueden ser: teorías, enunciados, conceptos; y éstos pueden ser fácticamente referenciales y no referenciales. Entre los conceptos representativos fácticamente referenciales están los predicados fácticos.

Los predicados fácticos *representan propiedades o rasgos* de los objetos fácticos a los que hacen referencia (BUNGE, 2008, págs. 122-124)<sup>91</sup>. Esta función representativa distingue entre objeto representado y su representación; distinción que puede formularse así: “el atributo A representa la propiedad sustancial P” (BUNGE, 2011, pág. 90). También puede decirse que la representación es una correspondencia entre atributo y propiedad, y la correspondencia atributo-propiedad es un caso particular de la relación conocimiento-realidad o de la relación mente-mundo. Pero, esta correspondencia no es isomórfica, esto es, los constructos pueden representar algún aspecto de la realidad de manera efectiva o no hacerlo o hacerlo mal. La relación de representación fáctica se da entre un constructo y una propiedad material del mundo exterior.

En el nivel más general, el constructo objetividad ontológica representa la condición de existencia independiente de la materia respecto al sujeto. Tomando en cuenta la distinción establecida, la representación sería:

**DIMENSIÓN PROPIA:** existencia independiente de las entidades elementales materiales, respecto al sujeto cognoscente.

**DIMENSIÓN DERIVADA:** existencia independiente de las propiedades materiales, respecto al sujeto cognoscente.

### **3.5.2. Objetividad ontológica como predicado significativo**

En la semántica fáctica bungeana “el significado de un constructo se define como el par ordenado constituido por su sentido y su clase de referencia” (BUNGE, 2009c, pág. 14).

Todos los constructos, especialmente los conceptos o predicados, pueden ser portadores de significado, es decir, de sentido y referencia.

Ahora bien, el predicado fáctico *objetividad* ontológica es significativo, tanto en su dimensión estricta como en su dimensión derivada, pues tiene sentido fáctico y referencia fáctica.

---

<sup>91</sup> En cambio, las *cosas* se representan mediante sistemas de enunciados o teorías (BUNGE, 2008, pág. 125).

### a) Objetividad como predicado referencial

El análisis conceptual, en particular el análisis semántico, “se inicia con la identificación de los referentes de los constructos en cuestión. Vale decir, se comienza estableciendo de qué se está hablando. Por ejemplo, los referentes de la afirmación ‘Los edificios son más altos que las personas’ son los edificios y las personas. Y la afirmación describe un hecho o, mejor dicho, toda una colección de hechos, aun cuando la relación ‘más alto que’ no sea vinculante” (BUNGE, 2007, págs. 40-41).

Los conceptos, enunciados o teorías fácticos/as se refieren a uno o más objetos fácticos. La relación de referencia fáctica apareja constructos fácticos y objetos fácticos (cosas). Según la Definición 2.6 de la *Semántica* de Bunge, la clase de referencia de un constructo fáctico es el conjunto de objetos fácticos (cosas individuales) a los que se refiere el constructo (BUNGE, 2008, pág. 68). Los referentes de un predicado “son los individuos que aparecen en su dominio de definición” (BUNGE, 2009c, pág. 13). En ciencias formales la situación es distinta. Los constructos de la lógica y la matemática tienen clases de referencia constituidas por constructos u objetos conceptuales, es decir, la relación de referencia en ciencias formales es constructo a constructo (BUNGE, 2008, pág. 67).

Los conceptos científicos (variables) fácticamente referenciales son: a) Variables objeto: refieren a cosas o sistemas concretos tales como átomos, personas, etc.; b) Variables propiedad: representan propiedades de cosas y relaciones entre cosas; c) Variables espaciotemporales: refieren al marco fundamental del universo (BUNGE, 2008, pág. 70).

Conviene notar que si una *variable propiedad* es referencial entonces debería cumplir también la función de *variable objeto*. Así, si el *concepto de masa* de un átomo es una variable propiedad, representa una *propiedad* del átomo, pero, dado su carácter referencial, debe hacer referencia a un objeto concreto individual, un todo, como el átomo. Ahora, si el concepto de átomo es una variable objeto que hace referencia a una cosa átomo, entonces esta misma función hace la variable propiedad masa.

Entonces, desde el punto de vista de la referencia fáctica, el hecho de que se diga que las variables propiedad (concepto de masa, p. e.) sean referenciales no quiere decir que se refieran a propiedades de cosas (masa de un automóvil, p. e.); las propiedades de las cosas,

en sentido propio, son representadas, según se vio en la *Sección 3.5.1.*, (el concepto de masa representaría la propiedad masa poseída por un automóvil, p. e.).

