

4
20j



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**"ISAAC NEWTON: CREENCIA,
RAZON Y REVOLUCION**

T E S I S

Que para obtener el título de

F I S I C O

P r e s e n t a

HECTOR CLAUDIO BEHM LABARCA



**FACULTAD DE CIENCIAS
U N A M**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

DIVISION DE ESTUDIOS PROEDIONALES



**FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR**

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "ISAAC NEWTON; CREENCIA,
RAZON Y REVOLUCION"

realizado por HECTOR CLAUDIO BEHM LABARCA

con número de cuenta 8351442-7 , pasante de la carrera de FISICA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis	FIS. JOSE ERNESTO MARQUINA FABREGA	<i>Dr. E. Marquina</i>
Propietario	DR. JUAN MANUEL LOZANO MEJIA	<i>Juan Manuel Lozano Mejia</i>
Propietario	DR. ROBERTO ALEJANDRO RUELAS MAYORGA	<i>R. Ruelas</i>
Suplente	FIS. JOSE LUIS ALVAREZ GARCIA	<i>J. Alvarez</i>
Suplente	DRA. JULIETA NORMA FIERRO GOSSMAN	<i>J. Fierro</i>

Consejo Departamental de Física

R. Ruelas
DR. ROBERTO ALEJANDRO RUELAS MAYORGA
Coordinador de Licenciatura DEPARTAMENTO DE FISICA

**A mí, porque sólo yo sé cuánto
me ha costado acabar esta tesis.**

A mi padres y al Shanti, porque hace mucho que se los debía.
A los *Héroes del 19*: Javier, el Ceceña, Alejandro, Fernando, Ulises y Abel,
como un estímulo para que también acaben.
A los *Ortodoxos*: Axel y Citlalli, que fueron siempre un ejemplo.
A todos mis amigos: Nuria, Damar, Gabriela, Eduardo, Silvia,
César, Jorge, Mónica... y tantos otros que olvido por la prisa,
no por falta de cariño...
A María José, que ha venido a iluminar mi vida...

Isaac Newton: creencia, razón y revolución

Héctor Claudio Behm Labarca

Índice

Introducción	1
Capítulo I: La Inglaterra de los siglos XVII y XVIII	
I.I La Inglaterra previa al nacimiento de Newton (1603-1642)	2
I.II La era del cambio (1642-1727)	5
Capítulo II: La vida en Lincolnshire	
II.I La infancia	11
II.II Newton en la escuela. Sus inclinaciones intelectuales.....	16
Capítulo III: La vida en Cambridge	
III.I Los primeros años de estudiante. (1661-1665).....	20
III.II Los años de la peste. (1665 - 1666)	22
III.III De regreso en el Trinity College. (1667 - 1669)	23
III.IV El inicio del enfrentamiento con Hooke. (1669- 1679).....	25
III.V La publicación de los <i>Principia</i> . (1680 - 1690)	29
III.VI Los últimos años en Cambridge. La figura de Nicolas Fatio (1690- 1696)..	31
Capítulo IV: La vida en Londres	
IV.I La reforma monetaria en Inglaterra.	36
IV.II Inspector en la Casa de Moneda. (1696 - 1700)	37
IV.III La Royal Society. Flamsteed. (1700 - 1710).....	40
IV.IV La disputa por la paternidad del cálculo con Leibnitz. (1710-1717)	42
IV.V Los últimos años. (1717 - 1727)	44
Capítulo V: Alquimia y Teología	
V.I La dimensión de su legado alquímico y teológico.	47
V.II La Alquimia en la Inglaterra del siglo XVII.	48
V.III El planteamiento de Newton en torno a la alquimia.	51
V.IV Su postura teológica, trasfondo de todo su discurso.	55
Capítulo VI. Los <i>Principia</i> y la <i>Optica</i>	
VI.I Los <i>Principia</i> : ediciones y traducciones	59
VI.II Esquema general.....	60
VI.III La Matemática de los <i>Principia</i>	76
VI.IV La teoría de gravitación universal.	83
VI.V La <i>Optica</i> : ediciones y traducciones.	89
VI.VI Esquema general.	89
VI.VII La composición de la luz y los colores.	99
VI.VIII La visión experimental de Newton.	102
VI.IX Las ideas inconclusas. Las <i>Cuestiones (Preguntas)</i>	106
Conclusiones Generales	113
Bibliografía	115

Introducción

Este trabajo pretende hacer un análisis de la vida y el discurso de Isaac Newton, para entender mejor las causas y el peso de sus planteamientos. Se pretende desmitificar la figura innuculada y abstraída que se tiene del genio y mostrar el enorme peso del contexto que rodea a Newton en la estructuración de su discurso, la importancia de la alquimia y la religión en su obra y la dimensión de su aporte a la mecánica y a la óptica.

En un principio se hace una pequeña presentación del panorama histórico de la Inglaterra de los siglos XVII y XVIII. A continuación se analiza toda la etapa de la infancia de Newton y cómo en ella descubrimos una serie de elementos distintivos que marcaron para siempre su personalidad.

La vida adulta de Newton se divide en dos etapas claramente definidas. Primero su época como lo que hoy llamaríamos profesor e investigador, en la Universidad de Cambridge, la parte más prolífica de su vida y donde destaca la producción de su obra cúspide: Los *Principia*. Luego la etapa de mayor contacto con el mundo, en Londres, donde funge como inspector y luego como director de la Casa de Moneda y luego como presidente de la Royal Society y cuando publica su otro gran trabajo, la *Óptica*.

Después de una revisión histórica, nos abocamos a su discurso. Iniciamos con la revisión de la parte menos conocida de su obra, sus trabajos en torno a la alquimia y composición de la materia, así como sus planteamientos religiosos, íntimamente ligados al resto de su discurso. Luego se da paso a la parte medular de esta tesis que es la presentación de sus dos grandes trabajos, los *Principia* y la *Óptica* donde se bosquejan sus principales ideas, dimensionando el aporte que significaron al discurso físico y filosófico del momento.

Capítulo I: La Inglaterra de los siglos XVII y XVIII¹

1.1 La Inglaterra previa al nacimiento de Newton (1603-1642)

El inicio del siglo XVII marca el fin de la época Tudor en la casa real inglesa y el inicio de los Estuardo. Es la salida de la Edad Media para las islas británicas en donde la época Isabelina (Isabel I, 1558-1603) consolidó, como una concepción de poder, el culto al rey. Ello se debió en mucho a los talentos políticos de los dos Enriques y de Isabel, pero aún más a la necesidad de una dirección nacional en el período de transición del mundo medieval al moderno.

Sin embargo, a pesar de haberse cimentado en la sociedad inglesa, el rey tenía una contraparte política que podía, y de hecho lo hizo, interferir con sus decisiones: el Parlamento.

Con la muerte de la última Tudor, y careciendo de las habilidades de negociación de Isabel con el Parlamento, asciende al poder Jacobo I (1603-1625), de los Estuardo, que trató de materializar el culto al rey en el dogma político del derecho divino hereditario, auto proclamándose "lugarteniente de Dios en la Tierra".

