

La gramática de una controversia científica
El debate alrededor de la teoría de Newton
sobre los colores de la luz

José Granés S.
Facultad de Ciencias
Departamento de Física
Universidad Nacional de Colombia
Sede Bogotá

LA GRAMÁTICA DE UNA CONTROVERSIA CIENTÍFICA.
EL DEBATE ALREDEDOR DE LA TEORÍA DE NEWTON
SOBRE LOS COLORES DE LA LUZ

© UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Facultad de Ciencias, Departamento de Física
Profesor José Granés S.

Primera edición, 2001

ISBN: 958-701-088-4

Diseño de carátula:

Clara I. Bermúdez S.

cbermudez@latinmail.com

Impresión:

Universidad Nacional de Colombia

EDITORIAL UNIBIBLOS

Director: Luis Eduardo Vásquez Salamanca

Teléfono: 3165290 - 3165000 Ext. 19645

Fax: 3165357 - 3165000 Ext. 19646

E-mail: *unibiblo@dnic.unal.edu.co*

Bogotá, D.C., Colombia

Capítulo 2

El artículo de 1672

“No other investigation of the seventeenth century better reveals the power of experimental inquiry animated by a powerful imagination and controlled by rigorous logic

Richard S. Westfall⁵²

“The nature of things is more securely and naturally deduced from their operations one upon another than upon the senses. And when by the former experiments we have found the nature of bodies... we may more clearly find the nature of the senses”

Isaac Newton⁵³

Analizaremos en este capítulo el artículo de Newton publicado, bajo la forma de carta al editor, en el número 80 de la revista de la Royal Society, *Philosophical Transactions*, en febrero de 1672⁵⁴. Newton se decidió a escribir este texto y a someterlo a la consideración de la Sociedad a raíz del

⁵² “Ninguna otra investigación del siglo XVII revela mejor el poder de la indagación experimental animada por una imaginación poderosa y controlada por una lógica rigurosa” Richard Westfall, *Never at Rest*, Cambridge University Press 1980 p.164. La traducción es nuestra.

⁵³ “La naturaleza de las cosas se deduce de manera más segura y natural a partir de las operaciones de unas sobre otras que a partir de los sentidos. Y cuando por los anteriores experimentos hemos encontrado la naturaleza de los cuerpos... podemos llegar más claramente a la naturaleza de los sentidos”. La traducción es nuestra.

⁵⁴ Este artículo, traducido del Inglés por José Granés S. a partir de la reproducción facsimilar que aparece en *Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy*, Edited by Bernard Cohen, Harvard University Press, Cambridge Mass. 1958, se incluye en el

entusiasmo que entre los miembros de esa institución suscitó su pequeño telescopio de reflexión que Isaac Barrow, colega suyo en Cambridge, llevó a finales de 1671. En una carta de comienzos de 1672, dirigida a Henry Oldenburg, secretario de la Royal Society, Newton manifiesta su interés en enviar a la Sociedad un estudio teórico que fundamente la construcción del telescopio. Para apreciar la importancia que Newton le concedía al estudio, basta citar un aparte de esa carta:

“Deseo que en vuestra próxima carta me informéis acerca de durante cuanto tiempo proseguirá la Sociedad sus reuniones semanales, porque si prosiguen aún durante un tiempo quiero proponerle, para que sea considerado y examinado, un informe sobre un descubrimiento filosófico que me indujo a construir el dicho telescopio, y que no dudo probará ser mucho más iluminador para la comunicación de ese instrumento, *siendo a mi juicio el más sorprendente si no el más considerable descubrimiento que hasta ahora se ha hecho sobre las operaciones de la naturaleza*”⁵⁵.

Como se colige de esta cita, el escrito de Newton responde a una solicitud que le hace el secretario de la Royal Society en el sentido de componer un manual explicativo del telescopio. Newton decide más bien exponer *in extenso* la teoría que motivó la creación del aparato. El texto, cuidadosamente escrito, que vamos a examinar presenta entonces en una forma articulada los principios de la teoría newtoniana, ya bien constituida, sobre los colores de la luz. El examen del artículo permitirá, por contraste, apreciar las diferencias entre Newton y sus antecesores, estudiados en el capítulo anterior, en cuanto a la concepción del fenómeno de los colores y a las ideas subyacentes sobre la ciencia y sus métodos. El artículo de Newton no da ninguna

anexo de este trabajo. Las citas de este trabajo, que aparecen en el texto, son tomadas de esta traducción. Una versión íntegra del artículo en inglés puede encontrarse también en el libro *Newton*, selected and edited by I. Bernard Cohen and Richard S. Westfall, Norton & Company Inc. 1995 pp.171-181. Una explicación pormenorizada y didáctica del artículo puede encontrarse en el capítulo 3 de Sepper, Dennis L. *Newton's Optical Writings. A Guided Study* Rutgers University Press New Brunswick, New Jersey 1994

⁵⁵Citado por Gale E. Christianson en su libro *Newton*, publicado en dos volúmenes por la Biblioteca Salvat de Grandes Biografías, Salvat Editores 1987, vol. 1 p. 168. Las bastardillas son nuestras. Detalles sobre la recepción del telescopio en la Royal Society y sobre los hechos que anteceden a la publicación quedan encastrados en el capítulo 6, vol. 1 de este libro. Véase también el capítulo 6 del libro de Richard S. Westfall *Never at Rest*, Cambridge University Press 1980.

pista –trata más bien de borrarlas todas, creando una historia ficticia– para entender el tortuoso proceso que condujo a la generación de la teoría. Por eso conviene tener presente, al estudiarlo, que este texto es una reconstrucción *a posteriori*, no exenta por lo demás de elementos retóricos destinados a propiciar convencimiento, de un largo trabajo previo⁵⁶.

2.1 El problema

El problema que, en la reconstrucción que Newton hace de su propio trabajo, motiva la investigación sobre los colores y orienta el curso novedoso que tomará toda la indagación se encuentra expresado en el primer párrafo de la carta:

“Para cumplir con mi reciente promesa, le informo sin más ceremonia que a comienzo del año de 1666 (en cuyo momento me aplicaba en pulir vidrios ópticos de formas distintas a la esférica) me procuré un prisma triangular de vidrio para intentar el célebre fenómeno de los colores. Y para lograrlo, habiendo oscurecido mi cuarto y abierto un pequeño orificio en las persianas para dejar entrar una cantidad conveniente de luz solar, coloqué mi prisma a la entrada de la luz de tal manera que pudiese ser refractada en la pared opuesta. Al comienzo constituyó una diversión muy placentera observar los vívidos e intensos colores así producidos; pero después de un rato, aplicándome en considerarlos de manera más circumspecta, me sorprendí de verlos en una forma *oblonga*, forma que, según las leyes conocidas de la refracción, yo esperaba que hubiese sido *circular*”⁵⁷.

En este párrafo, magistral por su precisión y su poder de síntesis, Newton plantea el problema que será objeto de la investigación. Después de una descripción muy breve de la manera como se realizó del experimento, señala con toda claridad la contradicción: en la pared, el espectro de colores tiene una forma *oblonga*; ateniéndose a lo que predice la ley de la refracción,

⁵⁶Michel Blay, en el capítulo II de la segunda parte de su libro *La conceptualisation newtonienne des phénomènes de la couleur*, Vrin Paris 1983, analiza, usando los cuadernos de notas de Newton, las ideas previas al trabajo de 1672

⁵⁷Isaac Newton's Papers... *Op.Cit.* pp.47-59. Ver la traducción de este artículo en el anexo. Las bastardillas son de Newton.