La referencia del constructo masa es, propiamente, la cosa individual (como un todo) portador de la propiedad masa (el automóvil, en el ejemplo particular mencionado) o el conjunto de todas las cosas poseedoras de masa (clase de referencia fáctica) (en el caso de la masa como concepto general). La propiedad o propiedades de las cosas no son los referentes de las variables (conceptos) propiedad, por ejemplo, la variable propiedad velocidad puede tener por referente, no a la velocidad de un objeto fáctico, sino a la cosa que presenta velocidad (p.e., un coche, una onda de luz, etc.) (BUNGE, 2008, pág. 69).

Si aplicamos las anteriores consideraciones al concepto o predicado objetividad ontológica de Galileo, resulta que además de cumplir la función de variable propiedad cumple también la función de variable objeto, es decir, es fácticamente referencial.

Desde una consideración muy general, tanto en su dimensión propia como en su dimensión derivada hace referencia al dominio de individuos materiales del mundo exterior; por lo cual, ambas dimensiones del concepto serían correferenciales. Sin embargo, como en el caso de la representación, si descendemos en grado de generalidad y distinguimos individuos materiales simples y complejos, entonces podría distinguirse distintos dominios de referencia:

DIMENSIÓN PROPIA: clase de *elementos* individuales no extensos.

DIMENSIÓN DERIVADA: clase de individuos extensos o compuestos; por ejemplo, un vil gusano, planetas medicos, grave en caída, etc.).

## **b) Objetividad como predicado con sentido pleno**

Según Bunge, para lo que él ha denotado con “sentido” algunos han utilizado a veces los términos “contenido”, “intensión”, “significado”, aunque en otros estos mismos términos denoten también conceptos muy distintos (BUNGE, 2008, pág. 156). Considera que el concepto de *sentido* es un objeto *sui generis* difícil de precisar con exactitud. En la semántica fáctica, el sentido de un constructo está lógicamente relacionado con el propio constructo por lo cual se distingue de la referencia y de la extensión (BUNGE, 2008, pág.

157), y también de la representación. Estas últimas relacionan el constructo con objetos distintos al propio constructo, por ejemplo, cosas, propiedades, casos concretos.

En general, el *sentido pleno* de un constructo sería una *colección de tres conjuntos de constructos*. De manera especial estos conjuntos se denominan “sentido ascendente”, “intensión” y “sentido descendente”.

Para un constructo  $X$ , esos conjuntos se determinan así:

**(1) Sentido ascendente:** En un *contexto*<sup>92</sup> dado, es el conjunto de constructos de los que depende lógicamente  $X$ . Es la colección de constructos que definen o demuestran  $X$ . Algunos determinantes pueden ser más fundamentales que otros; por ser fundamentales pueden indicar lo esencial de  $X$ . El conjunto de determinantes últimos suficientes para definir a  $X$ , constituye el sentido ascendente *esencial* o *quid* de  $X$  (BUNGE, 2008, pág. 192). Si  $X$  es fundamental, entonces no tiene ascendencia lógica; por tanto, él mismo constituye su sentido ascendente o su propio *quid* (BUNGE, 2008, pág. 195). Cuanto mayor es el sentido ascendente de  $X$ , es decir cuanto más depende de otros constructos, menor es su importancia (BUNGE, 2008, pág. 218).

**(2) Intensión, sentido o contenido interno:** Conjunto de constructos comprendidos o incluidos en el constructo  $X$ , sin incluir la ascendencia y la descendencia. Por ejemplo, la intensión del constructo triángulo es: figura plana compuesta por tres segmentos de líneas rectas que intersecan; no se incluyen los enunciados de la geometría euclidiana que permiten determinar las propiedades del triángulo (sentido ascendente) ni los enunciados tales como “el triángulo es un polígono”, “los ángulos interiores de un triángulo suman  $\pi$ ”, etc., que se deducen de la intensión (sentido descendente) (BUNGE, 2008, págs. 157-158).