Jacobo era el primer gobernante de los cuatro países: Inglaterra y Gales - que habían sido unidos por Enrique VIII - e Irlanda y Escocia. Sin embargo distaba todavía mucho de ser un reino unido: sus pueblos eran muy diferentes y tres Parlamentos separados enfrentaban al rey y su concepción de gobierno. La injerencia parlamentaria no se preocupaba de la administración de los bienes pero sí de establecer los principios generales mediante los cuales gobernaba el soberano.

Las casas señoriales inglesas de estos días, producían hombres que tomaban asiento en el Parlamento para defender sus intereses de clase (media y alta) más que por un afán democrático generalizado. Estos hombres, devotos de la ley, la costumbre y el precedente, se persuadieron a sí mismos y a sus compatriotas de únicamente estar reclamando antiguos privilegios y manteniendo el espíritu, y aun la letra, de la Carta Magna. Sin embargo vale la pena no olvidar que el enfrentamiento entre la monarquía despótica y los nacientes intereses capitalistas es lo que hace relevante, a final de cuentas, el enfrentamiento encarnizado entre el rey y el Parlamento.

Inglaterra había vivido durante la época de Isabel uno de los períodos de mayor estabilidad y la llegada de Jacobo, que gobernaba Escocia como Jacobo VI, implicó un abrupto rompimiento de

¹ Fragmento de la cronología de reinados y gobiernos en Inglaterra

Isabel	1558-1603
Jacobo I	1603-1625
Carlos I	1625-1649
La República	1649-1660
Carlos II	1660-1685
Jacobo II	1685-1688
La Revolución	1688-1689
Guillermo III	1689-1702
Ana	1702-1714
Jorge I	1714-1727

este clima. Entendido en libros pero pobre juez de hombres, Jacobo desconocía las leyes y tradiciones de Inglaterra, pese a su experiencia escocesa y no supo suplir sus propias carencias y desconocimiento político, al rodearse en la corte de hombres tan ignorantes de la realidad inglesa como él mismo. Su mayor aportación fue que representaba unir la corona de Escocia a la de Inglaterra.

La adulación de sus consejeros lo mantuvo siempre en la ignorancia de sus propias limitantes. Aunque con algunas coincidencias, la vida política de Escocia distaba mucho de la realidad inglesa. El Parlamento escocés jamás significó un reto para su poder como indudablemente lo era ahora el inglés. La burguesía naciente en Inglaterra y el poder que ésta detentaba eran un factor completamente desconocido en Escocia, que aún vivía en el feudalismo.

Jacobo tampoco supo manejar los problemas religiosos. Heredó una situación de enfrentamiento con los puritanos ingleses a quienes quería sujetar a la iglesia anglicana. Desde el punto de vista político la Iglesia fue mayoritariamente moderada, sin embargo, sectores más radicales como el de los jesuitas fueron un verdadero dolor de cabeza para el rey. Dando bandazos entre la concesión y la severidad, prometió en un principio derogar todas las disposiciones en contra de los católicos y sin embargo aumentó luego las multas e impuestos, lo que provocó incluso que un sector de caballeros católicos liderados por Guy Fawkes, realizaran un complot para asesinar al rey y acabar con el Parlamento. El levantamiento fue conjurado, pero cabe señalar el singular hecho de que una conspiración para destruir el poder en Inglaterra concibiera ahora la necesidad de acabar con el Parlamento además de con el rey, un indicador más de la fuerza que adquiría la alternativa parlamentaria ante un debilitado poder real.

Otro de los elementos distintivos e importantes para entender el contenido histórico del reinado de Jacobo I fue su vocación pacifista. Heredero de una época en que Inglaterra era no sólo respetada sino temida por sus pares europeos, el primero de los Estuardo dejó de preocuparse por completo de la fuerza militar inglesa. La armada real², principal bastión del reinado de los Tudor, perdió todo apoyo de la corona justo cuando los holandeses establecían estaciones comerciales en las Indias Orientales y en el río Hudson en América y los franceses hacían lo mismo en el San Luis. La paz recién firmada con España no fue explotada por Jacobo I y el comercio marítimo inglés se vio cada vez más acosado por portugueses y españoles que retomaron fuerza ante la pusilánime actitud del monarca inglés. Es la época de los grandes corsarios y piratas. Esta actitud acarrió para Jacobo un profundo y duradero resentimiento de los marineros y mercaderes ingleses que se veían ahora abandonados a su suerte. Con ellos el destino del naciente capitalismo estaba en juego. Los mercaderes holandeses tenían una flota comercial con muchos más recursos que sus rivales ingleses, pescaban donde querían y desplazaban a los ingleses de sus propias zonas. Se apoderaron del comercio con Rusia y los ingleses se tuvieron que volcar a intensificar el comercio con la India.

En 1618 estalló la Guerra de los Treinta Años debida, entre otras cosas, a la reacción católica protagonizada por Austria y España, que se lanzaron contra los Países Bajos, reprimiendo duramente el protestantismo.

² La misma flota que había dado la superioridad en el mar a Inglaterra tras derrotar a la "Armada Invencible" de los españoles.

Jacobo pretendió establecer la paz con España casando a su hijo Carlos con la princesa española. El matrimonio era rechazado por el pueblo inglés que temía que los futuros herederos españoles y reyes católicos acabaran con la obra de Isabel. Finalmente el proyectado matrimonio nunca se efectuó.

En 1625, a la muerte de Jacobo I, asume el reinado su hijo Carlos I (1625-1649), que poco pudo hacer por recobrar el terreno perdido. Inmerso en una guerra que no daba señales de tener fin y acumulando una colección de derrotas militares, la situación política y económica de Inglaterra se hacía cada vez más difícil. El Parlamento no era aún bastante fuerte para dictar la política exterior de la corona, pero sí para ser un obstáculo en la dirección eficaz de la guerra.

Tanto Jacobo como Carlos mantuvieron, junto con los estudiosos del derecho romano, que la voluntad del príncipe era la fuente del derecho y que los jueces eran instancias limitadas a actuar en su nombre. El Parlamento, sobre todo algunas figuras como Sir Eduard Coke, concebían la ley como poseedora de una existencia propia, independiente, por encima del rey y de sus súbditos, y llamada a juzgar imparcialmente entre ellos. Las leyes eran sólo alterables por el tribunal supremo del Parlamento.

Aconsejado por su ideólogo, el duque de Buckingham³, en la búsqueda de una alianza que asegurara su reinado, Carlos se casó con la serviente católica Enriqueta María de Francia y recurrió a los sectores religiosos más conservadores para apoyar su política. La figura de William Laud, posteriormente arzobispo de Canterbury, adquirió una enorme relevancia y con él la ortodoxia religiosa, que había estado alejada desde hacía muchos años de la política inglesa. Fue la época más hostil para los puritanos que emigraron en masa hacia América para fundar posteriormente Massachusetts, Connecticut y otras colonias en Nueva Inglaterra.

En 1628 es asesinado el duque de Buckingham, lo que significó un duro golpe al reinado de Carlos. Acosado por el Parlamento, el rey desata una enconada ofensiva en su contra, encarcelando a sus principales figuras, Sir John Eliot, Valentine y Strode y disolviendo la instancia que tanta oposición le había hecho.