Newton esperaba, en cambio, una forma *circular*. En otras palabras, el experimento revela, aparentemente, una violación de la ley de la refracción⁵⁸. En efecto, en un primer momento no parece posible que se pueda cumplir esta ley cuando, al entrar en el prisma un haz de luz bien delimitado de sección recta circular, sale un haz divergente que se va ampliando hasta formar en la pared una mancha coloreada que, como lo señala Newton, resulta ser, en la realización particular que él hace del experimento, cinco veces más larga que ancha⁵⁹. Una vez toma conciencia del significado de este hecho, todo el trabajo de Newton se orientará a disolver la contradicción; es decir, a encontrar una teoría del fenómeno que permita dar cuenta del alargamiento del espectro sin tener por ello que abandonar la ley de la refracción.

Con relación a las explicaciones mecanicistas del fenómeno expuestas en el capítulo anterior, vemos que el problema que será objeto de la investigación ha cambiado de manera drástica. Mientras que antes de Newton se buscaba una explicación sobre la aparición de colores al producirse la refrac-

⁵⁸La ley de la refracción que establece una relación constante, dependiente de los medios involucrados, entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción cuando un rayo de luz pasa de un medio transparente a otro, había sido publicada en *La Dioptrique* de Descartes. Aplicada al estudio de un rayo de luz que atraviesa un prisma sufriendo dos refracciones, la ley permite concluir que existirá una posición particular del prisma, la así llamada posición de desviación mínima, en la cual el rayo incidente y el rayo refractado que sale del prisma se comportan de manera simétrica. Sobre esta base, Newton espera que, en esa posición de desviación mínima, si entra un rayo de sección recta circular, al salir del prisma, éste tenga también una sección recta circular. Por eso Newton espera una mancha circular en la pared. Una historia de la ley de la refracción puede encontrarse en el artículo de Michel Authier "La refracción y el 'olvido' cartesiano" en Michel Serres *Historia de las Ciencias*, Ediciones Cátedra 1991 pp. 287-311. Para una demostración moderna de las propiedades de la refracción por un prisma en la posición de desviación mínima, puede consultarse, por ejemplo, el libro de Jenkins and White *Fundamentals of Optics*, McGraw-Hill 1957, pp.20-23.

⁵⁹Newton realiza el experimento usando una distancia grande, de 22 pies, entre el prisma y la pared en la que se recoge el espectro. Esto hace que en el espectro de la pared los colores estén perfectamente resueltos. Por contraste, en los experimentos de Descartes y Grimaldi, considerados en el capítulo anterior, la distancia entre el prisma o el dispositivo refractor y la pantalla era muy pequeña, de unos cuantos centímetros. Por eso, lo que tanto Descartes como Grimaldi observaron fue una mancha blanca ligeramente ovalada, con coloraciones azul y roja respectivamente en cada uno de sus extremos. Según Thomas Kuhn, ésta sería una de las razones que indujo a los hombres de ciencia anteriores a Newton a pensar que los colores eran apenas modificaciones o perturbaciones secundarias del haz de luz blanca incidente, producidas por el aparato refractor (prisma, por ejemplo). Véase la introducción de Thomas Kuhn titulada "Newton's Optical Papers" en *Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy*, *Op. Cit.* pp.27-45

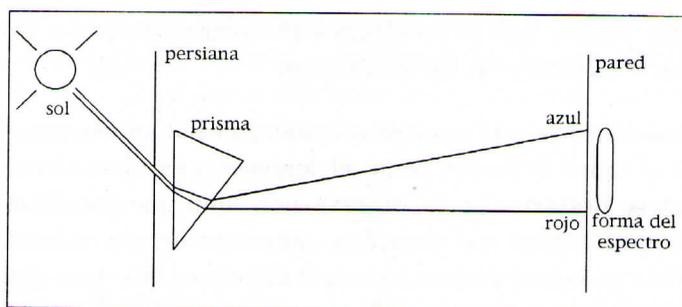


FIGURA 2.1. Esquema del experimento del prisma

ción de la luz blanca, ahora se busca, ante todo, dar cuenta del alargamiento de la mancha sobre la pared. La pregunta usual, ¿por qué aparecen colores cuando la luz se refracta en el prisma?, ha sido reemplazada por otra, a saber, ¿por qué se produce un alargamiento del espectro, dado que la ley de la refracción hace prever una mancha circular?

Hacia 1672, el experimento del prisma había sido realizado, en distintas versiones, por los mejores hombres de ciencia del momento. Sin embargo, al observar el fenómeno de los colores, el alargamiento del espectro, que concentra toda la atención de Newton, nunca había sido objeto de una tematización específica⁶⁰. Es que la observación de un mismo fenómeno no les revela lo mismo a observadores diferentes. De hecho, investigadores con formaciones distintas pueden ver cosas distintas. Lo que se observa, lejos de ser del dominio de una objetividad sin fisuras, es un campo de interpretación. El tipo de interpretación dependerá, entre muchas otras cosas, de la formación cultural y de la perspectiva de pensamiento de quien observa. Newton está en condiciones de destacar, como el elemento clave de la experiencia, la forma alargada del espectro en razón de su gran familiaridad con la ley de la refracción⁶¹ y, también, de lo que podríamos llamar su cultura de

⁶⁰De todas formas, vale la pena señalar que la realización particular del experimento que Newton logra finalmente decantar, seguramente después de muchos intentos, empleando una distancia grande entre el prisma y la pared, favorece la observación del alargamiento y, también, una mejor resolución de los colores.

⁶¹Como lo señala él mismo en el primer párrafo de su artículo, citado al comienzo de este capítulo, hacia 1666, en el momento en que comienza sus investigaciones sobre los colores de la luz, Newton se ocupaba en la tarea de diseñar y pulir lentes para telescopio de formas distintas de la esférica, con el propósito de disminuir las aberraciones y en particular la aberración cromática. Para el diseño de estos lentes, Newton debe emplear continuamente la ley de la refracción. De ahí su conocimiento a fondo de la ley y la confianza en su validez. Para tener una idea del tipo de cálculos que Newton llevaba a cabo empleando la ley de la

la observación precisa que lo hace particularmente sensible a los elementos cuantificables y medibles de los fenómenos.

La concepción desde la cual se considera el fenómeno que se investiga no sólo incide sobre la forma como el fenómeno es observado y sobre los aspectos que se destacan en la observación, sino que condiciona también el montaje experimental que se utiliza para revelar, de manera depurada, las características sobresalientes de ese fenómeno. Hay tres elementos que distinguen el montaje utilizado por Newton para producir los colores de otros dispositivos usados en su época para el mismo efecto. En primer lugar, el uso del diafragma, el “pequeño orificio en las persianas”, que ya había sido utilizado, como se vio en el primer capítulo de este trabajo, por algunos autores como Descartes y Grimaldi y que permite obtener un espectro y eliminar efectos de iridiscencia. En segundo lugar, la posición de desviación mínima del prisma que, al asegurar una simetría entre los rayos que entran al prisma y los que salen de él, evita una distorsión en la imagen que el prisma produce del sol, utilizado como fuente de luz en el experimento. En tercer lugar, una distancia grande entre el prisma y la pared sobre la cual se forma el espectro, lo cual facilita una buena resolución de los colores. Muchos de los críticos del trabajo de Newton que intentaron repetir el experimento del prisma no tomaron en cuenta estos elementos claves, que por lo demás el autor se abstiene de explicitar en su exposición, y ello generó, como veremos en un capítulo posterior, no pocos malentendidos.

