

LA VERIFICACION CIENTIFICA SEGUN GROSSETESTE

Celina A. Lértora Mendoza¹

SÍNTESE – Roberto Grosseteste foi dos primeiros medievais a propor uma verificação científica. No presente trabalho mostra-se que o método deste pensador medieval é mais amplo que o da simples verificação empírica. Para compreender tal método em toda a amplitude, torna-se necessário fazer uma exposição sistemática da teoria da verificação, em seu conjunto.

ABSTRACT – Robert Grosseteste was one of the first thinkers in the Middle Ages proposing a scientific verification. This article shows that Grosseteste's method is ampler than that of a simple empirical verification. If one wants to understand such a method in its entire extent, it's necessary a systematic exposition of the verification's theory as a whole.

Es sabido que Grosseteste (1175-1253) fue uno de los primeros medievales que propuso una metodología científica¹ incluyedo la verificación sistemática.² Dado el acento que él mismo puso sobre la “experimentación”, se ha vinculado su nombre a la promoción de la “verificación empírica” moderna; pero su teoría es

Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas – CONICET – Buenos Aires.

¹ Exposiciones detalladas de esta metodología son debidas especialmente a A. C. Crombie: *Robert Grosseteste and the origins of experimental science, 1001-1700*, Oxford, Clarendon Press, 1971; “Grosseteste and scientific method”, *The Month*, n. 191, 1951: 164-175 (donde analiza la relación entre metafísica y ciencia experimental) y D. A. Callus, “Robert Grosseteste's place in the history of philosophy”, *Actes XIème Congrès International de Philosophie*, v. XII, Bruxelles– Amsterdam, 1953, pp. 161-165. Luego de estas importantes figuras, muchos otros investigadores han profundizado aspectos particulares del tema metodológico. Hay acuerdo prácticamente total en que la recepción del *corpus* físico aristotélico ha sido determinante en este proceso; contra lo que comúnmente se ha creído hasta hace poco, investigaciones más cuidadosas han mostrado que los comentaristas oxonienses de los ss. XIII y XIV (comenzando por Grosseteste y siguiendo por G. de Haspyl, Chelvestum y Ockham) han prestado mucha atención a los textos metodológicos de la *Physica*, y se han planteado explícitamente el problema de la autonomía de la ciencia en relación al análisis filosófico (Cf. M. Dudley Silla, “The *a posteriori* foundations of natural science. Some medieval commentaries on Aristotle's *Physics* Book I, Chapters 1 and 2”, *Synthese* 40, 1979, n., 1: 147-187).

² Se entiende en este trabajo por “verificación” la justificación de aplicar un predicado semántico (V o F) a una proposición científica. El carácter científico de una proposición depende a su vez de los marcos metodológicos. Me he ocupado de este tema en “Ciencia y método en Roberto Grosseteste”, *Humanitas* (Nuevo León) 18, 1977: 153-182.

más amplia. En este trabajo me propongo mostrar que el método analítico-sintético propiciado para la ciencia física, y que ha sido considerado como su mayor aporte a la metodología científica medieval³ debe ser completado con la exposición sistemática de toda la teoría de la verificación.

En los opúsculos científicos del Lincolniense⁴ hallamos variados casos de verificación. La mayoría se refiere a los aspectos formales o argumentativos de la verificación y/o falsación, y sólo limitadamente a la verificación empírica. Sin embargo, los aspectos formales no están desligados de la referencia a la experiencia, pues se vinculan con ella a través de los requisitos metódicos. Por eso estos también deben analizarse, ya que constituyen a veces un aporte interesante a la metodología científica.

I - VERIFICACION FORMAL

Entendemos por verificación formal, en sentido lato, toda forma de verificación que no haga referencia explícita al principio de experiencia. En general, se limita al uso científico de la lógica, para probar - y más habitualmente falsear - alguna hipótesis. Los niveles de complejidad que asume este tipo de verificación son muy variados, dependiendo tanto de la materia a tratar, como del estado de la cuestión científica en ese momento. En efecto, para muchos problemas fue luego posible arbitrar un recurso a la experiencia, pero en tiempos de Grosseteste sólo cabía un tratamiento argumentativo.

1. Falsación lógica de una hipótesis. Es el primer nivel de la verificación formal y su finalidad es mostrar las contradicciones internas de una teoría, o la imposibilidad de determinado tratamiento de una cuestión. El caso más interesante es el análisis de los argumentos aristotélicos contra la necesidad de la existencia del vacío. El esquema del argumento es el siguiente: el vacío - supuestamente necesario para la existencia del movimiento - resulta en realidad totalmente irrelevante para resolver la cuestión. Además, aun cuando se admitiera (hipotéticamente) conduciría a una disyunción exclusiva de posibilidades, cada una de las cuales explicaría (o no) exactamente lo mismo, según que se admitiera (o no) la discontinuidad entre las partes. Ahora bien, desde otro punto de vista,

³ A. Crombie, en *Roberto Grosseteste...* cit. defiende la siguiente tesis: los aspectos sistemáticos y cualitativos del moderno método científico fueron creados por los filósofos ingleses en el s. XIII, transformando el método geométrico en método descriptivo científico (p. 1). Añade (p. 2) que entre Grosseteste y Ockham (aproximadamente un siglo) se llegan a definir las condiciones necesarias y suficientes para producir hechos experimentales cuya certificación salva las apariencias, aunque se renuncie a la verdad necesaria en sentido analítico. Más concretamente, en otro trabajo, reduce a dos puntos los aspectos centrales del aporte del Lincolniense: 1ª. aceptación de la distinción entre *scientia quia et propter quid*, buscando elementos para la construcción de una nueva teoría de la ciencia; y 2ª. uso de la matemática para la explicación del mundo físico ("Robert Grosseteste on the logic of science", *Actes de XIème Congrès* cit. pp. 171-173).