La gota que vino a derramar la copa fue la rebelión escocesa. Desconocedor de la realidad política que le rodeaba, Carlos cometió el mismo error que su padre años atrás: tratar a ingleses y escoceses de la misma forma. Así como Jacobo se equivocó al querer dominar al Parlamento de Inglaterra como lo había hecho con su similar en Escocia, Carlos quiso someter a la Iglesia escocesa a los mandatos de Laud⁴, como estaba haciendo en Inglaterra. Heredera de una realidad muy distinta, la Iglesia en Escocia no estuvo dispuesta a aceptar los lineamientos de la corona y el levantamiento armado se precipitó en 1638.

Con una población mucho más hostil y guerrera, liderada por una clase dominante aún terrateniente y feudal, la Escocia de esos días puso en verdaderos aprietos a las fuerzas inglesas,

³ De enorme peso, tanto en el reinado de Jacobo como el de Carlos.

⁴ El arzobispo Laud era un gran eclesiástico, que dadas las relaciones entonces existentes entre la iglesia y el estado, fue llamado también a realizar labores de estadista, para las que no estaba realmente preparado.

debilitadas por años de una política pacifista. Fue necesario llamar al Parlamento de 1640 que, a la postre, significó la semilla de la guerra civil en Inglaterra.

Carlos había logrado lo que ningún otro rey en Inglaterra, unir a los sectores más dispares de la sociedad en un fin común: acabar con su reinado. Puritanos, anglicanos y protestantes, acosados por años del catolicismo a ultranza de Laud no podían más que estar contra la corona. Marineros y comerciantes, desprotegidos por la corona ante sus rivales del Continente, estaban resueltos a acabar con Carlos de una vez por todas. La clase política en general, tenía claro que el momento de tomar la ofensiva era ahora o nunca, si quería realmente imponer el poder del Parlamento sobre las arbitrariedades del rey. Sus principales líderes, Pym, Hampden, Strode y Cromwell, no temieron adueñarse y manejar el poder del estado. Había pasado el tiempo de la mera crítica y se había probado la insuficiencia de las leyes firmadas por Carlos. Como la lucha era ahora por el poder, estos hombres apelaron a la pasión de las masas y a las armas para proteger su obra de la reacción real, que había destruido la obra de todos los anteriores Parlamentos Estuardo.

Inglaterra se enfrentaba a una situación única en su época. A diferencia de la realidad de todos los países del Continente, donde en mayor o menor grado las monarquías seguían dominando sin sombra alguna sobre sus espaldas, Inglaterra enfrentaba una lucha de poderes que la llevaron inevitablemente a la guerra civil. En 1642, Carlos huye hacia el norte, la zona más conservadora (realista) del país, ante el empuje de las fuerzas parlamentaristas dirigidas por Cromwell, dando inicio a una guerra sin cuartel a lo largo de toda Inglaterra.

Este panorama de una Inglaterra que se derrumba y resurge, que cuestiona las viejas e ineficaces estructuras de poder, en contra del autoritarismo de una monarquía sin alternativas, recibe a Isaac Newton la Navidad de 1642 (según el calendario juliano).

I.II La era del cambio (1642-1727)

El inicio de la guerra civil en Inglaterra marcó el clímax de la contradicción entre dos maneras de concebir las estructuras del poder, en una sociedad que ya no podía seguir atada a las ligaduras feudales del pasado y que buscaba una nueva forma de organización, acorde con su desarrollo económico y social.

La guerra civil asoló rápidamente a todo el país. Los cruentos combates marcaron para siempre a los pobladores de todas las regiones de la isla. Algunas de estas batallas se libraron muy cerca de Lincolnshire, la tierra natal de Newton, quien seguramente vio turbada su cotidaneidad infantil por las atrocidades de la guerra.

En Mayo de 1643, cuando Isaac tenía menos de seis meses, las tropas de Cromwell, siendo numéricamente muy inferiores a sus oponentes, obtuvieron una importante victoria sobre los realistas a escasa distancia al norte de su hogar. Fue ante todo un triunfo psicológico. Los partidarios de Carlos I fueron aplastados y Cromwell, al igual que muchos puritanos, se apresuró a tomar el hecho como una señal de la preferencia divina por su causa, "con esto indicó Dios de qué lado estaba".

Durante el período entre esta batalla y el establecimiento del Commonwealth, gran parte de Lincolnshire cayó presa de los excesos de los ejércitos rivales. Las tierras eran repetidamente arrasadas en busca de abastecimiento para las tropas. Los agricultores y granjeros vivían permanentemente aterrorizados, se perdían las cosechas, se abandonaban los campos, se incendiaban las casas⁵.

En 1646, la derrota de las tropas leales a Carlos I es definitiva. Mucho influyó en este resultado, el poderío económico de sus rivales. Mientras que el rey, cada vez más disminuido y arrinconado, contaba con escaso apoyo de sectores sociales adinerados, los "cabezas rapadas" (apodado a los defensores del Parlamento) de Cromwell contaban con el respaldo de la mayoría de los mercaderes, comerciantes y terratenientes ingleses que por muy diferentes causas se oponían al poder real.

El 30 de enero de 1649, muere decapitado Carlos I, y da inicio lo que en la historia inglesa se conoce como la República y el Commonwealth⁶. El matar al rey de esta forma causó una enorme ola de violencia y un gran rechazo en los sectores conservadores del país, impidiendo a Cromwell instaurar el orden liberal por el que había luchado y cayó, de facto, en una dictadura.

La anarquía amenazó con hacerse presente. Parte del ejército se amotinó, la marina desertó, los países vecinos se mostraron hostiles, Virginia y Barbados negaron su alianza con el nuevo gobierno, Irlanda se rebeló y los escoceses proclamaron como rey a Carlos II, pues había sido su propio rey a quien el Parlamento había matado. Cromwell actuó sin vacilar; mató o aprisionó a los amotinados, aplastó la rebelión irlandesa, venció a los escoceses, construyó una flota con la que aseguró las colonias, quitó la posesión de Jamaica a los españoles y el almirante Blake derrotó a los holandeses convirtiendo a Inglaterra, de nueva cuenta, en la dueña de los mares.

Con excepción de los católicos y los partidarios de Laud, hubo en esta época más tolerancia religiosa que nunca antes. El gobierno siguió siendo despótico y para 1653 se había convertido en una dictadura militar. Todos los intentos por establecer un nuevo Parlamento fallaron y Cromwell, ahora protector de un Commonwealth Unido de Inglaterra, Escocia, Irlanda y las colonias, fue empujado a gobernar con generales cada uno con poderes políticos y un ejército mantenido con impuestos cobrados a los realistas.

Alejados de las armas y con más tiempo para pensar, los ingleses comenzaron a preocuparse de las artes y la filosofía. El pensamiento moderno inglés comenzó a delinearse. Fue el marco de desarrollo de las figuras más importantes del quehacer científico, la época de la juventud de Newton.