2.2 Los aspectos circunstanciales

En un primer momento de la investigación, tal como ésta aparece reconstruida en el artículo, Newton se propone descartar, como causas posibles del alargamiento anómalo, errores o defectos inevitables en la realización misma del experimento. La pregunta que Newton se hace ahora es la siguiente: ¿la inesperada forma elongada del espectro sobre la pared, no podría, tal vez, ser causada por elementos que dependen enteramente de las circunstancias específicas que enmarcan la realización particular del experimento?

refracción y también para apreciar su trabajo en el diseño de aparatos para pulir lentes de diversas formas (parabólicas e hiperbólicas) puede consultarse el apéndice titulado “Early notes on geometrical optics” del tomo 1 de la obra *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, editado por D. T. Whiteside, Cambridge University Press 1967

Newton investiga, con gran rigor metodológico, varios de estos posibles aspectos circunstanciales. Piensa primero que tal vez la anomalía podría ser producida por los grosores diferentes de cristal que encuentra el haz incidente al penetrar en el prisma, o también, como un efecto de “los límites de la sombra o la oscuridad” en el orificio de entrada. Para descartar estas posibles causas, Newton realiza el experimento haciendo pasar el haz por secciones del prisma de distinto grosor, variando el tamaño del orificio en la persiana que delimita el haz incidente sobre el prisma y colocando el prisma fuera de la ventana de tal manera que la refracción de la luz se produzca antes de que ésta penetre por el orificio. En todos los casos, concluye Newton, “el aspecto de los colores era... el mismo”.

“Luego sospeché, nos dice, que los colores pudieron ser dilatados de esa manera ya sea por desigualdades en el vidrio o por alguna otra irregularidad contingente”. Para descartar esta posible causa, Newton toma otro prisma idéntico al primero y lo coloca de tal manera que los dos unidos forman una lámina de lados paralelos (*ver Figura 2.2*). De esta manera la refracción de la luz en el primer prisma es exactamente contrarrestada por la refracción en el segundo. “Los efectos *regulares* del primer prisma serían destruidos por el segundo prisma pero los efectos *irregulares* se verían aumentados por la multiplicidad de las refracciones”. Al realizar este experimento, Newton observa que desaparece completamente el espectro sobre la pared y se produce allí una mancha circular de luz blanca, similar a la que produciría el haz incidente. Por tanto, concluye Newton, el ensanchamiento no puede ser producido por posibles irregularidades del prisma, que hubiesen distorsionado aún más el haz de luz, al pasar por dos de ellos.

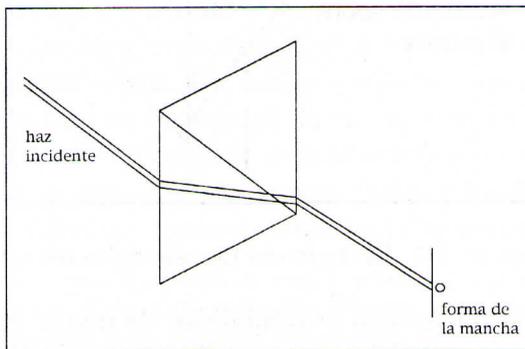


FIGURA 2.2. Experimento de los dos prismas

El tercer efecto contingente, posiblemente el más importante de todos,

es el ensanchamiento debido a la falta de paralelismo del haz de luz proveniente del sol que penetra el orificio de la persiana, debido al tamaño del astro y a su distancia finita de la Tierra (*ver Figura 2.3*). Si el haz incidente es divergente, como se muestra en la figura, es claro que los rayos que llegan con diferentes ángulos sobre la cara del prisma serán refractados por éste en ángulos diferentes y producirán, ciertamente, un ensanchamiento del haz a la salida del prisma. Newton se propone estimar la magnitud de este ensanchamiento. Para ello, calcula primero el ángulo de divergencia del haz que incide sobre el prisma, a partir de las medidas de la distancia entre el orificio y la pared sobre la cual se recoge el espectro y el diámetro de la mancha circular que el haz incidente deja sobre esa pared cuando se ha retirado el prisma. Calcula luego el poder refractante del vidrio (lo que modernamente llamamos el índice de refracción) y aplicando la ley de la refracción a los rayos del haz incidente puede calcular cuál es el ensanchamiento adicional producido por el prisma. Concluye que ese ensanchamiento es del orden de 31 minutos de grado, mientras que el ensanchamiento observado del espectro coloreado era de 2 grados y 49 minutos. Por lo tanto, el efecto de la divergencia del haz incidente no puede explicar el alargamiento del espectro en la magnitud en que éste ocurre.

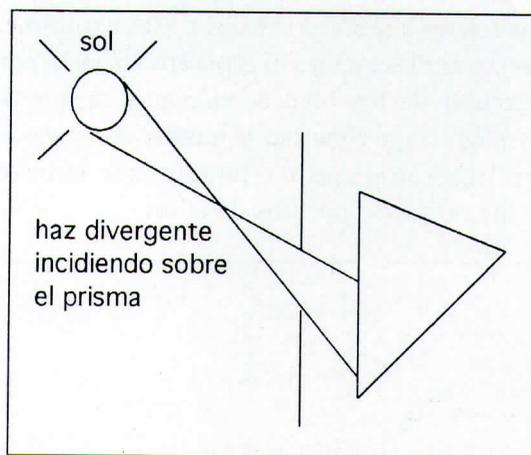


FIGURA 2.3. El efecto del tamaño finito del sol

Finalmente, Newton indaga la posibilidad de que la luz al penetrar el prisma pudiese curvarse, “si los rayos de luz fuesen posiblemente cuerpos globulares, y por su paso oblicuo de un medio al otro adquiriesen un movimiento circular”⁶². Como en los corpúsculos luminosos de Descartes o en

⁶²Esta es la primera alusión al posible carácter corpuscular de la luz, en el artículo.

las bolas de tenis lanzadas con efecto, podría ocurrir que los glóbulos de luz, rotando sobre sí mismos, curvaran sus trayectorias por algún efecto de presión desigual del medio que los rodea. Newton descarta este posible efecto observando cuidadosamente la trayectoria de los rayos, en los cuales no observa ninguna curvatura, y percatándose además de la proporcionalidad que se da en el experimento entre el tamaño de la imagen (descontando de ella el diámetro del orificio de entrada que produce un ensanchamiento adicional espurio) y la distancia de la pantalla en la cual se recoge.

Habiendo descartado los posibles efectos circunstanciales que podrían causar el ensanchamiento del espectro, Newton concluye que la forma “oblonga” del espectro es esencial al fenómeno mismo de la dispersión de un haz de luz blanca por un prisma. Esto quiere decir que, incluso si el experimento pudiera realizarse en condiciones completamente ideales, el efecto de alargamiento se produciría.

2.3 El *experimentum crucis*

En la reconstrucción del proceso investigativo que se hace en el artículo, Newton le otorga un papel fundamental al experimento que él mismo denomina crucial. Del análisis de este experimento habrían surgido, según el texto del artículo, las principales premisas de la teoría. Así describe Newton el experimento que se muestra en la Figura 2.4⁶³ :

“La eliminación gradual de estas sospechas [las posibles causas circunstanciales] me llevó al final al *Experimentum Crucis*, que era el siguiente: tomé dos tablas y coloqué una de ellas justo detrás del prisma en la ventana, de tal manera que la luz pudiera pasar a través de un pequeño orificio practicado en ella con éste propósito y pudiera caer en la otra tabla, colocada a cerca de 12 pies de distancia, habiendo practicado de antemano también

Nótese que Newton es muy cuidadoso al usar la palabra “posiblemente”, que indica el carácter meramente conjetural de la afirmación. Newton quiere, en efecto, construir una teoría que sea independiente de cualquier suposición sobre la naturaleza de la luz. Sin embargo, como veremos en un capítulo posterior, Hooke, aprovechando las alusiones, criticará el artículo suponiendo, sesgadamente, que la principal “hipótesis” en la teoría de Newton es la del carácter corpuscular de la luz.