⁴ La lista propuesta por Richard C. Dales incluye los siguientes, con la fecha aproximada de su composición: 1220: *De generatione stellarum*; 1221-1222: *De generatione sonorum*; 1224: *De impressionibus elementorum*; 1226-1228: *De accessu et recessu maris*; 1227-1229: *Commentarius in Libros Analyticorum Posteriorum*; 1228-1232: *Commentarius in Octo Libros Physicorum*; 1231: *De lineis, angulis et figuris - De natura locorum*; 1232- 1235: *De colore - De calore solis - De iride*. Cf. "Robert Grosseteste' scientific works", *Isis* 52, 1961: 381-402.

una de esas posibilidades es inaceptable y por tanto la disyunción no es lógicamente necesaria. Luego puede declarársela improbable, ya que es un enunciado sólo probable (en sentido modal).

En el próximo texto puede observarse toda la elaboración metodológica requerida para contrastar indirectamente una hipótesis, ya que el vacío es en sí mismo empíricamente inverificable.

1. En verdad, ese vacío no existe, ni lo dilatado tal [como lo entienden aquellos filósofos] debe existir para que exista el movimiento. En realidad sucedería una de dos: o nada se movería, o lo que se moviera lo haría circularmente; o bien, si lo que se mueve se moviera con movimiento rectilíneo, también así se movería el cielo y estaría perturbado; y cuando se corrompiera un poco de agua en un décimo de aire, se corrompería juntamente un décimo de aire en una medida de agua. O existe el vacío, o dos cuerpos existen juntos. Pero la densidad o la dilatación, que solucionan estas dificultades, son disminución o aumento de la cantidad en una misma cosa, que no pierde nada de materia, y al no producirse ninguna discontinuidad entre las partes continuas, no habrá aproximación de partes sólo por causa de los vacíos intermedios.

Com. Octo Phys. IV (ed. Dales, p. 85-86)⁵

2. Reductio ad absurdum o argumento por el imposible, es una forma más compleja y se emplea cuando no se puede usar una prueba directa. Daré a continuación dos ejemplos de esta forma de verificación indirecta. En el *Com. Octo Phys.* a propósito de la imposibilidad de una serie infinita de motores en acto, se aplica así el argumento:

2. [...] Segundo, muestra que los motores según el movimiento local no son numéricamente infinitos, sino que hay una primera causa del movimiento; demuestra esto por imposible. Pero su primera demostración no es apodíctica, y para hacerla necesaria añade que el motor es simultáneo con lo movido, es decir, que no dista del móvil.

[...] Y si aquel motor fuese una forma corporal, sería necesario que ese cuerpo cuya es la forma motora, tocara a la piedra movida, y así siempre es verdad que motor y móvil no distan entre sí. Y si los motores fueran numéricamente infinitos, sería necesario que cada cuerpo fuese contiguo a otro, y otro continuo o contiguo [a otro] al infinito. Y entonces se produciría el absurdo de que un cuerpo infinito se movería en un tiempo finito. Luego por esto se demuestra que los motores corporales no van al infinito.

Com. Octo Phys. VII (ed. Dales p. 126)⁶

⁵ Se cita por R. C. Dales, *Roberti Grosseteste Episcopi Lincolnienis Commentarius in VIII Physicorum Aristotelis e fontibus manu scriptis nunc primum in lucem (...) Studies and text in Medieval Thought*, University of Colorado Press, Colorado, 1963. "Secundum veritatem tale vacuum non est, nec rarum tale oportet esse ad hoc ut si motus nisi cum esset rerum et densum. Vere contingeret unum hprum, scilicet aut nichil moveri aut quidquid movetur circulariter movetur, aut si quid movetur secundum rectum movetur, etiam celum sic moveri et turbari; et corrupto uno pugillo aque in decimo aeris, simul corrumpi decimo aeris in unum aque. Aut vacuum esse aut duo corpora esse simul. Sed densitas et raritas que solvunt hec inconveniencia sunt minoracio magnitudinis vel maioracio magnitudinis in una eadem quod materia nullo egrediente, nulla discontinuacione facta inter partes contiguas, nullo accessu parcium per solum vacuum distancium".

⁶ "[...] Secundo ostendit quod motores secundum localem motum non abeunt in infinitum, sed est prima causa motus; hoc ostendit per impossibile. Sed prima eius ostensio non est necessaria sed ad faciendum eam necessariam addit quod movens est simul cum moto, id est non distat a moto". "[...] Si autem motor ille esset forma corporis, necesse esset iterum corpus illud cuius forma movet tangere lapidem motum, et ita semper verum est quod movens et motum non distant. Et si motores abeant in infinitum, necesse est corpus contigui corpori donec aggregetur corpus continuum vel contiguum in infinitum, et tunc accidit inconveniens, scilicet infinitum motum in tempore finito. Unde igitur demonstratum est quod motores corporales non sunt in infinitum".

En estos párrafos Grosseteste hace reflexiones personales acerca de la teoría aristotélica del motor obrante por contacto (Bk 243 a 3 ss). El argumento se desarrolla así: si hubiera un número infinito de motores corpóreos extrínsecos, como habría contacto entre ellos, de la unión de todos -infinitos por hipótesis- resultaría un cuerpo infinito que debería moverse durante un tiempo finito, porque el tiempo es el número del movimiento de los cuerpos finitos y no su suma. Y esto es imposible.

Nótese que este argumento tiene valor por sí mismo, independientemente de la crítica que hace Grosseteste al presupuesto de la prueba aristotélica (simultaneidad de motor y móvil), por cuanto considera que esto no ha sido probado universalmente.

En el *Com. Post. Anal.* a propósito del argumento por imposible, se presentan algunos ejemplos científicos con indicación de los casos de uso pertinente. La descripción general es:

3. En algunas demostraciones por imposible la deducción llega a lo opuesto de algún principio o demostración ya establecida en aquella ciencia, mediante una demostración que no llegue a lo opuesto a un principio o demostración anterior de esa misma ciencia.