**(3) Sentido descendente:** En un contexto dado, es la colección de constructos que dependen de  $X$  (BUNGE, 2008, págs. 157-158, 187). La descendencia o progenie de  $X$  depende del contexto en el que se presenta  $X$ . (BUNGE, 2008, pág. 203). El sentido

---

<sup>92</sup> El contexto de un constructo es el cuerpo de conocimientos en el cual el constructo se presenta. De este contexto depende el sentido ascendente y descendente del constructo (BUNGE, 2008, pág. 187). Por tanto, el sentido de un constructo es relativo al contexto; esto limita la libertad de realizar cambios de sentido arbitrarios. Determinar el sentido de un constructo aislado (sin contexto) es tarea imposible (BUNGE, 2008, págs. 187-188). Únicamente los predicados y enunciados sistémicos, es decir, que forman parte de un sistema deductivo determinado, pueden tener sentido ascendente y descendente bien determinados (BUNGE, 2008, pág. 188).

descendente de  $X$  mide su importancia; a mayor sentido descendente, mayor importancia (BUNGE, 2008, pág. 218).

La ascendencia o prosapia y la descendencia o progenie son considerados “parientes lógicos” del constructo  $X$ , Estos se incluyen como objeto de un análisis “vertical o global” de sentido; la intensión es objeto de análisis “horizontal o local”.

El sentido pleno del constructo en un contexto determinado puede considerarse como la unión de su sentido ascendente (incluido su *quid*), su intensión o sentido interno y su sentido descendente (BUNGE, 2008, pág. 188). “*La unidad de sentido es el cuerpo integro de teorías en el que el constructo se presenta. Un único enunciado jamás resulta suficiente y una única teoría resulta a menudo insuficiente, porque un concepto puede hacer cosas diferentes en lugares diferentes*” (BUNGE, 2008, pág. 196). Este concepto de sentido pleno está en consonancia con la práctica científica en la que se considera que “los significados son o bien supuestos o bien derivados” (BUNGE, 2008, pág. 216). Si cambian los principios fundamentales que definen  $X$ , el sentido de  $X$  cambia, a pesar de que se continúe denominándole con el mismo nombre; esto ratifica que el sentido es contextual (BUNGE, 2008, pág. 219). La dependencia de  $X$  respecto a un contexto, por ejemplo, respecto a una teoría  $T$ , puede formularse equivalentemente como la función que desempeña  $X$  en ese contexto, es decir, en la teoría  $T$  (BUNGE, 2008, pág. 221).

Ahora, en el contexto del pensamiento de Galileo expuesto en sus principales escritos y la historiografía sobre el mismo, se puede presentar el siguiente esquema de sentido pleno para el concepto de objetividad ontológica en sus dos dimensiones. El esquema, en efecto, subraya la diferencia y la relación de dependencia de la dimensión derivada respecto a la dimensión propia, en lo relativo al sentido.

#### **A. Dimensión propia o estricta:**

##### **Ascendente:**

Postulado de realismo ontológico.

Hipótesis de los mínimos inextensos.

Concepto de niveles ontológicos.

##### **Intensión**

Concepto predicable de elementos materiales con existencia independiente del sujeto y estatus ontológico primario.



**Descendente**

Las propiedades materiales deben tener estatus ontológico secundario.

El concepto de objetividad que se les puede atribuir debe ser secundario o derivado.

**B. Dimensión derivada:****Ascendente:**

Sentido pleno de objetividad ontológica en su dimensión propia.

**Intensión:**

Concepto predicable de propiedades materiales con existencia independiente del sujeto y estatus ontológico secundario o derivado.

**Descendente:**

El movimiento mecánico es *objetivo*, pero no es un ente.

La aceleración es *objetiva*, pero no es un ente.

La relación funcional de aceleración y tiempo es *objetiva* pero no posee estatus ontológico primario sino secundario, etc.

## CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de la presente tesis fue que, tomando en cuenta el enfoque general realista de la investigación galileana y de las nociones ontológicas subyacentes, se puede mostrar que en las investigaciones de Galileo subyace una caracterización más completa del concepto de objetividad ontológica que distingue dos significados y su relación. En particular me propuse mostrar, por un lado, que hay un primer sentido (propio) de objetividad ontológica para el nivel de las realidades elementales y que implica un segundo, y, por otro lado, que hay un segundo sentido (derivado) de objetividad ontológica para el nivel de las propiedades materiales que supone el primero. Al respecto, presento los siguientes resultados y conclusiones:

1. Algunos presocráticos pensaban que el existente real se concibe de modo distinto al sentido común y a la concepción mítico-religiosa. El *existente* es material, presenta identidad y orden, y es independiente del sujeto. Su investigación especulativa se caracteriza por ser una búsqueda de lo real, una explicación de apariencias por lo real y el uso de postulados abstractos.
2. Si fue así, podemos inferir que en la investigación especulativa presocrática subyace el postulado de que *hay una realidad material que existe independientemente del sujeto*, el cual constituye su enfoque general. Lo cual supone, además, que se atribuye *objetividad* a la materia. Tal postulado es denominado en términos más modernos como “realismo ontológico”.
3. En el caso de Galileo, de manera análoga, a partir de sus trabajos fundamentales hemos encontrado que él asume que el mundo exterior es distinto del mundo de sentido común y de la concepción antropomórfica. El mundo material consta de cuerpos con propiedades primarias (sustancia corpórea) y elementos materiales; su orden necesario consiste en la identidad del sustrato y en relaciones necesarias.
4. En el enfoque general de las investigaciones de Galileo encontramos rasgos como el de la libre búsqueda de la verdadera constitución del mundo (realidad), la explicación de efectos observables por realidades materiales y el uso de postulados

referidos a inobservables materiales. Aquí, aproximadamente como en los presocráticos, el postulado subyacente es que *hay un mundo exterior material que existe independientemente del sujeto*, es decir, el postulado del realismo ontológico. Éste postulado supone que la *objetividad* se atribuye al mundo material y su orden material, que no los pone el sujeto. Este concepto general de objetividad, que denominamos “objetividad ontológica”, está supuesto, por tanto, en el enfoque general de la investigación galileana.

5. Galileo, durante sus especulaciones sobre la estructura de la materia distingue niveles ontológico (físicos) en la realidad material; así, propiedades materiales y elementos constitutivos gozan de estatus ontológico, pero distinto.
6. En la discusión sobre la necesidad de la existencia de perfecciones geométricas en la naturaleza material para posibilitar la físico-matemática, Galileo reconoce y concede a los críticos aristotélicos-escolásticos que el mundo material es contingente e imperfecto, pero replica que eso no es impedimento para la posibilidad de geometrizar el mundo material.
7. Galileo piensa que los objetos (cuerpos y propiedades primarias) con los que el investigador trabaja (por ejemplo en análisis y contrastación) son productos de un proceso de depuración de las imperfecciones de los objetos materiales hasta donde la habilidad y medios del investigador lo permita (por ejemplo, dado un cuerpo metálico con forma esférica imperfecta, pulir las irregularidades superficiales hasta un nivel de mayor aproximación posible a la idea geométrica de esfera). Estos objetos son gnoseológicamente independientes del sujeto.
8. A tales resultados llegué tomando informaciones de los trabajos de Cornford, Heidel, Randall, Robín, Thomson, Aristóteles, Epicuro, Lucrecio, etc., en la etapa de hacer inferencias respecto al postulado del realismo ontológico y el concepto de objetividad ontológica en algunos presocráticos. Hemos tomado en cuenta la relación del tema gnoseológico con el ontológico. Para ello hemos considerado muy gravitantes las nociones ontológicas supuestas por Galileo tales como la distinción de niveles ontológicos, esto es, elemental y compuesto con la mira de llevar la concepción de lo real y lo objetivo más allá del límite de las propiedades primarias de los cuerpos hasta incluir a los elementos constitutivos de la materia, permitiendo

así la identificación del estatus ontológico de las propiedades primarias. Relacioné la interpretación de la metáfora del libro de la naturaleza y su lenguaje geométrico de *El Ensayador* con un episodio del *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano* sobre la posibilidad de la geometrización de la naturaleza, y con las explicaciones atomistas de los *Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*.

A partir de los resultados consignados concluyo lo siguiente:

9. Una caracterización más completa del concepto de *objetividad ontológica* galileana encierra dos significados distintos: una objetividad relativa a propiedades y otra relativa a elementos; la primera es básica o propia e implica a la segunda; la segunda es, por tanto, derivada. Además de la diferenciación, hay también, entonces, relación de implicación y jerarquía. Esta caracterización se resalta con una mirada semántica intuitiva a la existencia de diferencias *representativas*, *referenciales* y de *sentido pleno* en las dimensiones propia y derivada. No se pueden confundir ambas dimensiones. Pero, el análisis del *sentido pleno* de ambos conceptos muestra que el sentido pleno de la dimensión propia es el sentido ascendente de la dimensión derivada, es decir, ésta última está implicada por la otra.
10. El concepto de objetividad ontológica en dimensión propia se aplica en el nivel ontológico material, elemental, primario. Se atribuye a los infinitos elementos inextensos plenos y a los vacíos infinitesimales. En el dominio del mundo físico material la *objetividad* no se atribuye a objetos ideales abstractos, matemáticos, porque éstos no tienen lugar en este dominio. En cambio en este dominio coinciden *objetividad* con *estatus ontológico primario material*. Sitúo en la dimensión propia del concepto de objetividad ontológica la novedad de este concepto frente a la tradición: se atribuye *objetividad* a objetos *sui generis* incorpóreos que no son *esencias matemáticas* eternas (ideas abstractas) sino objetos materiales plenos (no vacíos) con movimiento.
11. La objetividad ontológica en dimensión derivada se atribuye a las *propiedades mecánicas* o materiales del nivel ontológico secundario. No es una condición de propiedades absolutas, en independencia y en perfección. Las propiedades