⁶³El esquema ha sido adaptado del que aparece en el libro de la *Optica* de Newton, Editorial Alfabeta 1977, p.49

en ésta un pequeño orificio para que parte de la luz incidente pasara a través de él. Entonces coloqué otro prisma detrás de esta segunda tabla, de tal manera que la luz que atravesaba las dos tablas pudiera también pasar a través de él y ser refractada antes de llegar a la pared. Hecho esto, tomé el primer prisma en mi mano y lo hice girar en un movimiento de va y viene alrededor de su eje, para que todas las partes de la imagen enviadas sobre la segunda tabla, pasaran sucesivamente por el orificio practicado en ella, de tal forma que pudiese observar los lugares sobre la pared en los cuales el segundo prisma las refractaba.”

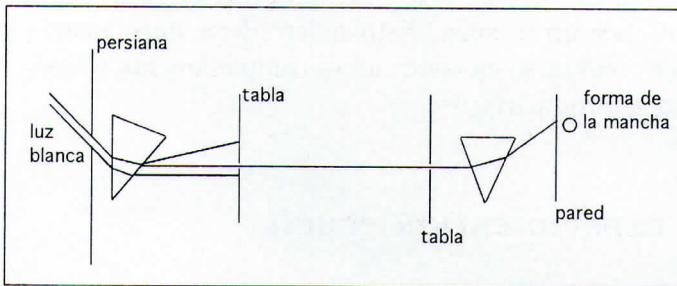


FIGURA 2.4. Esquema del experimentum crucis

En el cuidadoso diseño del experimento, los pequeños orificios de las dos tablas determinan, idealmente, una línea recta. En realidad, se trata de un haz de luz muy fino que tiene, también idealmente, un solo color, seleccionado del espectro que sale del primer prisma. La dirección de este haz fino de luz coloreada con respecto a la posición del segundo prisma se mantiene invariante durante todo el experimento. Rotando el primer prisma es posible hacer caer sobre los orificios de las tablas los diferentes colores del espectro, sucesivamente. El dispositivo permite, por lo tanto, seleccionar, en sucesión, un haz monocromático de cada uno de los principales colores y hacerlo refractar sobre el segundo prisma, manteniendo constante su ángulo de incidencia sobre éste último. Newton encuentra que cada rayo, así seleccionado, se refracta en el segundo prisma *sin dispersarse y sin cambiar de color*, produciendo en la pared una mancha circular del mismo color del haz seleccionado. Además, según su color, cada rayo se refracta a ángulos distintos, de tal manera que la luz roja, que tendía, al salir del primer prisma, hacia el extremo inferior del espectro, sufría en el segundo prisma, una refracción menor que la luz azul que caía en el extremo superior (Figura 2.1). De esta manera, la forma oblonga del espectro que se producía en

la pared en el primer experimento (*Figura 2.1*) podía explicarse como una superposición de manchas circulares, desplazadas unas con respecto a las otras, según su color. En palabras de Newton:

“Y se detectó que la verdadera causa de la longitud de aquella imagen no era otra cosa que ésta, a saber, que la luz consiste en rayos diferentemente refrangibles los cuales, sin relación alguna a diferencias en su incidencia, eran transmitidos hacia partes diferentes de la pared según sus grados de refrangibilidad.”

La luz blanca, concluye Newton, no es una sustancia homogénea, como se había creído hasta entonces, sino “una mezcla heterogénea de rayos diferentemente refrangibles”. En el libro de la *Optica*, Newton traza la siguiente figura⁶⁴ para mostrar esquemáticamente la estructura real de la mancha sobre la pared que explica su forma elongada:

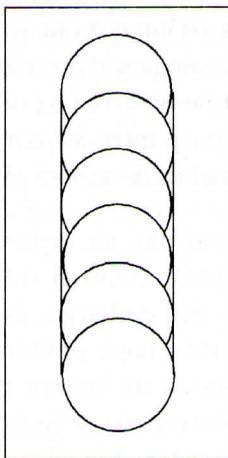


FIGURA 2.5. Estructura del espectro

Las tesis principales de la teoría newtoniana de los colores están sentadas: 1) la luz blanca es una mezcla heterogénea de rayos de diferentes colores, 2) cada rayo, según su color, se refracta de manera distinta. Observamos que la ley de la refracción se ha mantenido pero con una modificación introducida por Newton: la refrangibilidad de la luz ya no depende solamente de los medios refractantes involucrados, como se pensaba hasta entonces, sino también del color.

⁶⁴ *Ibid.* p.41

Dentro de la tradición galileana de la física matemática, un experimento es una pregunta que se le plantea a la naturaleza. Para poder formularla es necesario estar en posesión de algún marco teórico, así éste sea limitado, desde el cual se construyen los interrogantes pertinentes, se diseñan los dispositivos experimentales y se prevé el desarrollo y el resultado del experimento. La realización práctica posterior de este último busca corroborar o falsear la predicción teórica. El experimento en su conjunto es interpretado desde los conceptos y las proposiciones decantadas en la teoría. Dentro de esta concepción, en rigor, un experimento no enseña nada nuevo; simplemente corrobora -o falsea- lo que ya se sabía de antemano desde la teoría.

La tradición baconiana, por el contrario, concibe el experimento como una instancia de descubrimiento⁶⁵. Su función es, ante todo, permitirnos encontrar lo nuevo; no solamente mostrarnos fenómenos nunca vistos sino también, y sobre todo, hacernos descubrir las causas. Como dice Francis Bacon, “en toda investigación es preciso descubrir ante todo las causas y los principios verdaderos, buscar los experimentos luminosos y no los fructíferos”⁶⁶. Desde esta perspectiva, un experimento que se limita a corroborar lo que ya sabíamos de antemano, es tautológico y por eso mismo inútil. El experimento no es un punto de llegada que reafirma o pone en cuestión una concepción teórica; es, por el contrario, un punto de partida. Permite iniciar procesos de inducción para elevarse gradualmente en el orden de las causas.

Newton presenta, en el artículo, su *experimentum crucis* como un experimento luminoso. Lo expone como si de él surgieran, ya hechas, las principales premisas teóricas. Sin embargo, es difícil concebir que un experimento tan elaborado como éste haya podido ser diseñado y realizado sin que Newton estuviese en posesión de las dos premisas que pretendía haber deducido de él: el carácter heterogéneo de la luz blanca y la diferente refrangibilidad de los rayos según su color. Sin ellas es difícil imaginar la intención que motiva, por ejemplo, el montaje de las dos tablas con sus pequeños orifi-

⁶⁵Véase a este respecto el capítulo tercero, “La tradición matemática y la tradición experimental en el desarrollo de la física” del libro de Thomas Kuhn *La tensión esencial*, Fondo de Cultura Económica, México 1977. Dice Kuhn: “Cuando sus seguidores [de Francis Bacon], hombres como Boyle, Gilbert y Hooke, realizaron experimentos, rara vez lo hicieron para demostrar lo que ya se sabía o para determinar un detalle exigido para extender la teoría existente. En lugar de eso, deseaban observar la forma en que la naturaleza se comportaría en condiciones no observadas ni existentes con anterioridad” p. 68

⁶⁶Véase Francisco Bacon *Novum Organum*, Editorial Porrúa, 1975, libro primero, aforismo LXX p. 54. El experimento “fructífero” permite descubrir un fenómeno nuevo pero el experimento “luminoso” permite llegar a las causas y a los principios.

cios dispuestos para seleccionar un solo rayo y determinarlo como una línea recta que incide siempre bajo el mismo ángulo sobre el segundo prisma. Esta precisión en la disposición de los medios exige una claridad igualmente nítida en los fines que se persiguen. Plantear el *experimentum crucis* como una instancia de descubrimiento en lugar de una instancia de corroboración es, por parte de Newton, una hábil concesión retórica al espíritu baconiano que primaba en la Royal Society⁶⁷.