Com. Post. Anal. I, c. 10 (ed. Venecia 1514, f 11 ra)⁷

Como se ve, Grosseteste introduce una restricción importante para el uso científico del argumento: la prohibición de "cadenas de *reductio*". Luego expone el ejemplo del *Commentarius* a la *Physica* a que ya hicimos referencia. En cuanto a la utilización del método en Matemática⁸ menciona dos pruebas del Libro V de Euclides, donde se demuestra por imposible; la conclusión es que el argumento *ad absurdum* tiene aplicación generalizada:

4. [...] y así es posible hacer muchas demostraciones por imposible tanto en las ciencias naturales como en las matemáticas y en las morales, porque se deduce a partir de la negación de un mismo contenido [establecido]. Y esto sólo puede hacerse por deducción a partir de los opuestos o por una deducción que suponga válidos los opuestos.

Com. Post. Anal. I, c. 10 (ed. Venecia 1514, f 11, ra)⁸

En realidad el Lincolniense se limita aquí a indicar las condiciones lógicas del uso del principio mostrándolo con ejemplos ajenos. En sus obras científicas no

⁷ Se cita por *Roberti Grosseteste. In Aristotelis Posteriorum Analyticorum Libros*, Venetii, 1514, Reed. Fotog. Minerva GMEH. Frankfurt/Main, 1966. "In aliquibus demonstrationibus ducentibus ad impossibile pervenit deductio ad oppositum alicuius principii vel preostensis in illa scientia quanque vero sit deductio non ad oppositum alicuius principii vel preostensi in eadem scientia".

⁸ Los conocimientos matemáticos latinos hasta el s. XI eran muy limitados, estimándose que no sobrepasaban el nivel de los griegos contemporáneos a Pitágoras (cf. Paul Tannery, "Une correspondance d'Ecolâtres du XI siècle", *Memoires scientifiques*, Paris, Gauthiers-Villars, 192, 2, T. V, *Sciences Exactes au Moyen Âge*, cap. 10, esp. p 229 ss). Euclides fue imperfectamente conocido hasta la traducción de los *Elementos* por Adelardo de Bath (cf. John E. Murdoch, "The Medieval Euclid: salient aspects of the translations of the *Elements* by Adelard of Bath and Campanus de Novara", *Revue de Synthèse* 89 (s.g.) 49-52 (3ª s.) 1968: 97-94). En los autores del s. XIII comienza ya a notarse el interés por la metodología geométrica y el uso científico de la lógica en el sistema deductivo euclideo, considerado paradigmático.

⁹ "[...] et sic accidit multis demonstrationibus ducentibus ad impossibile tam naturalibus quam mathematicis quam moralibus, quia fit deductio ab abnegationem eiusdem a se: hoc autem non potest fieri nisi per syllogismum ex oppositis aut per syllogismum supponente ea que valent opposita".

encontramos una aplicación completa de falsación física con este método.¹⁰ Quizá intuía la necesidad de dotarlo de mayor referencia real, lo que obviamente no es necesario en Matemática.¹¹

3. Demostraciones formales directas o semidirectas (silogismo condicional). Constituyen la mayor parte de las verificaciones no empíricas en las obras físicas, desde luego las más importantes. Ya dije que Grosseteste era consciente de la necesidad de explicitar los argumentos demostrativos. La forma de exposición no es incidental, o simplemente estilística, sino que responde a la exigencia de mantenerse dentro de cánones metodológicos precisos.

a. *Silogismo afirmativo.* Es el método de verificación formal directo más usado, generalmente en la primera figura universal (*barbara*). Es casi la única forma usada en los trabajos más tempranos, como *De generatione sonorum*. Precisamente por su simplicidad, en este caso la verificación y la *via inventionis* coinciden por completo. En el siguiente pasaje de la obra mencionada se aprecia la utilización del silogismo afirmativo en forma sucesiva, combinando premisas axiomáticas (“la naturaleza obra siempre del mejor modo posible”) con afirmaciones de origen fáctico (relación entre la representación gráfica de las letras y su modo de formación sonora). Por supuesto es legítimo exigir para estas premisas empíricas una verificación independiente y previa a su uso en el silogismo. Nótese que al ser declaradas verdaderas (por verificación empírica o formal) funcionan como axiomas y permiten concluir apodócticamente. De ahí la importancia de verificar **cada** premisa y no usar como premisas proposiciones dudosas o indecidibles. El carácter apodóctico de las verificaciones por silogismo universal afirmativo es patente:

5. La aptitud de la voz para ser escrita no es otra cosa que la misma figuración de los órganos vocales y los espíritus por los cuales interiormente se genera la letra. Por tanto es posible representar mediante una figura visible adecuada, la estructura de su generación. Es evidente que como el arte imita a la naturaleza y ésta siempre obra del modo óptimo en cuanto le es posible, y el arte correcto hace lo mismo, es mejor la representación por figuras exteriores asimiladas a las figuras interiores que – como la gramática – describir por figuras exteriores adecuadas a las interiores que intentan representarlas.

De generatione sonorum (Baur, *Werke*, p. 8)¹²

¹⁰ En realidad, debemos reconocer con otros estudiosos del pensamiento medieval, que el “empirismo” medieval (supuesto parcial de la teoría de la falsación empírica) es limitado y *sui generis*. En el caso de los temas del Lincolnense, dado que los fenómenos que ha tenido más en vista son los ópticos, la cuestión se complica por la necesidad de conciliar estos aspectos empíricos con los matemáticos exigidos por la subordinación de la óptica a la geometría, que Grosseteste admite, inclusive en cuanto considera que la óptica se diferencia de la física (y no es, por tanto una parte material de ella) en que la física explica el *quid* del fenómeno y la óptica el *propter quid*. Sin embargo podemos admitir un principio empiricista, aunque limitado, en cuanto para Grosseteste la aplicación de los principios óptico-geométricos al mundo real requiere un conocimiento físico perceptivo y un principio inductivo. V. Bruce Eastwood, “Medieval empiricism: the case of Grosseteste’s optics”, *Speculum* 43, 1968: 306-321

¹¹ Esto se ve claramente en el caso de sus análisis sobre la ley de refracción, tal como la enuncia en *De iride*, donde aproxima este fenómeno al de reflexión a través de “experiencias similares” pero sin lograr una cuantificación completa, lo que hace hablar a Eastwood de una legalidad “cualitativa” de los fenómenos ópticos en la exposición del Lincolnense (cf. “Grosseteste’s ‘qualitative’ law of refraction”, *Journ. Hist. Id.* 28, 1967: 403-414.