mecánicas (“matemáticas”) no tienen independencia ontológica absoluta, aunque son gnoseológicamente independientes; no son objetos geométricos perfectos. En Galileo estas son las condiciones de propiedades tales como forma, cantidad de materia y movimiento mecánico (que incluye relaciones).

12. Estimamos que la aportación más importante de esta tesis consiste en exhibir la distinción, tácita en las investigaciones de Galileo, de los dos significados del concepto de objetividad ontológica, distinción que no hace posible identificar la objetividad de las propiedades con un estatus ontológico primario.
13. No se ha logrado precisar la novedad del concepto de objetividad ontológica en dimensión derivada; considero que una discusión sobre lo dado y lo construido en las propiedades que fueron objeto de la investigación galileana podría ser esclarecedora.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALFIERI, C. (29 de Abril de 2007). El universo según Penrose (entrevista). *La Jornada Semanal*(634). Recuperado el 26 de noviembre de 2016, de <http://www.jornada.unam.mx/2007/04/29/sem-carlos.html>
- ARISTÓTELES. (1995). *Física*. (G. R. ECHANDÍA, Trad.) Madrid: Editorial Gredos.
- ARISTÓTELES. (1998). *Metafísica*. Madrid: Gredos.
- BANFI, A. (1967). *Vida de Galileo Galilei*. (A. Méndez, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.
- BELTRÁN, A. (1983). *Galileo*. Barcelona: Editorial Barcanova.
- BERNABÉ, A. (Ed.). (2008a). *Fragmentos presocráticos; de Tales a Demócrito* (Tercera edición ed.). (A. BERNABÉ PAJARES, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.
- BERNABÉ, A. (2008b). "Los primeros atomistas: Introducción". En A. BERNABÉ (Ed.), *Fragmentos presocráticos; de Tales a Demócrito* (págs. 274-283). Madrid: Alianza Editorial.
- BLAY, M. (2001). "Infinito y movimiento en Galileo. Demostraciones y críticas". En F. C. Ciencia (Ed.), *Galileo y la gestación de la ciencia moderna* (págs. 279-293). Canarias: Consejería de educación, cultura y deportes; Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- BRONCANO, F. (2003). *Saber en condiciones; epistemología para escépticos y materialistas*. Madrid: Mínimo Tránsito.
- BRUNSCHVICG, L. (1945). *Las etapas de la filosofía matemática*. Buenos Aires: Editorial Lautaro.
- BUNGE, M. (1997a). *La causalidad; el principio de causalidad en la ciencia moderna*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- BUNGE, M. (1997b). *Ciencia, técnica y desarrollo*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- BUNGE, M. (1999a). *Vigencia de la filosofía*. Lima: Universidad Inca Garcilazo de la Vega.
- BUNGE, M. (1999b). *Buscar la filosofía en las ciencias sociales*. México: Siglo XXI Editores.
- BUNGE, M. (2002). *Crisis y reconstrucción de la filosofía*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- BUNGE, M. (2004). *La investigación científica; su estrategia y su filosofía*. México: Siglo XXI Editores.
- BUNGE, M. (2007). *A la caza de la realidad*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- BUNGE, M. (2008). *Tratado de filosofía* (Vol. 1). Barcelona: Editorial Gedisa.
- BUNGE, M. (2009a). *Estrategias de la investigación científica*. Lima: Fondo Editorial de la Universidad Inca Garcilazo de la Vega.
- BUNGE, M. (2009b). *Epistemología; curso de actualización*. Barcelona: Editorial Ariel.
- BUNGE, M. (2009c). *Tratado de filosofía* (Vol. 2). Barcelona: Editorial Gedisa.
- BUNGE, M. (2011). *Tratado de filosofía* (Vol. 3). Barcelona: Editorial Gedisa.
- BUNGE, M. (2012). *Tratado de filosofía* (Vol. 4). Barcelona: Editorial Gedisa.
- BURTT, E. A. (1960). *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna. Ensayo histórico y crítico*. (R. Rojo, Trad.) Buenos Aires: Editorial Sudamerica.