Un experimento crucial es aquel que permite decidir entre dos teorías o concepciones rivales. En este sentido, desde la interpretación newtoniana y sobre la base de las premisas teóricas antes enunciadas, el experimento que hemos revisado merece realmente este nombre⁶⁸. En efecto, si consideramos las teorías que en el capítulo anterior llamábamos de modificación, según las cuales el color resulta de alteraciones sufridas por la luz blanca homogénea, producidas en razón de su interacción con el medio refractante, cabría esperar que al hacer pasar el rayo monocromático por el segundo prisma, éste, igualmente, lo modificara, introduciendo colores adicionales. Como se vio, nada de esto ocurre. El segundo prisma mantiene el color del rayo y produce refracciones concordantes de manera rigurosa con la ley de la refracción que hacía prever un haz refractado por el prisma de sección recta circular. El *experimentum crucis*⁶⁹ confirma las tesis de Newton. Ha sido diseñado específicamente para que las corrobore o las falsee, siempre, claro está, dentro de la interpretación propuesta por el marco teórico general.

⁶⁷También Loup Verlet ha señalado el “homenaje retórico” rendido a Bacon por parte de Newton en la interpretación de su *experimentum crucis*. Véase Loup Verlet *La malle de Newton*, Editions Gallimard 1993, Cap. II.

⁶⁸Todo experimento debe interpretarse a la luz de una concepción. Newton interpreta su experimento sobre la base de las premisas teóricas enunciadas, desde las cuales cobra un sentido particular. Pero como lo ha señalado Michel Blay, otras interpretaciones del *experimentum crucis* son posibles, desde marcos teóricos diferentes. Véase Michel Blay, *Op. Cit.* pp. 82-86

⁶⁹El término *experimentum crucis* fue introducido por Robert Hooke en la *Micrographia*. El uso del término por parte de Newton, aunque apropiado, puede también interpretarse como un reconocimiento al espíritu baconiano de la Royal Society

ras distintas de concebir el valor del conocimiento y de construirlo. Bajo el ropaje del lenguaje académico, la controversia con los jesuitas tiene, en cambio, un trasfondo ideológico y político, sintomático de las contradicciones de poder en el siglo XVII.

3.1 La controversia Newton-Hooke

El cariz conflictivo que tendrán en adelante las relaciones entre Newton y Hooke tiene su origen en esta primera controversia alrededor de la teoría de Newton sobre el fenómeno de los colores. En el momento del debate, Hooke es un distinguido miembro de la Royal Society, reconocido como un ingenioso hombre de ciencia y como un hábil experimentador. En buena medida, su prestigio se cimienta en su célebre *Micrographia*, publicada en 1664, y que constituye un ejemplo sobresaliente de un estilo particular de hacer y de difundir la ciencia en aquel momento: la composición de “historias naturales”, es decir, el recuento minucioso aunque no siempre sistemático de una gran cantidad de observaciones experimentales sobre un tema determinado. En este caso se trata de las numerosas observaciones que logra hacer Hooke con ayuda del microscopio que él mismo ha construido. Newton, en cambio, al iniciarse la controversia es un recién llegado al ámbito de la Royal Society. Estas diferencias de posición y de reconocimiento ayudan a comprender el tono de autosuficiencia que con frecuencia adopta Hooke a lo largo del debate y la creciente irritación de Newton que siente que sus tesis no son consideradas con suficiente atención.

3.1.1 El uso de las hipótesis en la ciencia

A solicitud de la Royal Society, Robert Hooke escribe un artículo crítico sobre la teoría de Newton. Las palabras iniciales de este texto delimitan bastante bien el terreno de la controversia que habrá de producirse entre los dos hombres:

“He leído el discurso del Sr. Newton sobre los colores y las refracciones y no fue poco placer el que sentí con la belleza y la curiosidad de sus observaciones. Pero aunque estoy enteramente de acuerdo con él en cuanto a la verdad de aquellas [observaciones] que él alega haber encontrado por medio de muchos cientos

de ensayos, sin embargo, en cuanto a su hipótesis para resolver el fenómeno de los colores, confieso que no veo aún ningún argumento indudable que me convenza sobre su certeza”⁹³.

Como se lee, Hooke no discute la veracidad de las observaciones reportadas por Newton pero no encuentra razones convincentes que prueben la certeza de la “hipótesis” que Newton habría utilizado para explicar el fenómeno. Dado que Newton en su artículo -por lo menos en la versión publicada por Oldenburg en las *Philosophical Transactions*⁹⁴- no menciona en ninguna parte la palabra “hipótesis”, cabe preguntar a cuál hipótesis se refiere Hooke. Los párrafos siguientes de la crítica permiten aclarar este punto: la “hipótesis” sería aquella proposición según la cual la luz blanca es un agregado de todos los colores que Hooke interpreta de inmediato -y esto es característico de su perspectiva en relación a las tareas de la ciencia natural- refiriéndola a su posible sustentación en términos de la naturaleza física de la luz; ésta sería “un cuerpo”, es decir un haz de partículas de tal manera que a cada color le podría corresponder un tipo particular de corpúsculos⁹⁵

⁹³Véase “Hooke’s critique of Newton’s theory” en *Isaac Newton’s papers and letters on natural philosophy* Op. Cit. p. 110. Una traducción del artículo de Hooke, elaborada por nosotros, se incluye como apéndice de este trabajo.

⁹⁴El siguiente pasaje del manuscrito original de Newton fue suprimido en la publicación de las *Philosophical Transactions*: “Un naturalista no esperaría que la ciencia de aquellos [colores] se volviese matemática, y, sin embargo, me atrevo a afirmar que hay tanta certeza en ella como en cualquier otra parte de la óptica. Porque lo que voy a exponer concerniéndoles [a los colores] no es una hipótesis sino la consecuencia más estricta, no conjeturada simplemente infiriéndola ‘así porque no puede ser de otra manera’, o porque salva todos los fenómenos (el tópico universal de los filósofos), sino evidenciada por la mediación de experimentos concluyendo directamente y sin ninguna sospecha de duda”. Este pasaje, cuya vehemencia afirmativa explica su supresión por parte del cauteloso editor de la revista, fue, sin embargo, leído por Hooke. Ver Zev Bechler “Newton’s 1672 optical controversies: A study in the grammar of scientific descent” en *The interaction between Science and Philosophy*, editor Yehuda Elkana, Humanities Press, Atlantic Highlands 1974. La traducción del Inglés es nuestra.

⁹⁵Por lo demás Hooke podía encontrar justificada su inferencia sobre la base del siguiente pasaje que aparece hacia el final del artículo de Newton, en el cual se propone, de manera simplemente conjetural, que la luz pueda ser “un cuerpo”: “Siendo así las cosas ya no se puede seguir discutiendo si existen colores en la oscuridad, ni tampoco si los colores son cualidades de los objetos que vemos ni tampoco, tal vez, si la luz es un cuerpo. Porque, siendo los colores cualidades de la luz, teniendo los rayos por su completo e inmediato sujeto, ¿cómo podemos pensar aquellos rayos también como cualidades, a no ser que una cualidad pueda ser el sujeto y el soporte de otra?; lo cual en efecto es llamarla sustancia. No podríamos conocer los cuerpos como sustancias si no fuera por sus cualidades sensibles,

Al calificar como una “hipótesis” una de las proposiciones del artículo sobre los colores de la luz, Hooke está tocando un punto sensible que, en el curso del debate, se tornará esencial. Newton, quien considera que sus proposiciones son una fiel expresión de hechos puestos en evidencia en los experimentos, rechazará con energía esta reducción de Hooke y hará del problema de las hipótesis y del papel que éstas cumplen en la filosofía natural un punto crucial de diferencia entre su manera de concebir y de adelantar la investigación y el modo cartesiano o mecanicista. Esta diferencia, que se reeditará más adelante a propósito de la teoría de la gravitación en los *Principia*, ha sido resumida muchas veces en la conocida sentencia *hypotheses non fingo* del Escolio General de esa obra:

“... hasta el presente no he logrado descubrir la causa de esas propiedades de gravedad a partir de los fenómenos, y no finjo hipótesis. Pues todo lo no deducido a partir de los fenómenos ha de llamarse una hipótesis, y las hipótesis metafísicas o físicas, ya sean de cualidades ocultas o mecánicas, carecen de lugar en la filosofía experimental”⁹⁶.