¹² Se cita por L Baur, *Die philosophischen Werke des Robert Grosseteste zum Erstenmal vollständig in kritischer Ausgabe*, Münster, 1912. “Potentia vero vocis ad hoc, ut scribatur, nihil aliud est, nisi

La búsqueda causal es también exclusivamente afirmativa en los primeros trabajos, muy dependientes de modelos lógicamente rigurosos pero con escasa flexibilidad ante las dificultades de la investigación real. En el ejemplo que sigue se explica la formación de los diversos sonidos consonantes por la potencia motora natural:

6. [...] la potencia motora por la cual se forma la vocal de modo continuo desde el principio de la sílaba hasta su fin, inclina al espíritu y a los órganos corpóreos para formar el sonido de la vocal semejante a sí, y mueve también el espíritu y sus órganos. Pero como la predicha inclinación es concomitante con alguna otra que lleva a la formación del sonido consonante, se produce un movimiento compuesto en los espíritus y los órganos, proveniente de las dos inclinaciones; así sucede cuando lo pesado tiende al movimiento hacia abajo, y cuando es impelido transversalmente sucede que el movimiento de ese mismo cuerpo proviene de otros impulsos distintos del movimiento natural. Pero como la inclinación al movimiento natural es continua, siempre se vuelve a él.

De generatione sonorum (ed. Baur, *Werke*, p. 9)¹³

b. *Silogismo transitivo*, o sea la ley de transitividad el *sequitur*. Forma derivada de la anterior, también es frecuente en los opúsculos tempranos. El *De generatione stellarum* está compuesto casi todo en base a esta forma demostrativa. Intenta demostrar la naturaleza mixta de las estrellas con una serie de pruebas, que siguen el mismo esquema. Por ej.:

7. La otra razón es la siguiente: “el color es luz en el extremo traslúcido de un cuerpo delimitado”. Pero un cuerpo delimitado es un cuerpo mixto; y el cuerpo coloreado es cuerpo delimitado, luego es mixto.

De generatione stellarum (ed. Baur, *Werke*, p. 33)¹⁴

ipsa figuratio instrumentorum vocalium et spiritum, qua littera interius generatur. Ideo possibile est, representari per figuram visibilem assimilata figuram suae generationis. Et manifestum est, quod, cum ars imitetur naturam et natura semper facit optimo modo quo si possibile est, et ars est non errans similiter, melior autem sit representatio per figuras exteriores assimilatas figuris interioribus, quam et secundum artem grammaticam, scribere erat per figuras exteriores assimilatas figuris interioribus ipsas interiores representare”.

¹³ “[...] Virtus motiva, qua formatur vocalis continue a principio syllabas usque ad finem eius, inclinat spiritus et instrumenta ad formandum sonum vocalis sibi similem et etiam movet spiritus et instrumenta. Cum autem dictam inclinationem concomitatur inclinatio aliqua ad formandum sonum consonantis, egreditur in spiritibus et instrumentis motus unus compositus proveniens a duabus inclinationibus, sicut cum ponderosum inclinatur ad motum deorsum, et cum hoc impellitur ex transverso, consequitur in ipso motus egrediens a diversis inclinationibus aliis a motu naturali. Sed quia continua est inclinatio motus naturalis semper est reversio ad motum naturalem”.

¹⁴ “Item alia ratione sic: ‘Color est lux in extremitate perspicui in corpore terminato’. Sed corpus terminatum est corpus mixtum, et corpus coloratum est corpus terminatum. Ergo corpus coloratum est corpus mixtum”. Obsérvese que en esta obra temprana ya hay un uso habitual de la autoridad aristotélica. Esto confirma las afirmaciones de investigadores como D. Callus, en el sentido de que la introducción aristotélica en Oxford debió ser muy temprana. Aunque no se conoce casi nada sobre los planes de estudio anteriores a 1214, puede deducirse que los adelardistas Roger de Hereford, Daniel de Morley, Alexander Neckam y Alfredo de Sereschel iniciaron un decidido movimiento docente, de lo que sería prueba irrecusable la abundancia de citas aristotélicas (prácticamente todo el *corpus*) en las obras de los dos últimos citados (c.f. “Introduction of aristotelian learning to Oxford”, *The Proceedings of the British Academy*, 21, 1942: 229–281 y espec. 233–235). Me he ocupado de este tema en “La introducción de Aristóteles en Oxford medieval”, *Humanitas* (México) 22, 1981: 81–90.

c. *Demostración indirecta (MTT)*. Es una forma más elaborada de argumentación, constituyendo demostración indirecta en cuanto concluye negativamente. El *modus tollendo tollens* tiene la forma

Si A es B, es C
A no es C;
Luego no es B

En el caso de las estrellas: si las estrellas son simples (es decir, si su materia es la llamada "quinta esencia") son traslúcidas; no son traslúcidas, luego no son simples. Esta prueba tiene una premisa empírica: "las estrellas no son traslúcidas". Además hay una conexión teórica: las dos propiedades, B y C (ser simple y ser traslúcido) que se coimplican al menos negativamente (lo que no es traslúcido seguramente no es simple) aunque no se exige la coimplicación positiva. Esta relación entre las propiedades se supone previamente establecida, y así se forma la premisa condicional:

8. Además, lo traslúcido posee una cierta natura común al aire, al agua, al fuego y a la quinta esencia, como se muestra en el *Libro II sobre el alma*, capítulo de lo lúcido, y como se dice expresamente en el libro *El sentido y lo sensible*. Luego, lo que no es transparente, no es de igual natura que todos estos. Pero las estrellas no son transparentes, luego no tienen igual natura que ellos. Que las estrellas no son transparentes, es evidente en el caso de la luna [...]