- CANEDO, L. (Ed.). (1989). *350 años dos "Discorsi intorno a due nuove scienze" de Galileo Galilei*. Rio de Janeiro: COPPE, Editora Marco Zero.
- CASSIRER, E. (1953). *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia modernas* (Vol. I). (W. Roses, Trad.) México: Fondo de Cultura Económica.
- CHATELET, F. (Ed.). (1983). *Historia de la Filosofía. Ideas y doctrinas* (Tercera ed., Vol. II). (M. L. Pérez Torres, Trad.) Madrid: Espasa-Calpe.
- CLAVELIN, M. (1974). *The Natural Philosophy of Galileo. Essays on the Origins and Formation of Classical Mechanics*. Cambridge, Massachusetts and London, England: The MIT Press.
- CORNFORD, F. M. (1980). *Antes y después de Sócrates*. (A. Pérez-Ramos, Trad.) Barcelona: Editorial Ariel.
- CORNFORD, F. M. (1984). *De la religión a la filosofía*. (A. Pérez-Ramos, Trad.) Barcelona: Editorial Ariel.
- CORNFORD, F. M. (1987). *Principium Sapientiae. Los orígenes del pensamiento filosófico griego*. Madrid: Visor distribuciones.
- CORONADO, G. (1988). "El atomismo de Leucipo y Demócrito como intento de solución de la crisis eleática". *Revista de Comunicación I.T.C.R.*, 3(1), 25-33.
- DESANTI, J.-T. (1983). "Galileo y la nueva concepción de la naturaleza". En F. CHATELET (Ed.), *Historia de la filosofía: Ideas, doctrinas* (M. L. Pérez Torres, Trad., Tercera ed., Vol. II, págs. 63-83). Madrid: Espasa-Calpe.
- DRAKE, S. (1983). *Galileo*. Madrid: Alianza Editorial.
- DUHEM, P. (2003). *La teoría física*. Barcelona: Herder.
- ECHANDÍA, G. R. (1995). "Introducción". En ARISTÓTELES, *Física* (págs. 07-68). Madrid: Gredos.
- EPICURO. (2009). *Obras completas* (Octava edición ed.). (J. VARA, Ed., & J. VARA, Trad.) Madrid: Ediciones Cátedra.
- FERNÁNDEZ, T., & MONTESINOS, B. (2007). *El desafío del universo; de Tales de Mileto a la energía oscura*. Madrid: Espasa Calpe.
- Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. (2001). *Galileo y la gestación de la ciencia moderna, IX*. Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias; Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- GALILEI, G. (1984). *El ensayador*. (J. M. Revuelta, Trad.) Madrid: Editorial Sarpe.
- GALILEI, G. (1994). *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. (A. Beltrán Marí, Ed., & A. Beltrán Marí, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.
- GALILEI, G. (2001). *Dialogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*. (P. R. Mariconda, Trad.) Sao Paulo: Discurso Editorial/ FAPESP.
- GALILEI, G. (2003). *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*. (J. S. Villasante, Trad.) Buenos Aires: Editorial Losada.
- GALILEI, G. (2006). *Carta a Cristina de Lorena y otros textos sobre ciencia y religión*. (M. González García, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.
- GALILEI, G. (2008). *The Esencial Galileo*. (M. Finocchiaro, Ed., & M. Finocchiaro, Trad.) Indianapolis: Hackett Publishing Company, Inc.
- GALILEI, G. (2011a). *Diálogo sobre los sistemas máximos* (Vol. 1). (J. M. Revuelta, Trad.) Buenos Aires: Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara.