Conviene notar en este pasaje el uso de la curiosa expresión “fingir hipótesis” que hace alusión a la idea de componer gratuitamente suposiciones para salvar de alguna manera los fenómenos⁹⁷. La ciencia, en los tiempos de Newton, está saturada de este tipo de hipótesis. Basta recordar y habiéndose encontrado que la principal de ellas es debida a alguna otra cosa, tenemos buenas razones para creer que ésta es también una sustancia”. Véase “Newton’s theory about light & colors” en *Isaac Newton’s papers and letters on natural philosophy* Op. Cit. p.57. La traducción del texto original es nuestra:

⁹⁶Isaac Newton *Principios matemáticos de la filosofía natural*, Editora Nacional, Madrid 1982, Escolio General p. 817. Otra afirmación, igualmente significativa, sobre el uso de la hipótesis en la filosofía natural aparece en el primer párrafo del Libro I de la *Optica*: “En este libro no pretendo explicar mediante hipótesis las propiedades de la luz, sino presentarlas y probarlas mediante la razón y los experimentos”. Isaac Newton *Optica*, Ediciones Alfaguara, Madrid 1977, p.9.

⁹⁷Newton, desde luego, no se opone taxativamente a la formulación de hipótesis como apoyo, muchas veces necesario, a la construcción de la ciencia. El mismo compuso muchas a lo largo de su obra. Las “Cuestiones”, al final de la *Optica*, por ejemplo, constituyen, en cierto sentido, una recopilación abundante de las más variadas hipótesis sobre muy diversos campos de estudio. Newton en realidad se opone al uso especulativo de hipótesis como fundamento explicativo en la formulación acabada de la ciencia porque tal uso implicaría una disolución del carácter de necesidad de los sistemas científicos. Para una discusión sobre los diferentes usos de la palabra hipótesis en la obra de Newton puede consultarse el textos de A. Koyré “L’hypothèse et l’expérience chez Newton” en *Etudes newtoniennes*,

los torbellinos de éter de Descartes, el fluido luminoso de Grimaldi o los pulsos de Hooke. Toda una forma particular de concebir y de hacer ciencia se resume en la iniciativa de “fingir hipótesis”. No se trataría, siguiendo esta iniciativa, de construir sistemas articulados de proposiciones necesarias que se constituyan en una interpretación conceptual de un campo de fenómenos, como intentará hacerlo Newton, ya desde su trabajo sobre la óptica de los colores pero sobre todo en los *Principia*, sino más bien de establecer hechos empíricos y de explicarlos causalmente, de manera hipotética, sobre la base de suposiciones acerca de la naturaleza material de los entes involucrados.

Orientándose por esta concepción, Hooke quiere pensar que la proposición fundamental de la teoría newtoniana sobre los colores es tan sólo una hipótesis no probada, similar a la que él mismo ha compuesto. Afirma, por eso mismo, que todas las observaciones y los experimentos, tanto los que ha realizado Hooke como los que ha propuesto Newton, pueden explicarse por su hipótesis de los pulsos:

“...todos los experimentos y observaciones que he hecho hasta ahora, y aún aquellos mismos experimentos que él propone, me parece que prueban que el blanco no es sino un pulso o movimiento que se propaga a través de un medio homogéneo, uniforme y transparente; y que el color no es sino la perturbación de esa luz por la transmisión de ese pulso a otros medios transparentes, es decir, por la refracción implicada; que [las cualidades de] lo blanco y lo negro no son sino la abundancia y la escasez de los rayos de luz no perturbados; y que los dos colores (de los cuales no hay ninguno más que no sea compuesto en la naturaleza) no son sino los efectos de un pulso compuesto o de una propagación perturbada de movimiento causada por la refracción”⁹⁸.

En forma resumida, Hooke expone en esta cita la explicación de los colores que algunos años atrás había propuesto en la *Micrographia*. Es posible que la repetida alusión de Hooke, en sus cartas de respuesta, a su propia explicación obedezca al temor de ver el prestigio, que como autoridad indiscutida en la observación y en el estudio de los fenómenos ópticos había

Editions Gallimard, 1968 pp.51-84. Véase también el capítulo 8, “Newton’s Corpuscular Query and Experimental Philosophy” de Peter Achinstein en *Philosophical Perspectives on Newtonian Science*, Edited by Phillip Bricker and R. I. G. Hughes, The MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1990, pp.135-173.

⁹⁸ Isaac Newton’s papers..., *Op.Cit.* p. 111. La traducción es nuestra.

cimentado en la *Micrographia*, empañado por los descubrimientos del joven Newton. Su estrategia en el debate consistirá en rebajar la teoría newtoniana a una simple hipótesis y en negarle en consecuencia el carácter de necesidad que Newton le atribuye. El fenómeno de los colores podrá entonces, según Hooke, resolverse por medio de su propia hipótesis, por la supuesta “hipótesis” de Newton o incluso por otras distintas de esas dos:

“...el mismo fenómeno se resuelve por mi hipótesis tan bien como por la suya sin ninguna clase de dificultad o de distorsión. Aun más, me propondré mostrar otra hipótesis, que difiere de ambas, la suya y de la mía, y que logra lo mismo”⁹⁹.

Si varias hipótesis pueden salvar los fenómenos de manera similar, la necesidad en la ciencia se disuelve¹⁰⁰. Es esta disolución a la que apunta Hooke. En efecto, en una ciencia que versa sobre fenómenos observables resulta equivocado y presuntuoso aspirar a la certeza, reservada al campo puramente ideal de la matemática. Es en este sentido que, en una segunda carta a la Royal Society, el mismo Hooke señala claramente cual es su particular molestia frente al trabajo de Newton:

“Y aunque el Sr. Newton cree que estoy en contra de su presunción al proponer la mía propia, puedo asegurarle que defendí la mía y pude haber defendido cualquier otra sólo para mostrar que esta o aquella hipótesis no era en absoluto necesaria...”¹⁰¹

Y, nuevamente:

“...no veo ninguna necesidad absoluta de nada que haya dicho [Newton] hasta ahora, puesto que la cosa es susceptible de ser explicada sin hacer uso de aquella suposición tan inteligiblemente como admitiéndola. Y el Sr. Newton está muy equivocado si cree

⁹⁹ *Ibid.* p.111

¹⁰⁰ Para un análisis sobre este punto puede consultarse el artículo de Granés S. José y Caicedo Y. Luz Marina “Hipótesis, necesidad y certeza en la física del siglo XVII. El debate Newton-Hooke sobre los colores de la luz” *Revista Colombiana de Física* No. 2, Vol. 30 (1998) pp.211-214.