⁵ No es difícil imaginar que todo este contexto general afectase también la vida personal de Newton. Su abuela (con quien vivía en esos años) debió haberlo confinado, dentro de lo posible, a vivir encerrado en casa, tratando de alejarlo un poco del terror de la guerra. No existen antecedentes de la posición política que adoptó la familia, pero dado su origen social, su educación y su riqueza, tanto Barnabas Smith como William Ayscough, padrastro y tío de Isaac, respectivamente, debieron tomar postura del lado de la causa monárquica, mucho antes que con los intereses de la plebe que triunfó la primera vez con Cromwell. Sin embargo, cualesquiera que fuesen sus ideas políticas, tuvieron una actitud en favor de las autoridades eclesásticas parlamentarias. Ambos salieron incólumes de las purgas religiosas que se hicieron al establecimiento del Commonwealth y para el momento de la Restauración, habiendo muerto ya Smith, Ayscough se las arregló para salir también bien librado. Esta capacidad para llegar a arreglos en cuestiones religiosas fue un ejemplo para Newton más adelante, ya que fue miembro de la Iglesia toda su vida aunque en privado estuviese en desacuerdo con algunos de sus postulados fundamentales.

⁶ Newton acababa de cumplir los seis años

El período de la República duró poco. Cuando Cromwell muere en 1658, Inglaterra cae en manos de generales rivales y uno de ellos, el general Monk, toma Londres y organiza un Parlamento que decide llamar a Carlos II de su largo destierro en Holanda. En esta importante crisis de la constitución no fue el rey quien convocó al Parlamento, sino el Parlamento quien convocó al rey.

Vienen los años de la Reinstauración de los Estuardo, Carlos II (1660-1685). El acercamiento logrado entre el poder del rey y el Parlamento sirvió como ninguna otra cosa para dar un respiro a la recuperación y el crecimiento después de las tempestades de la era revolucionaria. Desde el punto de vista religioso, la iglesia de Inglaterra y las distintas iglesias puritanas siguieron, cada una, sus propias líneas de desarrollo. La variedad y competencia de corporaciones religiosas, características de la Inglaterra moderna, contrastaban enormemente con las nociones Tudor o Estuardo de Iglesia y Estado.

En el Parlamento se distinguieron dos sectores muy diferenciados que aún se reflejan en la dualidad partidista de la sociedad inglesa actual: los whigs y los torys. Los whigs provenían de los llamados cabezas rapadas de Cromwell y tenían afinidades religiosas entre sus filas con el puritanismo. Los torys representaban a los sectores más conservadores de la sociedad y eran más afines a posiciones realistas y, desde el punto de vista religioso, más cercanos al anglicanismo.

Es la época de Newton en el Trinity College de Cambridge y del establecimiento de lo que hasta nuestros días es la "Royal Society for Improving Natural Knowledge", contando entre sus miembros fundadores a Robert Boyle, Christopher Wren y varios otros.

La autoridad del rey y la autoridad del Parlamento fueron consideradas como inseparables. Podrían seguir siendo rivales, en ocasiones incluso enemigos pero, en definitiva, absolutismo y republicanismo eran dos términos muertos en los cánones políticos ingleses. Carlos II era rey de Inglaterra, Escocia e Irlanda pero cada una tenía, de vuelta, su propio Parlamento.

En 1685, a la muerte de Carlos II, le sucede su hermano Jacobo II (1685 - 1688). Los conflictos religiosos que habían sido contenidos en el reinado de Carlos, resurgieron con enorme fuerza en estos años. El punto clímax del conflicto llegó con la rebelión de Monmouth, sofocada violentamente por órdenes del rey. Esto trajo consigo incluso el rechazo de los torys y los sectores conservadores de la sociedad. El efecto de la sublevación sobre Jacobo fue incitarlo a una nueva tiranía, adoptó métodos para catolizar el país mucho más rápidos que los que parece haber proyectado en los primeros meses de su reinado. Una confianza equivocada en el ejército lo animó a desafiar al Parlamento tory y a la iglesia anglicana. Jacobo puso al mando de sus regimientos a todos los caballeros católicos que pudo convencer. Incluso recurrió a campesinos irlandeses para engrosar las filas de sus ejércitos, lo que provocó un rechazo generalizado de la sociedad inglesa.

El Parlamento promulgó una serie de leyes destinadas a salvaguardar los derechos de los ingleses⁷, siendo quizás la más importante la Ley de los Derechos del 16 de diciembre de 1688, modelo de las diez enmiendas a la Constitución de los Estados Unidos de América y de la Declaración de los Derechos del Hombre y el Ciudadano en Francia. Reyes y Parlamento aprendieron a convivir. El aporte de las figuras políticas del Parlamento, con el consiguiente desarrollo de dos fuerzas políticas realmente capaces de delinear el rumbo del país, trabajaron en conjunto construyendo este nuevo modelo. La alternancia en el poder de torys y whigs fue capaz de sobrellevar una continuidad y profunda estabilidad política en el país. El principio de la libertad, se vuelve el símbolo de la sociedad inglesa.

Es en el año previo a la revolución, 1687, cuando sale a la luz pública la primera edición de los *Principia Mathematica* de Newton, la obra más importante de su vida.

El fortalecimiento del catolicismo en las estructuras de poder de la sociedad inglesa amenazó con perpetuarse con el nacimiento de un nuevo heredero al trono, que seguramente sería educado en la fe católica. Los torys, renuentes tradicionalmente al enfrentamiento con la corona, decidieron unirse a sus rivales de siempre, los whigs, para acabar con el reinado de Jacobo II. El hombre que dirigió a los torys en este cambio fue su fundador, Danby, quien firmó la invitación, junto con otros líderes de ambos partidos, a Guillermo de Orange para regresar a la isla. Inglaterra estaba inmersa en uno de los conflictos religiosos más duros de su historia.

Aprovechando el distanciamiento temporal de la corona inglesa con Luis XIV en Francia, Guillermo de Orange utilizó las fuerzas navales y terrestres de Holanda en su expedición de regreso a Inglaterra. Desembarcó en la isla en noviembre de 1688, con un ejército formado por protestantes de toda Europa. El ejército de Jacobo, dividido en bandos de protestantes contra católicos y de ingleses contra irlandeses, fue abandonado en el momento crítico por sus principales jefes y cayó en tal confusión que Jacobo no se atrevió a dar la batalla.

Guillermo aumentaba día a día su fuerza. La población civil se adhería a su bandera y a su programa de un Parlamento libre. Los principales líderes torys y whigs dirigen la insurrección en todo el país. Cercado y aislado, Jacobo huye a refugiarse en la corte francesa.

Es la revolución inglesa (1688-1689). Su gran mérito fue que no hubo derramamiento de sangre, producto de la ausencia de una guerra civil y que se logró un arreglo voluntario de las diferencias religiosas y políticas que tanto tiempo y tan fieramente habían separado a hombres y partidos.

Para los torys y los sectores más conservadores de la sociedad inglesa, se trataba de un cambio radical en las formas de poder hasta entonces aceptadas. Después de haber renunciado a la no resistencia al poder real, debieron ahora abandonar el derecho divino hereditario. Aceptaron una insólita alteración en la sucesión al trono al aceptar la sucesión en favor de Guillermo y María - hija de Jacobo - invistiendo el poder ejecutivo en el marido. Juntos gobernaron de 1689 a 1694.

⁷ Primero vino una ley requiriendo que los fondos fueran adjudicados sobre una base anual, recortando así drásticamente la libertad de acción de la corona. Esta medida fue seguida por el Acta de tolerancia, que extendía la libertad religiosa a todos los cristianos excepto los católicos y arrianos (lo cual incluía al antitritinario Newton).