De generatione stellarum (ed. Baur, *Werke*, p.34)¹⁶

En este ejemplo la premisa condicional no está sujeta a prueba científica porque se ha tomado directamente de la fuente aristotélica, pero en sí nada impide (más bien exige) un tratamiento de verificación empírica. En cuanto a la premisa experiencial, que completa el argumento, dejo su análisis para el próximo punto.

d. *Formas combinadas*. Constituyen metodologías completas de verificación, mediante uso dialéctico de las nociones discutidas (forma de *quaestio*, pero no filosófica, sino científica). Un ejemplo de esto es el opúsculo *De calore*: comienza preguntando por la definición esencial del fenómeno, o sea, busca su natura, la cual debe deducirse de los datos previamente aceptados.¹⁶ La respuesta sólo puede ser correcta si corresponde exactamente a los términos de la pregunta (concepción contextual del problema). Veamos un ejemplo:

9. Se pregunta por qué se considera la llama como forma sustancial de fuego operante en una materia exterior, no pura sino propia forma del fuego, pero no así con respecto a la luz ígnea; pues allí está la forma sustancial de fuego en la materia pura y propia del fuego y

¹⁶ "Percipuitas est quaedam natura communis aeris et aquae et ignis et quintae essentiae, ut patet II *De Anima*, capítulo de lúcido et in libro de sensu et sensato expressius dicitur. Hoc ergo, quod non est perspicuum, non est eiusdem naturae cum aliquo istorum. Sed stellae non sunt perspicuae; ergo non sunt eiusdem naturae cum aliquo istorum. Quod stellae non sint perspicuae, patet in luna [etc]".

¹⁶ La complejidad metodológica presente de hecho en la obra de Roberto, correlativa a su avance cronológico, parece indicar una mayor clarificación acerca del concepto y el orden de las ciencias. Está claro que Grosseteste no abandonó su concepción inicial (común a aristotélicos y platonizantes) de que el orden de la ciencia sigue el *ordo essendi*, pero le añade, cada vez con mayor precisión hasta donde le es posible, el principio de diversificación metodológica (v. este punto en R. J. Palma, "Grosseteste's ordering of scientia", *New Scholasticism* 50, 1976, n. 4: 447-463).

no está mezclada con ninguna materia extraña inflamable. Y quizá de este modo se resuelve la cuestión de si el fuego en su región es sensiblemente cálido o no; según esto parece que no. De la misma manera se resuelve también la cuestión tendiente a demostrar que la tierra es más fría que el agua, porque estas cualidades, como cálido y frío, etc. o son formas sustanciales de los elementos, o pasiones propias, y por sí accidentes causados por las formas sustanciales de los elementos, que son de tal o cual manera.

De calore, (ed. Thomson, p. 35).¹⁷

En esta misma obra se utiliza la forma simple del *sequitur* combinado con premisas de formación empírica. Un ejemplo de ello es la descripción sistemática de los colores del espectro:¹⁸

10. De esta explicación se sigue también que los colores próximos a la blancura – en los cuales puede producirse regresión y permutación a partir de blanco – son siete, ni más menos [...] Como la esencia de lo blanco está constituida por tres elementos: multitud de luz, su claridad y pureza del medio traslúcido, permaneciendo dos cualesquiera de los tres, puede producirse remisión; de este modo habría generación de tres colores [...] o bien se produciría remisión conjunta de los tres elementos; de este modo resultan siete colores en el universo a partir del blanco.

De colore (ed. Baur, *Werke*, pp. 78-79)¹⁹

En *De calore solis* hallamos numeros ejemplos de verificación por *Modus ponendo ponens* y de falsación por *tollendo tollens*. Este opúsculo contiene los elementos metodológicos básicos más importantes. Daré dos ejemplos. Habiendo afirmado la necesidad de señalar la causa unívoca (adecuada) del fenómeno, se halla que la causa próxima es la disgregación de partes. Pero no resulta fácil encontrar la conexión entre esto y la convergencia de rayos, que obviamente tam-

¹⁷ Se cita por S. H. Thomson, "Grosseteste's *Questio de calore*, *De comentis and De operationibus solis*", *Med. et Hum.*, 11, 1957: 34-43. "Queritur quia in flamma intelligitur forma substantialis ignis agens in materiam extraneam non puram sed propriam formae ignis, non sic autem de igne luce; ibi enim est forma substantialis ignis in materia pura et propria ignis et non est admixtio alicuius materiae extraneae inflammabilis. Et iuxta hoc solvitur forte quaestio querens an ignis in sua regione sit calidus sensibiliter actu aut non, et secundum hoc putatur quod non. Secundum hoc etiam eadem solvitur quaestio nitens ostendere quod terra sit frigidior qua, quia iste qualitates, calidum et frigidum etc. aut sunt formae sustanciales elementorum aut proprie passiones et per se accidentia causata a formis sustancialibus elementorum, quod sive sic sive sic".

¹⁸ Para una mayor comprensión del problema histórico científico acerca de la "experimentabilidad" de la teoría del arco iris y del espectro en Grosseteste, hay que considerar su distinción entre *sapientia* y *scientia*, que le permite introducir un aspecto diríamos "intuicionista" en el tratamiento de la verdad en cuestiones físicas (como ésta). Así, la aplicación al caso de su principio del "cono – o pirámide – de acción" se basa en el principio intuicionista sapiencial de la "patencia" de la verdad (cf. N. Eastwood, "Robert Grosseteste's theory of the rainbow. A chapter in the history of non-experimental Science", *Arch. Int. Hist. Sciences*, 19, 1966: 313-332).