¹⁰¹ Citado por Zev Bechler en su artículo “Newton’s 1672 optical controversies...” *Op. Cit.* p. 126. La traducción del inglés es nuestra.

que me opongo a su hipótesis por el interés de afirmar la mía... No era con el propósito de establecer esta o aquella hipótesis sino de mostrar que la hipótesis corpuscular del Sr. Newton sobre la luz y los colores no era absolutamente necesaria”¹⁰²

A pesar de estas afirmaciones que harían pensar en una equivalencia de las diversas hipótesis, Hooke tiene el convencimiento de que la que él mismo ha compuesto al considerar la luz como un pulso es superior a la de su contradictor. Pensar la luz blanca, a la manera de Newton, como una agregado de rayos de distintos colores que al mezclarse se anulan, por así decirlo, unos con otros para dar, por combinación, el blanco, es poco menos que un absurdo. Sería equivalente a pensar que en un tubo de órgano que no emite ningún sonido están presentes todos ellos y se anulan unos a otros para producir finalmente una impresión de silencio en el oído.

“Pero el por qué deba ser necesario que todos esos movimientos, o cualquier otra cosa que produce los colores, deban estar presentes originalmente en el rayo simple de luz, es algo de lo cual no comprendo aún la necesidad, en no mayor medida que [suponer que] todos esos sonidos, que se oyen como si salieran de los tubos del órgano, debieran estar ya en el aire de los fuelles; o [que los sonidos estuviesen] en la cuerda que luego, mediante diferentes presiones y pulsaciones, los produce”¹⁰³.

Hooke da por supuesto, como algo natural, siguiendo en esto el pensamiento de la época, que la luz blanca es un “rayo simple de luz” o un “pulso simple”, es decir, algo que no tiene la posibilidad de descomponerse sino únicamente de modificarse o de distorsionarse. Como se ve, Hooke pretende reducir al absurdo la “hipótesis” de Newton usando la analogía de los tubos de órgano o de la cuerda. Esta forma de razonar por analogía, tan frecuente en Hooke, es parte consustancial de su método. En ocasiones, llega a tener incluso el valor de una inferencia. Aquello que no puede observarse directamente puede inferirse estableciendo su analogía con un fenómeno observable. La idea misma de la luz propagándose como una serie de pulsos esféricos a partir de la fuente, por ejemplo, es propuesta en la *Micrographia* a partir de una analogía con el fenómeno fácilmente observable de las ondas de agua

¹⁰² *Ibid.* p.126

¹⁰³ “Hooke’s critique of Newton’s theory” en *Isaac Newton’s papers and letters on natural philosophy* Op. Cit. p. 111. La traducción es nuestra.

propagándose en círculos cuando se deja caer una piedra¹⁰⁴. En el texto que nos ocupa, la carta crítica al trabajo de Newton, Hooke no puede resistir la tentación de establecer una analogía entre una cuerda tensa y la manera como la luz es refractada hacia el ojo, usando al mismo tiempo la analogía para criticar la “hipótesis” de Newton:

“Esta cuerda (a propósito) es una bella representación de la forma de un rayo refractado hacia el ojo; y la manera como el rayo llega al ojo puede ser imaginada por medio de la siguiente analogía: el rayo es como la cuerda, tensionada entre el cuerpo luminoso y el ojo, y la presión del dedo es como la superficie refractante, en un lado de la cual la cuerda no tiene movimiento alguno y en el otro un movimiento vibracional. Ahora bien, podemos ciertamente imaginar que el reposo o la tensión sin vibración de la cuerda es causada por la ausencia de todo movimiento o bien por la coalición de todas las vibraciones y [pensar] que todas las vibraciones están dormidas en ella. Sin embargo, a mí me parece más natural imaginar la cuerda de la otra manera”¹⁰⁵.

Esta analogía es, desde luego, completamente arbitraria. Pero incluso cuando se pretenden inferir propiedades usando analogías, Hooke sabe que muchas veces se trata de inferencias laxas, que tienen una escasa probabilidad de producir explicaciones “verdaderas”. Pero es que, para Hooke, la explicación en la ciencia natural no puede ir más allá del conocimiento probable e hipotético. Por ello justamente la analogía puede funcionar como un proceso de inferencia aceptable. Y es precisamente en este punto en el que se articulan las diferencias de perspectiva y las incomprensiones mutuas entre Newton y Hooke.

¹⁰⁴Véase *Micrographia*, *Op.Cit.* p. 57. En un campo distinto al de la óptica, el de la gravitación, Hooke pensaba poder deducir la ley de la variación con la distancia de la fuerza atractiva entre el sol y los planetas mediante una analogía del movimiento planetario con el movimiento de un péndulo cónico. La analogía entre los dos movimientos es, desde luego, completamente superficial, y de haber continuado por esta vía Hooke hubiese llegado a una ley errónea. Para una crítica de este ejemplo, véase José Granés *Newton y el empirismo*, Universidad Nacional de Colombia, 1988 pp. 64-66. Véase también Alexandre Koyré, “La gravitation universelle de Kepler a Newton” en *Etudes newtoniennes Op.Cit.* p.24.

¹⁰⁵“Hooke’s critique of Newton’s theory” en *Isaac Newton’s papers and letters on natural philosophy Op. Cit.* p. 111.

3.1.2 La matemática y el experimento

Al examinar los documentos del debate que nos ocupa, el lector moderno se impresiona por la falta de sensibilidad de casi todos los contradictores de Newton hacia aspectos fundamentales de su teoría y de su método que hoy en día forman parte integrante de cualquier cultura científica. La diatriba de Hooke, por ejemplo, se centra sobre el problema de las hipótesis, ignorando las repetidas advertencias de Newton al respecto y suponiendo implícitamente y de manera errónea que éste, en su trabajo, se propone explicar el fenómeno de los colores de manera hipotética. Dos aspectos centrales del método newtoniano son sistemáticamente ignorados por Hooke. El primero de ellos es el método matemático. Cómo habrá de señalarlo repetidas veces en el curso del debate, Newton no se propone en su trabajo -entiende, incluso, que ésta puede ser una de sus limitaciones- explicar causalmente, a partir de alguna hipótesis sobre la naturaleza de la luz y sobre su interacción con los cuerpos transparentes, la formación de los colores. En su carta de respuesta a la crítica de Hooke, Newton lo expresa claramente:

“... yo sabía que las propiedades que establecí sobre la luz podían ser explicadas en alguna medida no sólo por ésta [la hipótesis corpuscular] sino por muchas hipótesis mecánicas. Y, por lo tanto, escogí declinarlas todas y hablar de la luz en términos generales, considerándola abstractamente como algo que se propaga en todas direcciones en línea recta a partir de los cuerpos luminosos, sin determinar qué es esa cosa: ya sea una mezcla confusa de cualidades distintas, o modos de los cuerpos, o cuerpos ella misma, o virtudes, poderes o seres cualesquiera”¹⁰⁶.

Se trata entonces de considerar la luz “abstractamente”, es decir según un modelo matemático que, dejando de lado el problema de su naturaleza física, permita pensarla geoméricamente como un haz de rayos viajando en línea recta, en todas direcciones, a partir de los cuerpos luminosos. En seguida se establecerán, a partir de hechos de experiencia, ciertas premisas básicas -la luz blanca es una mezcla de rayos de todos los colores; a cada rayo le corresponde un color y una refrangibilidad propias; etc.- que

¹⁰⁶Véase “Newton’s answer to Hooke” en *Isaac Newton’s papers and letters on natural philosophy* Op. Cit. p. 119. Una traducción de este documento, hecha por nosotros, se incluye como apéndice de este trabajo.

jugarán el papel de los principios a partir de los cuales se podrán encontrar proposiciones y predecir fenómenos de manera deductiva, en forma similar a cómo se procede en los sistemas matemáticos euclidianos. La certeza de las proposiciones así deducidas no es, sin embargo, como lo veíamos en el capítulo anterior, la misma que la de los teoremas matemáticos ya que en el sistema físico las premisas surgen de las observaciones y de los experimentos —habría que decir mejor: de una cierta interpretación de las observaciones y de los experimentos— que siempre comportan un grado de indeterminación¹⁰⁷. En otras palabras, se procurará encontrar principios a partir de los cuales pueda fundamentarse un sistema de carácter matemático. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre en la geometría donde los postulados se aceptan como tales sin discusión, las premisas de la ciencia tienen su origen y derivan su evidencia de la experiencia —de los experimentos físicos, como dice Newton— y, por lo tanto, esta evidencia es siempre susceptible de ser puesta en cuestión.