- GALILEI, G. (2011b). *Diálogo sobre los sistemas máximos* (Vol. 2). (J. M. Revuelta, Trad.) Buenos Aires: Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara.
- GALILEI, G., & KEPLER, J. (2007). *La gaceta sideral/ Conversación con el mensajero sideral*. (C. Solís Santos, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.
- GARCÍA DE GURTUBAI, A. (2012). "Atomismo: De la poesía de Lucrecio a la ciencia de Galileo". *Cuadernos de Ontología*(12), 149-165.
- GEYMONAT, L. (1969). *Galileo Galilei* (Primera ed.). (J. Capella, Trad.) Barcelona: Ediciones Península.
- GEYMONAT, L. (1989). "Experimento e matematica". En L. CANEDO (Ed.), *350 anos dos "Discorsi intorno a due nuove scienze" de Galileo Galilei* (págs. 61-71). Rio de Janeiro: COPPE, Editora Marco Zero.
- GIUSTI, E. (2001). "Los discursos sobre dos nuevas ciencias". En F. C. Ciencia (Ed.), *Galileo y la gestación de la ciencia moderna* (J. Gutierrez, Trad., págs. 245-265). Canarias: Consejería de educación, cultura y deportes; Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- GOMPERZ, T. (1951). *Pensadores griegos. Historia de la filosofía de la antigüedad* (Primera ed., Vol. I). (C. G. Körner, Trad.) Buenos Aires: Guarania de Asunción.
- GONZÁLEZ, J. M. (1995). "Galileo: La matemática". En F. C. Ciencia, *De Arquímedes a Leibniz. Tras los pasos del infinito matemático, teológico, físico y cosmológico* (págs. 263-275). Canarias: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- GUTHRIE, W. K. (1994). *Los filósofos griegos; de Tales a Aristóteles*. (F. M. TORNER, Trad.) México: Fondo de Cultura Económica.
- HEIDEL, W. (1946). *La edad heroica de la ciencia. El concepto, los ideales y métodos de la ciencia entre los antiguos griegos*. Buenos Aires: Espasa-Calpe Argentina.
- HERNÁNDEZ, M. (1995). "La física de Galileo". *De Arquímedes a Leibniz tras los pasos del infinito matemático, teológico, físico y cosmológico. Actas Seminario "Orotava" de Historia de la Ciencia II* (págs. 277-304). Canarias: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- JAPIASSU, H. (1989). "Galileo e a Filosofia Mecanicista". En L. CANEDO (Ed.), *350 anos dos "Discorsi intorno a due nuove scienze" de Galileo Galilei* (págs. 147-151). Rio de Janeiro: COPPE, Editora Marco Zero.
- KOYRÉ, A. (1981). *Estudios galileanos*. (M. G. Ambóu, Trad.) México: Siglo XXI Editores.
- KOYRÉ, A. (2000a). "Galileo y Platón". En A. KOYRÉ, *Estudios de historia del pensamiento científico* (págs. 150-179). México: Siglo XXI Editores.
- KOYRÉ, A. (2000b). "Los orígenes de la ciencia moderna; una interpretación nueva". En A. KOYRÉ, *Estudios de historia del pensamiento científico* (págs. 51-75). México: Siglo XXI Editores.
- KOYRÉ, A. (2000d). *Estudios de Historia del pensamiento científico*. México: Siglo XXI Editores.
- KOYRÉ, A. (2000f). "La aportación científica del renacimiento". En A. KOYRÉ, *Estudios de historia del pensamiento científico* (E. Pérez, & E. Bustos, Trads., Decimoquinta ed., págs. 41-50). México: Siglo XXI Editores.
- LAUDAN, L. (2000). "Teorias do Método Científico de Platao a Mach". *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 10(2), 9-140.