La llegada de Guillermo al poder, sin embargo, no fue del todo bien recibida en la Universidad de Cambridge. Muchos tenían sus reservas a abjurar del rey en el exilio y jurar lealtad al nuevo monarca. Después de muchos esfuerzos por evitar un enfrentamiento se logró que el nuevo juramento fuese exigido sólo a aquellos que recibían su primera promoción o los que fuesen candidatos a posiciones elevadas.

Newton fue miembro del Parlamento por Cambridge entre 1689 y 1690⁸. Éste período en el Parlamento fue particularmente importante por la fuerza unificadora entre whigs y torys. Conocido como el Parlamento de la Convención, logró un famoso compromiso entre sus principios y bandos en conflicto, lo que se conoce como el Arreglo de la revolución (Revolution Settlement). Este subsistió como sólida base de las instituciones inglesas en la iglesia y el estado, casi sin sufrir cambio hasta la posterior ley de reforma electoral y parlamentaria en el siglo XIX.

El permanente intento de Luis XIV de Francia de restaurar en el trono de Inglaterra a Jacobo II y con él al catolicismo, llevaron a la llamada Guerra de Guillermo (1689-1697), que terminó con el triunfo inglés y el tratado de Ryswick. Mucho del éxito contra Luis XIV se basó en la alianza de Inglaterra con Holanda.

Tras la debilidad de los primeros años, el reinado de Guillermo se fue consolidando, iba ganando armonía interna, solidez financiera y vigor militar. El Parlamento, dominante al fin en la constitución, estaba dispuesto a votar recursos para el rey como nunca los había votado para sus predecesores. La Compañía de la India Oriental de Londres había llegado a ser rival, en términos iguales, de la en un tiempo dominante Compañía Holandesa, que había logrado excluir a los comerciantes ingleses en la primera época de los Estuardo.

A la muerte de María, Guillermo gobernó solo, como Guillermo III, de 1694 a 1702. Inglaterra demuestra el éxito de un modelo. La apertura comercial y el auge productivo acompañados de una estabilidad interna arraigada firmemente, permitieron un acelerado desarrollo de la sociedad inglesa. Las artes y la ciencia proliferaron. Los pensadores ingleses fueron reconocidos en toda Europa. Hombres de la talla de Hooke, Halley, Boyle, Flamsteed y Newton impusieron sus pautas en el desarrollo de la ciencia.

La paz lograda por la fuerza abrió el marco para la consolidación del modelo económico. Los otrora escasos talleres artesanales se multiplicaron y aparecieron pequeñas fábricas. La industria del metal, ricamente alimentada por el libre comercio y ya no sólo concentrada en los instrumentos de guerra, se dedicó a la fabricación de las primeras maquinarias. Eran los años de la reforma monetaria en Inglaterra (1700). El próspero negocio del recortado y falsificación de moneda era combatido con la fabricación en serie y mecanizada de nuevas monedas. El instrumentador de esta reforma fue el inspector de la Casa de Moneda: Isaac Newton.

⁸ Enero de 1690 marca el final, temporal, de su fugaz participación política con la disolución del Parlamento por parte del rey. Ante la inminente fuerza tomada por los tory, que se habían opuesto a la salida de Jacobo, Newton decidió no presentarse a la reelección y regresó a sus tranquilos aposentos universitarios.

A la muerte de Guillermo, en 1702, asciende al trono Ana, hermana de María que gobernaría desde entonces hasta 1714. Características de su reinado es haber favorecido a los torys durante su gestión, que monopolizaron el poder en el Parlamento.

Para 1704 Newton, con un prestigio y fama reconocidos, publica la primera edición de la *Óptica*. En 1710 es nombrado presidente de la Royal Society.

La reina Ana logró que los torys aprobaran en el Parlamento la Ley de establecimiento que fijaba la sucesión en la casa de Hanover, para el caso de que Ana muriera sin hijos. Así como declarar nuevamente la guerra a Francia en la llamada guerra de sucesión española, dirigida por Marlborough como general en jefe y diplomático de Europa, que terminó con el tratado de Utrecht en 1713. La paz de Utrecht introdujo el período estable y característico de la civilización del siglo XVIII y marcó el fin del peligro para Europa por parte de la antigua monarquía francesa y un cambio de no menor importancia para todo el mundo: la supremacía marítima, comercial y financiera de la Gran Bretaña.

La terminación de la era de los Estuardo y la llegada de la dinastía de los Hanover marcó el fin de un ciclo en la historia de Inglaterra. Jorge I (1714-1727) ascendió al trono en un sistema claramente definido de cogobierno parlamentario. Fue la época del auge whig, dado que los torys representaba a los sectores más identificados con el desterrado rey Jacobo y sus pretensiones católicas sobre la isla. Surgieron las figuras del Primer Ministro y su Gabinete. Inglaterra había aprendido de la democracia y la participación política. Las ambiciones personales de un sólo individuo no volvieron a regir los destinos del país. La supremacía inglesa en Europa no tuvo discusión, por lo menos hasta la era napoleónica.

La conclusión del reinado de Jorge I en 1727 dejó una Inglaterra completamente distinta para el mundo. Su hegemonía económica y política se mantuvo hasta nuestro siglo. La nueva concepción del poder quedó establecida para siempre y fue el modelo adoptado hasta nuestros días por la mayoría de los países europeos. La época de los cambios acelerados había concluido. Los grandes agentes del cambio habían aportado ya su invaluable grano de arena a la historia contemporánea y podían irse a descansar. Inglaterra seguiría creciendo.

Isaac Newton muere en marzo de 1727.

Capítulo II: La vida en Lincolnshire.

II.1 La infancia.

Robert Newton, abuelo del filósofo inglés, era un pequeño agricultor independiente que nació en 1570. Después de heredar la propiedad familiar de Woolsthorpe, incrementó su fortuna paulatinamente y adquirió Woolsthorpe Manor, donde vivió el resto de su vida. Tuvo varios hijos, pero sólo cinco de ellos sobrevivieron a la infancia.

Isaac, como primogénito, recibió de su padre las tierras del Manor en 1639, aparentemente en vistas de su matrimonio con Hannah Ayscough, originaria de Market Overton, condado de Rutland. La boda tuvo lugar en abril de 1642, ocho meses antes del nacimiento del hijo de ambos, Isaac.

Sobre la vida y muerte de Isaac padre, se conserva sólo su Testamento e Inventario de Isaac Newton, 1642, redactado poco tiempo antes de morir¹. La gran mayoría de todos sus bienes fueron dejados a su esposa Hannah y no aparece mención alguna del hijo que estaba por nacer. Dadas las expectativas de vida de la época, lo más probable era que el niño muriese a temprana edad.

Sobre Hannah se sabe que tuvo al menos dos hermanos, al parecer mayores que ella, que se hicieron sacerdotes y que se preocuparon, tiempo después, de la educación de su hijo. Los Ayscough eran una familia pudiente que había visto declinar su fortuna en los últimos años. Habían sido dueños, por generaciones, de cuantiosas posesiones y riquezas y contaban entre sus ascendientes con caballeros granjeros, miembros de la Iglesia, arquitectos y abogados.