¹⁹ "Sequitur etiam ex hoc sermone, quod colores proximi albedini, in quibus potest fieri recessus ab albedini permutatio, septem sunt, nec plures nec pauciora [...] Cum enim albedinis essentiam tria constituent, scilicet lucis multitudo, eiusdem claritas et perspicui puritas, duobus manentibus cuiuslibet trium potest fieri remissio, eritque per hunc modum trium colorem generatio, [...] aut omnium trium simul erit remissio; et sic in universo ab albedine erit septem colorum immediata progressio".

Obsérvese que la introducción de elementos empíricos en las premisas exige ciertas modificaciones en la argumentatividad. La justificación de estos modelos metodológicos, durante todo el medioevo, se relacionó con la *Tópica*, que llegó a incluir, en la Baja Edad Media, la teoría de la argumentación y de las consecuencias (cf. Niels J. Green-Pedersen, *The tradition of the Topics in the Middle Ages*, München, Philosophia Verlag, 1984, *passim*).

bién se da en los procesos de calentamiento. Comienza por el análisis de hipótesis según los diversos géneros de movimiento: natural y violento. Refiriéndose al segundo, se ve que en cualquiera de sus especies se produce disgregación y en ella se origina calor. Esto lo “prueba” por la experiencia. Y luego:

11. Lo mismo se aprecia en el movimiento natural. Pues en aquello que se mueve naturalmente hacia abajo, se genera calor por causa del movimiento [...] Es evidente que hay potencia natural. Pruebo la violenta. Todo lo pesado que se mueve hacia abajo y no directamente al centro, se mueve violentamente. Pero las partes de un cuerpo pesado se mueven hacia abajo no directamente al centro. Luego todas se mueven violentamente.

De calore solis (ed. Baur, *Werke*, pp. 80-81)²⁰

En este argumento hay una premisa de experiencia: todas las partes se mueven indirectamente hacia el centro. No se ofrece una verificación empírica, sino una argumentación que combina la transitividad del *sequitur* con el *MTT*: las partes se mueven hacia el centro en líneas no concurrentes y por tanto indirectas. Como esto es menor en el movimiento natural que en el violento, también es mínimo el calentamiento en esos casos. Se encuentra así una causa adecuada del fenómeno (calentamiento) y de sus variaciones (menor en el natural, mayor en el violento). Los párrafos más significativos del extenso paso total del argumento son los siguientes:

12. Pruebo la menor: las partes de un cuerpo pesado conservan siempre la misma distancia en relación al todo [...] Queda claro pues, este principio: en cada parte de un cuerpo naturalmente movido hacia abajo hay una doble potencia impulsora. Pero la oposición de estos impulsos es mucho menor que la oposición que impulsa a las partes en el movimiento violento; por esto, entre todos los productores de calor, el movimiento natural genera el menor calor natural en el movimiento. Se ve así que el calor se genera del movimiento natural recto y del movimiento violento, y de lo cálido a su vez se genera el calor según su causa unívoca.

De calor solis (ed. Baur, *Werke*, p. 81)²¹

La importancia de la verificación formal queda patentizada en la mera consideración cuantitativa de su uso. Pero es necesario añadir al menos dos observaciones: en primer lugar, la concepción aristotélica sobre la naturaleza del conocimiento científico, que privilegia el deductivismo (en cuanto ligado a las explica-

²⁰ Hoc idem patet in motu naturali. Generatur enim calidum in motu in eo quod movetur naturaliter deorsum [...]. Quod enim ibi sit virtus naturalis patet. Sed quod ibi sit virtus violenta probo. Omne quod est ponderosus et movetur deorsum non directe ad centrum, movetur violenter. Sed omnes partes ponderosi movetur deorsum non deorsum ad centrum. Igitur omnes partes ponderosi moventur violenter”.

Debe tenerse en cuenta que esta sobredimensión del movimiento “violento” se debe a que el concepto de moción rectilínea, uniforme e indefinida es incompatible con la mentalidad física del medioevo y habrá que esperar hasta el concepto burideano de *impetus* para escapar a este tipo de explicaciones (cf. Edward Grant, *Physical Science in the Middle Ages*, Cambridge, Cambridge University Press, 1977, p. 50 ss). Por tanto, pasos como el transcrito no significan un demérito personal de Grosseteste.

²¹ “Probo minori: Partes gravis aequalem distantiam semper habent in toto [...] Sic ergo patet principium quod secundum unamquamque partem moti naturaliter deorsum est duplex virtus inclinans ad diversas partes. Sed istarum inclinationum oppositio est minor valde oppositione inclinationum in partibus istis violentis. Et propterea inter omnes generante calorem motus naturalis minime generat calorem naturalem in moto. Sic ergo patet, quod ex motu naturali recto et actu violento generatur calidum et ex calido generatur calidum secundum causam univocam”.

ciones esencialistas) otorga de por sí la preeminencia epistemológica a los aspectos sintáctico-semánticos del discurso científico. En la medida en que Grosseteste acepta esta visión de la ciencia, su metodología necesariamente tendrá una fuerte impronta formalista.²² En segundo lugar, los que – como el Lincolnense – son entusiastas adherentes al principio de verificación empírica, no tienen en sus manos los elementos lógicos de una teoría de la inducción que funcione alternativamente al deductivismo mencionado. Por eso, la “corrección” fundamental que introduce el famoso “recurso a la experiencia” en el formalismo esencialista aristotélico, es quizá la de evitar una especie de “hipotético-deductivismo” o bien dotar al verificacionismo sintáctico (el de los modos silogísticos) de un cierto correlato con la realidad (a través de las premisas empíricas) que permite distinguir fácilmente las diferencias metodológicas entre las ciencias matemáticas (más claramente constructivistas) y las físicas. En todo caso no deja de ser un paso relevante.