- LUCRECIO. (2003). *La naturaleza de las cosas*. (M. C. Bejarano, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.
- MAAR, W. L. (1993). "Galileo e a dialética: síntese pelo experimento e natureza como dominio dos objetos". *Cadernos de História e Filosofia da ciência*, 3(1-2), 11-65.
- MAGALHAES, F. (1989). "Galileo e a Filosofia". En L. CANEDO (Ed.), *350 anos dos "Discorsi intorno a due nuove scienze" de Galileo Galilei* (págs. 115-125). Rio de Janeiro: COPPE, Editora Marco Zero.
- MARACCHIA, S. (2001). "Galileo e Archimede". En J. MONTESINOS, & C. SOLIS (Edits.), *Largo campo di filosofare Galileo 2001* (págs. 119-130). La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- MARICONDA, P. (1999). "Galileo e a teoria das marés". *Cadernos de Historia e Filosofia da Ciência*, 9(1-2), 33-71.
- MARICONDA, P. (2001a). "Notas da Dedicatória [27]-[28]". En G. GALILEI, *Diálogo os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano* (P. R. Mariconda, Trad., págs. 499-554). Sao Paulo: Discurso Editorial/FAPESP.
- MARICONDA, P. (2001b). "Notas da Primeira Jornada [33]-[131]". En G. GALILEI, *Diálogo os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano* (P. R. Mariconda, Trad., págs. 563-619). Sao Paulo: Discurso Editorial/FAPESP.
- MASON, S. F. (2005). *Historia de las ciencias* (Vol. 2. La revolución científica de los siglos XVI y XVII). Madrid: Alianza Editorial.
- MEYERSON, E. (1929). *Identidad y realidad*. (J. X. Palau, Trad.) Madrid: Editorial Reus.
- MONTESINOS, J. (2004). "La matematización de la naturaleza como vía única de la ciencia". En F. C. Ciencia (Ed.), *Los orígenes de la ciencia moderna; Actas Seminario "Orotava" de Historia de la Ciencia, XI y XII* (págs. 351-369). Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- MONTESINOS, J., & SOLIS, C. (Edits.). (2001). *Largo campo di filosofare Galileo 2001*. La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- ORTEGA Y GASSET, J. (1998). *Origen y epílogo de la filosofía*. México: Fondo de Cultura Económica.
- POPPER, K. R. (2011 ). El objetivo de la ciencia. En K. R. POPPER, *Realismo y el objetivo de la ciencia. Post Scriptum a la lógica de la investigación científica, Vol. I*. (M. Sansigre, Trad., 3a ed., págs. 171-189). Madrid: Editorial Tecnos.
- PUTNAM, H. (1994 ). *Las mil caras del realismo* (Primera ed.). (M. Vásquez, & A. Liz, Trads.) Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- RAMSPERGER, A. G. (1946). *Sistemas filosóficos de la ciencia*. Buenos Aires: Editorial Claridad.
- RANDALL, J. H. (1952). *La formación del pensamiento moderno. Historia intelectual de nuestra época*. Buenos Aires : Editorial Nova.
- REDONDI, P. (1990). *Galileo herético*. (A. Beltrán, Trad.) Madrid: Alianza Editorial.
- REDONDI, P. (2001a). "El atomismo de Galileo". En F. C. Ciencia (Ed.), *Galileo y la gestación de la ciencia moderna* (págs. 267-277). Canaria: Consejería del Gobierno de Canarias, Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- REDONDI, P. (2001b). "I problemi dell'atomismo". En J. MONTESINOS, & C. SOLIS (Edits.), *Largo campo di filosofare Galileo 2001* (págs. 661- 675). La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.

- ROBIN, L. (1926). *El pensamiento griego y los orígenes del pensamiento científico*. Barcelona: Editorial Cervantes.
- RODRIGUEZ DONIS, M. (1997). "Azar, naturaleza y arte en los atomistas griegos y en Platón". *Anuario Filosófico*, 30(57), 21-70.
- RUIZ, J. (2009). "La evolución del atomismo en Galileo". *Revista Digital Sociedad de la Información*(15), 1-13.
- SALVATICO, L. (2006). *Depurando el mecanicismo moderno: Análisis de filosofías naturales del siglo XVII a partir de una noción teórica* (1ra ed.). Córdoba: Encuentro Grupo Editor.
- SCHRÖDINGER, E. (1975). *¿Qué es una ley de la naturaleza?* México: Fondo de Cultura Económica.
- SEGURA, C. (2001). "Una interpretación de la concepción de la physis entre los presocráticos; antes y después de Parménides". *Contrastes. Revista interdisciplinar de Filosofía*, VI, 143-160.
- SELLÉS, M. (2001). "La teoría de indivisibles de Galileo y su geometrización del movimiento". En J. MONTESINOS, & C. SOLÍS (Edits.), *Largo campo di filosofare* (págs. 445-456). La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- SHEA, W. R. (1983). *La revolución intelectual de Galileo*. Barcelona: Editorial Ariel.
- SHEA, W. R. (2001). "Galileo e l'atomismo". *ACTA PHILOSOPHICA*, 10(2), 257-272.
- SOLIS, C. (2001). "La cosmología oculta de Galileo". En C. SOLIS, & J. MONTESINOS (Edits.), *Largo campo di filosofare Galileo 2001* (págs. 337-379). La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- SOLIS, C. (2007). "El atomismo inane de Galileo". *THEORIA. An International Journal for Theory, History and Foundations of Science*, 22(2), 213-231.
- THEORIA. (2007). *An International Journal for Theory, History and Foundations of Science*, 22(59).
- THOMSON, G. (1988). *Los primeros filósofos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- WHITEHEAD, A. N. (1949). *La ciencia y el mundo moderno*. Buenos Aires: Editorial Losada.