Respecto a los pormenores del nacimiento del pequeño Isaac no se conservan grandes elementos, pero sabemos que nació prematuramente la madrugada de Navidad, el 25 de diciembre de 1642² y en condiciones físicas no precisamente óptimas³.

En los primeros años de su vida, Hannah fue para el niño y él para ella, la principal compañía y preocupación. Poco se sabe de la madre, pero parece cierto que, quizás sobre todo por la débil salud del hijo, su dedicación hacia él fue extrema. Es posible que haya sido justamente esa devoción lo que hizo más dramática y destructiva la separación que siguió a esos días.

¹ Algo quizás sorprendente y revelador es que, al igual que todos los miembros de su familia hasta entonces, don Isaac murió siendo un analfabeto y la firma de su testamento es la X tradicional.

² Según el calendario Juliano

³ Tan pocas esperanzas se daban al bebé de sobrevivir que dos de las mujeres que habían ayudado en el parto, al ser enviadas a la casa de un noble de la localidad en busca de algunas medicinas para el recién nacido, "se sentaron en unos peldaños por el camino y dijeron que no había motivo para apresurarse, pues estaban seguras de que el niño habría muerto antes de que volvieran." Años más tarde, Newton diría a John Conduitt, esposo de su sobrina Catherine Barton que "cuando nació era tan pequeño -según Hannah- que hubieran podido meterlo en un bote de litro". (Colección de manuscritos de Keynes, biblioteca del King's College 140 [10] pp 15, Cambridge, Inglaterra.)

Antes de que el niño cumpliera los tres años, Hannah se había fijado en Barnabas Smith, rector de North Witham, un pueblo cercano a Woolsthorpe. Smith era un clérigo de edad avanzada y abundante fortuna. Hombre culto, se licenció y doctoró en el Lincoln College.

Para la vida de la época, el futuro para una viuda como Hannah, sin muchos recursos, se vio prácticamente salvada con este nuevo romance. Smith financió la restauración de la casa de Woolsthorpe, al parecer considerablemente deteriorada. Más aún, Hannah recibirla, a la muerte del clérigo, la gran mayoría de sus posesiones, mientras que el joven Newton recibirla del reverendo algunas tierras, al cumplir la mayoría de edad.

Así, el matrimonio se llevó a cabo el 27 de enero de 1646, semanas después del tercer cumpleaños de Isaac.

Todo hubiera sido perfecto de no ser porque Hannah, al casarse, se trasladó a la casa de su esposo en North Witham, dejando al hijo al cuidado de Margaret Ayscough, la abuela materna. La vida del niño junto a su abuela duró casi ocho años, en los cuales no parece haber estado con ellos el abuelo del muchacho, James Ayscough, de quien poco se sabe.

Esta época, marcada por una profunda carencia afectiva, se reflejaría en Newton toda su vida. Aunque no hay razones para pensar que su abuela no se ocupaba apropiadamente de él, al parecer el niño nunca sintió gran afecto por ella y sí resintió profundamente la ausencia de su madre y el que un intruso se la hubiera quitado.

De esos años y hasta que cumplió los dieciocho, Newton heredó una profunda formación puritana. La escrupulosidad, austeridad, disciplina y miedo asociados con la represiva moralidad puritana fueron aceptadas por el niño sin rebelión y lo hicieron "vivir siempre bajo la mirada del señor, como los divinos lo habían hecho."⁴

Se conservan de aquellos días, cuatro cuadernos de notas y uno de ejercicios de latín, así como lo que de él escribieron Stukeley y Conduitt. Aun sin ser concluyente, es interesante el análisis de las relaciones entre palabras en estos escritos, pues dejan ver ideas obsesivas de temor y depresión. En sus primeros ejercicios de latín existen series de palabras asociadas bajo distintos subtítulos. Uno de estos cuadernos de notas, conocido como el Cuaderno Morgan⁵, es especialmente claro en este aspecto.

Bajo el subtítulo de Del Hombre, sus Afecciones y Sentimientos, la palabra *Sueño*⁶ es seguida de *Dudar*, *Desesperanza*, *Descreer* <Desconfiar>, *Deseo*, *Angustia* <Desconcierto>, *Dísplacer*, *Descortesía*, *Descrédito*. La secuencia iniciada con *Alma*⁷ continúa con *Pena*, *Sutileza*, *Dormir*

⁴ "and lived ever under the Taskmaster's eye, as the divined had it...". Frank E. Manuel, *The Lad from Lincolnshire*. El inglés utilizado en este artículo y las citas en él de Newton es antiguo. La traducción que se hace no es siempre literal; el autor da su interpretación.

⁵ Por encontrarse en la biblioteca Morgan de Nueva York. Toda referencia a este cuaderno de notas está sacada del mismo artículo de Frank E. Manuel)

⁶ Las palabras están realmente aglutinadas por la letra inicial, al hacer la traducción se pierde un poco esta relación. "Dream, Doubting, Dispair, Distrust, Desire, Dread, Displeasure, Discourtesy, Discredit"

⁷ "Soul, Sorrow, Subtleness, Slumber, Sobring"

plácidamente, Sollozando. En el mismo libro, subtítulo como De Parentela y Titulos la palabra *Huérfano*⁸ precede a *Ofensor*, una autoacusación.

Las más de trescientas frases de los ejercicios de latín hechas por el propio Newton, traducidas o adaptadas de proverbios comunes o copiadas de textos de la época, parecen corroborar los mismos sentimientos. A continuación unos ejemplos:

Frasas de menosprecio y aires de insignificancia: *Un tipo pequeño, Mi pobre ayuda, El está pálido; No hay lugar para que yo me siente*⁹.

Yuxtaposición de frases que muestran un anhelo de aislamiento o una profunda depresión: *Encima de la casa y En el fondo del infierno*¹⁰.

Órdenes de obediencia: *El es el consejero del Rey y El era su hombre de a pie (su escudero)*¹¹.

Dudas sobre su capacidad para hacer cosas: *¿A qué empleo se ajusta (él)? ¿Para qué es bueno (él)?*¹².

Sentimientos de ansiedad. Personas y cosas son propensas a la catástrofe y la destrucción: *El está roto (se ha quebrado). Esta casa suya puede (es susceptible de) caerse. La nave se hundió*¹³.

Palabras atemorizadas son frecuentes: *El no dijo nada por miedo. Yo estoy tan asustado. Hay una cosa que me perturba (que me causa problemas)*¹⁴.

Sentimiento de culpa y necesidad de castigo: *Deseamos aquellas cosas que nos lastiman más. El no puede (no debe) actuar equivocándose. La tentación más grande para el pecador es el deseo (la esperanza) del perdón. Seguramente serás castigado. El debió haber sido castigado*¹⁵.

Las ideas de orden, autoridad y disciplina: *Haré que él lo haga. No te escondas. Verte volver. Aunque debe irse. ¿Por qué no te levantas? ¿Qué has estado haciendo? Habla (saca) tus palabras. Muéstrate como hombre*¹⁶.