El segundo aspecto ignorado por Hooke, central en el método newtoniano, es el del valor probatorio del experimento cuando se diseña, se interpreta y se realiza en una estrecha relación con la teoría. En este sentido, el *experimentum crucis* que Newton presenta en su artículo constituye un ejemplo privilegiado. Aunque, en una forma retórica, Newton lo presente como una instancia de observación y de descubrimiento a partir de la cual se “deducen” las premisas teóricas, en realidad el experimento crucial está cuidadosamente diseñado en función de una teoría previamente constituida en sus rasgos más sobresalientes, con el propósito de poner a prueba el principio de que un rayo monocromático cumple con exactitud la ley de la refracción y de que la refrangibilidad es una función del color. A la vez, como ya fue señalado en un capítulo anterior, el experimento muestra cómo un rayo monocromático al pasar por el prisma no sufre ninguna modificación en su color ni en su refrangibilidad, ni genera tampoco nuevos colores, contradiciendo de esta manera lo que se esperaba a partir de las teorías vigentes en aquel entonces sobre la luz y los colores. Hooke en su carta no le otorga prácticamente ningún valor a este ingenioso experimento tan valorado por el propio Newton. La mención que de él hace se reduce al siguiente párrafo:

“Pero, tan seguro como me siento de mi propia hipótesis (la cual no he propuesto sin antes realizar algunos cientos de experimentos), estaría, sin embargo, muy contento de encontrarme con un

¹⁰⁷ Véase el numeral 5.3 del capítulo 2 del presente trabajo.

experimentum crucis del Sr. Newton que me apartara de ella. Pero no es el [experimento] que él llama de esa manera el que lo logrará; porque el mismo fenómeno se resuelve por mi hipótesis tan bien como por la suya sin ninguna clase de dificultad o de distorsión”¹⁰⁸.

En su carta de respuesta, Newton manifestará su indignación ante esta flagrante incomprensión del papel central del experimento crucial en su doctrina:

“Hay, sin embargo, algunos aspectos particulares que deben ser anotados antes de concluir, como la negación del *Experimentum Crucis*. Sobre este experimento decidí tejer todos los hilos de mi discurso. Este experimento era, por lo tanto, el hecho principal que debía ser objetado. Pero no puedo convencerme de su insuficiencia por una simple negación sin que se señale una razón para ello. Estoy dispuesto a creer que no ha sido entendido correctamente porque de lo contrario [Hooke] habría evitado los discursos sobre el enrarecimiento y la división de los rayos. El diseño del experimento es apropiado para mostrar que rayos de diversos colores, considerados por separado, sufren refracciones desiguales siendo el ángulo de incidencia igual, sin ser dividido, enrarecido o dilatado de cualquier otra forma”¹⁰⁹.

El significado de lo que es un experimento y del papel que, como instancia metodológica, éste juega en la investigación científica es muy diferente para los dos autores. Para Hooke, el experimento puede asimilarse a una observación controlada, realizada bajo condiciones más o menos reguladas y reproducibles. Un experimento exitoso revela comportamientos inéditos de los entes involucrados y permite formular hipótesis explicativas. Así, experimentar se confunde, en gran medida, con observar. Para Newton, en rigor, el experimento no puede concebirse aislado de determinadas premisas teóricas. La función del experimento es justamente la de corroborar -o

¹⁰⁸ “Hooke’s critique of Newton’s theory” en *Isaac Newton’s papers and letters on natural philosophy* Op. Cit. p. 111.

¹⁰⁹ “Newton’s answer to Hooke” en *Isaac Newton’s papers and letters on natural philosophy* Op. Cit. p.134. Las bastardillas son de Newton. Una traducción de este escrito se puede encontrar en el apéndice de este trabajo.

falsear- proposiciones, deducibles de esas premisas. Esta función implica un diseño previo y una previsión de los resultados, que pueden así ser contrastados. El experimento cobra, por lo tanto, su pleno sentido en el contexto de la teoría; es una parte integrante del aparato probatorio de ésta. Hooke no comprende esta nueva idea de experimento y sólo piensa, en el caso, por ejemplo, del *experimentum crucis*, en explicar los resultados obtenidos en términos de una u otra hipótesis, como si el experimento pudiese ser comprendido aislándolo arbitrariamente de las premisas que le confieren su sentido.

Newton y Hooke están inmersos, con relación al trabajo de la ciencia, en juegos de lenguaje distintos y, en gran medida, excluyentes. Por eso, el intercambio epistolar entre los dos hombres es en realidad un diálogo de sordos preñado de intenciones equívocas. Newton no puede entender la falta de sensibilidad de Robert Hooke hacia argumentos que para él –recordemos que ha venido afinando pacientemente su teoría durante los últimos seis años– son de una evidencia contundente y presupone en su contradictor intereses extracientíficos¹¹⁰. Por su parte, Hooke –para quien la ciencia natural, contrariamente a la matemática, no puede aspirar sino a un conocimiento apenas probable– considera que la aspiración de Newton de hacer de la ciencia un conocimiento necesario encierra un retorno al dominio de las verdades absolutas y es, por lo tanto, dogmática en su esencia¹¹¹.

¹¹⁰Esta presuposición se manifiesta en diversos pasajes de la carta de respuesta de Newton a Hooke. Por ejemplo, al comienzo de la carta, en un tono retórico no exento de ironía, Newton señala: “Y aunque encuentro al corresponsal algo más interesado por una hipótesis de lo que yo esperaba, no tengo ninguna duda de que albergamos un único propósito, a saber, una búsqueda sincera del conocimiento, sin valorar especulaciones inciertas por su sutileza o despreciar certezas por su simplicidad; y es confiando en esto, que hago este retorno a su discurso”. Más adelante, en la misma carta, al referirse a la crítica de Hooke con relación a las reflexiones de Newton sobre las limitaciones de los telescopios de refracción, agrega en un tono bastante amargo: “El corresponsal se complace en reprenderme por dejar de lado las ideas para mejorar los aparatos ópticos por refracción. Si hubiese tenido la amabilidad de enviarme una carta privada sobre este aspecto, lo habría puesto al corriente de mis éxitos sobre las pruebas de esta clase que he hecho...” Véase “Newton’s answer to Hooke” en *Isaac Newton’s papers and letters on natural philosophy* Op. Cit. p. 116.

¹¹¹No es casual que Hooke, en la dedicatoria de su obra *Micrographia* a la Royal Society, resalte el valor de la regla promovida por la sociedad en contra del dogmatismo: “Las reglas que ustedes mismos han prescrito ... parecen ser las mejores que hasta ahora han sido practicadas. Y particularmente aquella de evitar dogmatizar y el rechazo de cualquier hipótesis no suficientemente fundada y confirmada por experimentos... Rechazar de manera enfática el dogmatismo de la escolástica y del aristotelicismo es, en efecto, la regla primera de la nueva ciencia.” Véase, *Micrographia* Op.Cit. “To the Royal Society”.