II – VERIFICACION EMPIRICA

El principio de verificación empírica es uno de los pilares de la metodología del Lincolnense. Su formulación resulta un avance indudable en la historia de la ciencia. Pero sus aplicaciones, como casi todas las de su metodología, resultan parciales y no muy claras. Cuando Grosseteste se refiere a la verificación empírica postula la necesidad de controlar las proposiciones teóricas con la realidad. Pero no ha elaborado un método concreto que permita la construcción de experiencias dirigidas o experimentos. Tampoco ha explicitado las condiciones metodológicas para incorporar la experiencia vulgar al razonamiento científico. En muchos casos los “experimentos” o “experiencias similares” a que se refiere, no fueron hechos por él mismo, sino tomados de otras obras. Esta formulación general nos hace pensar que él sólo experimentó en un muy pequeño número de casos, tal vez cotidianos y en parte triviales. Por eso, si bien el principio de verificación empírica es de considerable importancia, sus aplicaciones concretas son muchas veces irrelevantes.²³

En Óptica, donde la metodología se afina y se precisa más que en otras disciplinas, hay referencias a “experimentos”. Pero se trata en su mayoría de vagas “experiencias similares” a las tomadas de otros autores, y que por su simplicidad podían reproducirse fácilmente. Por ej. en *De iride* dice:

13. Los rayos visuales que penetran en varios medios diáfanos de diversa naturaleza, se refractan debido a su contigüidad, y sus partes se combinan angularmente en los diversos medios diáfanos existentes alrededor. Esto se evidencia en el experimento expuesto en el

²² Sin embargo, una limitación a este principio formalista – en sentido puramente sintáctico – estaría dada, en su gnoseología general, por su adhesión al criterio, también aristotélico, de la verdad como *adaequatio* y que en el Estagirita mismo limita la preeminencia del deductivismo en el ámbito de las ciencias naturales. En el caso de Grosseteste, la influencia platonizante conjugada con el matematicismo se aúna a una de sus concepciones de la verdad, la verdad como *id quod est* o verdad ontológica en el sentido de Agustín o Anselmo (v. R. J. Palma, “Robert Grosseteste’s Understanding of Truth”, *Irish theol. Quart.*, 52, 1075, n. 4: 300-306).

²³ Esto ha sido señalado sobre todo en relación a la óptica, por C. Turbayne (“Grosseteste and an ancient optical Principle”, *Isis*, 50, 1969: 467-462) y B. Eastwood (“Robert Grosseteste on Refractive Phenomena”, *American Journ. of Physics* 38, 1970, n. 2: 196-199)

Primer libro *Sobre el espejo*: se toma un vaso, se pone algo dentro y se va aumentando la distancia hasta que lo colocado ya no se vea; si luego se le echa agua, se ve lo puesto dentro.

De iride (ed Baur, *Werke*, p. 74)²⁴

Cuando se refiere a sus propias elaboraciones, la "experiencia" presentada semeja más bien un modelo teórico o experimento mental, en el sentido de que probablemente sólo imaginó el resultado, que debió parecerle tan obvio como innecesario comprobarlo empírica y estadísticamente en condiciones estandar. Grosseteste tiene a su favor que en esta temática (óptica) había ya una tradición experiencial segura y sostenida. Precisamente el hecho de las divergencia sobre algunos puntos también experimentales (como la medición de los ángulos de incidencia y/o reflexión y/o refracción y el caso típico del arco iris) muestra que las "experiencias" – si se hicieron – no fueron estandarizadas. Un ejemplo de lo que llevamos dicho es el siguiente:

14. Imaginemos de la siguiente manera cuánta es la desviación del rayo unido angularmente con respecto a la incidencia recta. Consideremos un rayo incidente en un continuo en forma directa y a partir del ojo y a través de un medio diáfano; trácese una línea desde el punto de incidencia en el medio diáfano, hacia la profundidad del mismo, de tal modo que determine ángulos iguales con la superficie del medio en cualquier parte. Afirmo que la incidencia del rayo en el segundo medio diáfano se produce por la vía de la línea que divide al ángulo en partes iguales, que contiene el rayo imaginable trazado en forma continua y directa, y la línea trazada desde el ángulo de incidencia del rayo hacia los ángulos iguales sobre la superficie del segundo medio en dirección a su profundidad.

De iride (ed. baur, *Werke*, p. 74)²⁵

En las obras tempranas, como *De generatione stellarum*, hay referencias a la experiencia, pero todavía ella no se integra sistemáticamente en la metodología. Casi siempre es la prueba empírica de la premisa menor de un silogismo destructivo, como ya vimos, en el ejemplo de la composición estelar. Queriendo probar que

²⁴ "Radius visualis penetrans per plura diaphana diversarum naturarum in illorum contiguitate frangitur et eius partes in diversis diaphanis existens in illorum contiguitate angulariter coniunguntur. Hoc autem manifestum est per experimentum illud, quod ponitur principium in librum de speculis: si in vas mittatur quid, sumatur distantia, ut iam non videatur et infundatur aqua, videbitur, quod immissus est".

Acerca de la efectiva realización de ésta y otras experiencias mencionadas en la misma obra y también en *De natura locorum*, discuten los autores. Estas discusiones son retomadas por D. Pedersen y M. Pihl, quienes admiten que estudió personalmente el problema del pasaje de la luz a través de lentes y quizá la formación de imágenes en lentes esféricas. Pero se basan casi exclusivamente en las propias afirmaciones del Lincolnense, cuya hermenéutica es más compleja (cf. *Early Physics and Astronomy. A historical introduction*, New York, Science History Publications, 1974, p. 193 ss). Desde otro punto de vista quiero resaltar el influjo de la óptica árabe en este texto y otros paralelos, en el sentido de conjugar las tradiciones galenistas y euclidianas, conforme había sido el proyecto de Alhazen (cf. D. A. Lindberg, *Theories of vision from al-Kindi to Kepler*, Chicago-London, Univ. Chicago Press, 1976, p. 85 ss).