La concepción puritana de la cordura, de los juegos, la danza, el deporte: *Mientras mejor sea el jugador, peor el hombre. ¿Qué más hay en el bailar que no sea jugar al tonto? El no hace otra*

⁸ "Orphan, Offender"

⁹ "A little fellow, My poor help, Hee is pale; There is no roome for mee to sit"

¹⁰ "In the top of yee house, In ye bottom of hell"

¹¹ "He is ye Kings counsellor, he was thy footman"

¹² "What employment he is fit for? What is hee god for?"

¹³ "He is broken. This house of yours is like to fall. This pride of hers will come downe. About to fall. The ship sinked."

¹⁴ "Hee saith nothing for feare. I am sure afraid. There is a thing which troubleth mee."

¹⁵ "Wee desire yose yings which hurts us most. Hee can not forbear doing mischief. The greates alluerment to sin is hope of sparing. Youe

are sure to be punisht. Hee shuold have beene punished."

¹⁶ "I will thee to doe it. Take hidde you dost is not. See you come backe. Thou maist be gone. Why rise you not? What hast you been doing?

Speake out thy words. Show thyselt a man."

*cosa que jugar. Tanto dinero, tanto crédito. El no es capaz de pagar. Se sabe que es un despilfarrador. No tiene ni con que comprarse una cuerda con la cual colgarse*¹⁷.

Pronunciamentos de desconfianza y precaución: *Me cuidaré de que él no me haga daño. Haces un tonto de mí (me engañas). Eres un tonto en creerle. Tú sabes qué tanto debes tomarlo en cuenta. Nunca le harás creer ese cuento*¹⁸.

Constante soledad: *Ningún hombre me entiende*¹⁹.

Desaliento y Desesperanza: *¿Qué será de mí?. Haré que esto termine. Haré un final. No puedo ser un llorón. No sé qué hacer*²⁰.

Las anteriores anotaciones muestran un Newton adolescente que deja entrever una personalidad angustiada con una ausencia absoluta de sentimientos positivos. La palabra amor, por ejemplo, no aparece jamás en sus escritos. Todas son sensaciones negativas, prohibitivas, de amonestación.

Al morir el reverendo en 1653, Hannah heredó su cuantiosa fortuna, pero también tres nuevos hijos²¹. Acostumbrado a ser el único dueño del cariño de la madre y habiéndola idealizado por más de ocho años, el tener que compartirla - ser nuevamente desplazado - no debe haber sido nada fácil. En sus notas de latín aparecen también los nuevos rivales del cariño materno: *Tengo un hermano a quien rogarle*²². En el Cuaderno Morgan, bajo el mismo título de De Parentela y Títulos en la letra B, es posible leer *Hermano* seguido de *Bastardo*, a lo que agrega cosas como *Blasfemador, Babilónico, Obispo, Británico, Confusión, Suplicante y finalmente Benjamín*²³

En resumen, el clima de esta etapa de su vida fue hostil y punitivo y Newton hizo de esa característica lo normal. La competitividad, el orden, el autocontrol; valores altamente puritanos, se convirtieron en parte de él. Si se excluye una necesaria larga serie de palabras "neutras" de sus escritos, el resto denota igual dolor, violencia y enojo: *lamento, infección, golpe, idiotez, caída, falta, luto, falla, cambio de dirección, miedo, discusión, pena, herida, angustia, matar*.²⁴

En 1662, a los diecinueve años inició un período de intensa reflexión religiosa, durante la cual compiló una lista en taquígrafa de cincuenta y ocho "pecados" que esperaba expiar mediante autoconfesión. Dos ejemplos particularmente reveladores: "Amenazar a mi padre y a mi madre Smith con quemarlos a ellos y a la casa con ellos dentro" por un lado, y "Desear la muerte y deseársela para alguien" por el otro²⁵.

¹⁷ "The better gamester ye worst man. What else is it to dance but to play ye foole? Hee doth nothing but play. Soe much monie soe much credit. He is not able to pay. He is reported to be a spendthrift. He hath not where withall to buy a halter to hang himselfe".

¹⁸ "I shall beware of him yf he hurt mee not. You make a foole of mee. You are a foole to believe him. You know what account to make of him. You shall never make me believe that talke".

¹⁹ "No man understands mee".

²⁰ "What will become of me. I will make an end. I cannot but weepe. I know not what to doe".

²¹ Mary nacida en 1647, Benjamín en 1651 y Hannah en 1652

²² "I have my brother to entreate".

²³ "Brother, Bastard, Blasphemer, Brawler, Babler, Babylonian, Bishop, Brittain, Bedlam, Beggar, Brownist and Benjamite.

²⁴ "lament, taint, hit, folly, fall, fault, moume, lust, hate, faile, feare, stew, quarrel, woe, yowle, wound, hang't, anguish, kill.

²⁵ Richard S. Westfall, Short-Writing and the State of Newton's Conscience. Notes and Records of the Royal Society of London, Junio 1963.

Que estos sentimientos de odio estuvieran aún presentes en el joven Newton en esos años, cuando el anciano Smith había muerto tiempo atrás y Hannah había vuelto al lado de su hijo, hablan por sí mismos del profundo resentimiento desarrollado en su infancia. Esta tendencia a conservar vivos los agravios y rencores del pasado fue una actitud que acompañó a Newton durante toda su vida adulta y no es difícil suponerlo como uno de los factores que lo hizo retraerse a los libros y a su mente.

Quizás en pocos lugares es tan clara la relación ambivalente con su madre, como en un grupo de palabras aleatoriamente agrupadas en el Cuaderno Morgan bajo el título: De Parentela y Títulos. No se requiere un profundo análisis para ver que la letra M, que comienza con *Casamiento y Madre*, continúa con *Marquesa* una palabra *sugestiva* y con *Homicida casual*. Luego la serie en la letra W de *Esposa, Matrimonio, Galanteador, Viuda y Viudo*, que son complementadas con *Ramera*. La letra F inicia con *Padre*, seguida por *Fornicador, Violador*, ¿Una referencia a su padrastro?²⁶.

Al final, bajo la Y aparece sola la palabra *Granjero*²⁷, la condición del verdadero padre de Isaac Newton. La extraña conjunción de su fecha de nacimiento, la humildad de su padre parecida a la del bíblico José, el haberlo perdido antes de nacer y casi no haber tenido contacto con su padrastro, hicieron de Dios el único padre.

Cabe apuntar aquí que, al parecer, el hecho de haber nacido el mismo día que Jesucristo, así como ser huérfano de padre, siempre le hizo considerarse un escogido divino.

El anhelo de tener un padre lo mantuvo mucho tiempo absorto en su genealogía y se dio a sí mismo extraños ancestros. En una ocasión, si creemos las palabras de James Gregory, habría clamado ser descendiente de un Lord escocés²⁸.

Además, siempre abrigó la duda sobre haber sido o no un hijo legítimo. Sus padres se casaron en Abril de 1642 y él nació prematuramente en Diciembre del mismo año. ¿Estaban casados sus padres al momento de ser él concebido o fue el embarazo de su madre la causa de la boda? Dentro de su moral profundamente puritana la idea de ser un hijo ilegítimo era muy difícil de aceptar²⁹.