²⁵ "Quanta autem sit radii angulariter adiuncti a recto incesu declinatio, sic imaginabis. Intelligamus radium ab oculo per medium aeris secundum diaphanum incidentem. in continuum et directum protrahi et a puncto, in quo incidit super diaphanum, linea protrahi in profunditatem illius diaphani, quae cum superficie diaphani ex omni parte faciat angulos aequales. Dico igitur, quod incesus radii in secundo diaphano est secundum viam lineae dividitae per aequalia angulum quem continet radius imaginabiliter in continuum et directum protractus et linea a puncto incidentiae radii ad angulos aequos super superficiem secundi diaphani in profunditatem eius ducta".

las estrellas no son simples, ni por ende quinta esencia, afirma que no son transparentes. Esta proposición requería una demostración empírica, que resultaba suficiente al combinarse con el condicional. El argumento es que nada transparente hace sombra, y la luna sí, lo que es obvio en los eclipses. El eclipse es la prueba empírica (es decir, hecho más explicación del mismo) de la densidad de la materia lunar.

En otro pasaje, al refutar una objeción, se refiere a la experiencia que en este caso testimonia a favor de la "razón" aducida, que es la fuente aristotélica admitida por Grosseteste. El experimento mencionado no se explicita; seguramente quiere decir que, según vemos, la luna hace sombra en sentido absoluto, y no de una manera distinta a los demás cuerpos. Se trata de una experiencia corroboradora:

15. Podría decirse que la luna tiene naturaleza traslúcida y que no produce sombra en sentido absoluto, sino de algún modo; pero esto es contrario a la experiencia y a la razón. Pues afirma Aristóteles que en los cuerpos mencionados se da mayor o menor transparencia [...]

De generatione stellarum (Ed. Baur, *Werke*, p. 34)²⁶

El opúsculo *De calore solis* contiene varias referencias empíricas, que concuerdan con lo dicho hasta aquí. Haciendo alusión a la disgregación de partes que produce calentamiento en el movimiento violento, dice:

16. [...] el móvil se disgrega por el movimiento violento según sus partes, y así se transforma en cálido. Y como en el primer modo de movimiento violento la oposición al impulso de la potencia motora es mayor, porque las direcciones son totalmente opuestas, se produce la máxima disgregación y el calor mayor; en cambio en los otros casos se produce medianamente. Y esto queda perfectamente claro por raciocinio y por experiencia.

De calore solis (ed. Baur, *Werke*, p., 80)²⁷

La fórmula final muy usada por Roberto, quiere decir que como prueba de su aserto puede aducir "razones", generalmente argumentos de otros autores, y experiencias, que deberían ser propias. Pero le falta el paso esencial de vincular metódicamente la experiencias (por ej. el calentamiento cuando hay movimiento violento) y la razón o causa (disgregación de las partes). No se advierte con claridad que la causa hipotética debe ser metódicamente puesta a prueba, y no sólo "probada" mediante la constatación de un hecho empírico. Aunque a nivel general está claro que para Grosseteste el "dato" no es un puro *factum*, sino que lleva subyacente una teoría, en la práctica la limitación es evidente. Lo mismo podemos decir del siguiente párrafo, cuyo esquema es semejante al anterior:

17. En las regiones cuya declinación del círculo equinoccial es mayor que la del inicio de Cancer, puesto que el sol no pasa por su cenit al norte, los rayos inciden en ángulos menores que el recto, y se reflejan según ellos, y por tanto no se producen en partes totalmente opuestas. Y cuanto más distante estuviera un lugar del círculo equinoccial, tanto

²⁶ "Si forte dicatur, quod luna habeat naturam perspicui et non faciat umbra simpliciter, sed aliquo modo: hoc est contra experimentum et contra rationem. Dicit enim Aristoteles, quod in his quatuor corporibus praenotatis inest perspicuum secundum magis et minus [...]"

²⁷ "Et ita ex motu violento necesse est, illud, quod movetur, disgregari secundum suas partes et ita fieri calidum. Et quia in modo primo movendi violenter est maior appositio in inclinatione virtutis moventium, quia movent in partes omnino oppositas, maxime consequitur disgregatio et maxime calidum, in medio autem et in tertio mediocriter. Et illud maxime patet ratione et experimento".

más obtusos serían los ángulos de reflexión de los rayos solares, y por tanto menos caerán en partes opuestas los rayos incidentes y reflectantes, de tal modo que hay menor disgregación y se genera menos calor. Lo cual es claro también en la experiencia.

De calore solis (ed. Baur, *Werke*, p. 83)²⁶

En conclusión, se aprecia que la verificación empírica propuesta en general, se materializa en referencias a vagos "experimentos", que no deben entenderse en sentido propio, esto es, como experiencias previamente planificadas, sino como observaciones experienciales comunes que corroboran el enunciado teórico sin otras previsiones.

Además, en muchos casos no son un ejercicio científico propio sino copia de otras obras. En ciertos pasajes, sobre todo en óptica, podemos hablar de "modelos" de las proposiciones teóricas que, si bien tienen el carácter de empíricos, no nos consta que hayan sido elaborados en concurso directo con una práctica instrumental.

No obstante estas limitaciones, y si bien el principio tan clara y entusiastamente defendido no fue aplicado con la asiduidad y cuidado que hubiera requerido una investigación más profunda, la propuesta representa un hito en la historia del método experimental. Inclusive las desviaciones y concesiones dogmáticas (referencia a la *autoritas* que exime de experimentar personalmente) no deben interpretarse como una actitud teórica de adhesión al principio dogmático, sino que en todo caso evidenciarían a lo más el respeto a la tradición y una cierta tendencia simplificadora. Pero frente a los casos críticos la postura central es clara y precisa; esto permite afirmar que aquellos postulados iniciales conservan toda su fuerza de convicción.

²⁶ "In climatibus autem, quorum declinatio ab aequinoctiali maior est declinatione capitis cancri, quia sol non vadit super zenith eorum in septentrionem, cadunt radii secundum angulos minoris rectis et reflectuntur secundum eosdem et propterea non omnino in partes oppositas. Et quanto magis fuerit locus ab aequinoctiali tanto magis cadunt et reflectuntur radii solares secundum angulos obtusiores et tanto minus in partes oppositas cedunt radius cadens et radius reflexus et minor fit disgregatio et minus generatur calidum. Quod etiam patet experimento".