La otra figura masculina, de autoridad, en la infancia de Newton, Barnabas Smith, no fue una mejor guía en su vida. Además de quitarle a su madre, siempre se manifestó de mala manera respecto al padre de aquél, como un "hombre inculto, extravagante y débil". Que Newton odiase

²⁶ "Marriage, Mother, Marquess, Manslayer, Wife, Wedlock, Wooer, Widdow, Widdower, Whoore"

²⁷ "Yeoman"

²⁸ En la lista de palabras del Cuaderno de Morgan, bajo la letra T en De Parentela y Títulos aparece *Twins (Gemelas)* seguido de *Thief (Ladrón)*. ¿Tendrá esto relación con la clásica historia de los herederos del trono donde uno de ellos "roba" al otro el título y esconde a su hermano para asegurarse el poder? Fantasías de realeza y nobleza son frecuentes en los niños que no tienen padre, pero en el caso de Newton fue más patente quizás que en muchos otros.

²⁹ Cuando hubo de detallar su genealogía para el Herald's College cometió un peculiar error, fijando la fecha del matrimonio de sus padres en 1639. No fue una fecha escogida arbitrariamente, fue justamente el año en que el abuelo Robert dio al padre de Newton la posesión de Woolsthorpe Manor, aparentemente en vista del matrimonio de éste con Hannah Ayscough. No hay datos completamente exactos de la fecha del matrimonio, pero lo cierto es que no fue antes de abril de 1642.

a su padrastro parece una deducción razonable, viendo sobre todo algunos comentarios aislados en sus notas.

Parece, sin embargo, que Barnabas Smith no tuvo realmente una especial actitud de desprecio hacia su hijastro. Si bien no accedió a que Hannah lo trajese consigo al irse a vivir con él, no descuidó del todo al muchacho y al morir le dejó gran parte de su extensa biblioteca, un legado muy valioso en una época en que la literatura estaba reservada para unos pocos, además de, como ya se mencionó anteriormente, dejarle unas tierras al cumplir la mayoría de edad.

II.II Newton en la escuela. Sus inclinaciones intelectuales.

Lo primero que salta a la vista es que ni en la familia de los Newton, terratenientes de origen humilde, ni en la rama de los Ayscough, más cultos y preparados que aquellos, aparece ningún antecedente de hombres o mujeres de mérito extraordinario. De esa forma, dado su origen y habiendo heredado Woolsthorpe Manor así como las tierras en Sewstern, parecía lógico que el joven Newton se volviese un pequeño agricultor.

Por lo que se sabe de los Ayscough, sin embargo, no hubiera sido propio de ellos que no procurasen para el muchacho al menos una educación básica antes de que se dedicara a la vida del campo. Incluso el propio Barnabas Smith debe haber sido partidario de que recibiese instrucción elemental; la ignorancia y el analfabetismo no eran características bien vistas en un buen puritano de fortuna.

El inicio de su educación tuvo lugar en dos pequeñas escuelas en Skillington y Stoke, pueblos muy cercanos a Woolsthorpe a los que el joven podía ir y venir caminando cada día. Poco se sabe de quiénes fueron sus maestros, de qué pudo haber aprendido o cuánto duró su educación pero, dadas sus amplias dotes de observación, es de suponerse que aprendió mucho más de sus andanzas por los caminos y campos de lo que se le haya enseñado en las propias clases. El aprendizaje autodidacta fue uno de sus recursos más utilizados.

Al cumplir doce años fue inscrito en la King's School en Grantham, unos once kilómetros al norte de Woolsthorpe, donde fungía como maestro en esa época Henry Stokes. En este colegio se enseñaba sobre todo latín y griego así como estudios sobre la Biblia, mismos en los que se basó la educación primaria de Newton³⁰.

En estos años en que comienza a despertar el interés de Newton hacia los libros y la construcción de numerosos juegos mecánicos, no sólo la influencia del maestro fue importante. Dada la distancia de Grantham a Woolsthorpe, el muchacho no podía ir y venir cada día, por lo que se hicieron arreglos para que se quedara en la casa del farmacéutico del pueblo, el Sr. Clark, cuya segunda esposa era íntima amiga de Hannah. Fue para él muy fructífero este período donde

³⁰ No se posee gran información sobre Henry Stokes, nacido en 1619. Hijo de un herrero, se licenció en Artes en el Pembroke Hall College de Cambridge y permaneció como maestro de la escuela de Grantham hasta fines de 1663. Pudo haber sido una rica fuente de información sobre la adolescencia de Newton, pero murió una década antes (1672) de que su más brillante discípulo alcanzase una reputación clara y estable como filósofo natural.

sentía un ambiente muy placentero para su desarrollo, pues los esposos Clark eran de la idea de que a los niños había que darles tanta libertad como permitiese el buen juicio³¹.

Newton de niño se interesó siempre por saber cómo y por qué funcionaban las cosas que existían a su alrededor. En una ocasión, por ejemplo, pasó mucho tiempo viendo cómo se construía un molino de viento que se edificaba cerca de casa. La idea del aire en movimiento lo cautivó. Construyó un pequeño modelo a escala que colocó en la parte superior de la casa de los Clark y que fue centro de los comentarios de todos los vecinos.

Los juegos que practicaban los niños de su edad nunca llamaron su atención. Trató siempre de inventar juegos en los que hubiese que usar el ingenio más que otra cosa. Tuvo la costumbre de construir cometas y analizó mil variantes en sus modelos para encontrar la forma más eficiente de vuelo. Aprendió también a fabricar linternas de papel arrugado que iluminaban su camino a la escuela en las oscuras mañanas de invierno. En una ocasión colocó una lámpara en la cola de un cometa causando revuelo en la gente del lugar, pues creyeron que se trataba de un auténtico cometa.

El movimiento del sol, la luz y la sombra también fascinó al muchacho. Observaba con detenimiento todas las posiciones de las sombras a medida que se movía el sol. Construyó varios relojes de sol, de los cuales dos fueron encontrados aún en las paredes de la casa de Woolsthorpe.³²

El genio de Isaac se manifestaba no sólo en su gran habilidad para concebir y fabricar instrumentos mecánicos. Tenía una capacidad de abstracción y de razonamiento lógico tremendas; no había mecanismo ni fenómeno en su derredor que no lo hiciese pensar en el cómo y el por qué de su comportamiento y que, posteriormente, no le retribuyese de alguna forma en su vida de científico³³.

La figura del Sr. Clark, el farmacéutico, tuvo mucha importancia para él. Acostumbrado a la falta de cariño, la compañía y atención que le dedicaba el Sr. Clark le fueron algo novedoso. Quizás el verlo trabajar en la preparación de medicamentos fue uno de los elementos que despertó en el muchacho el interés por la alquimia.

Su precaria salud cuando niño, así como el hecho de ser siempre más pequeño y más débil que sus compañeros, hicieron que tuviese profundas tendencias hipocondríacas. Eso pudo haber sido otro factor que lo hiciese interesarse por la medicina. Aunque realmente gozó de una

³¹ De estos días escribió más adelante el Dr. William Stukeley, amigo de Newton en sus últimos años y quien hizo un arduo trabajo de recopilación sobre su vida, "Todos los que han conocido a Sir Isaac o han oído hablar de él, cuentan la variedad de sus intereses cuando muchacho, sus extrañas invenciones y su extraordinaria inclinación hacia la mecánica. Que, cuando salía de la escuela, en vez de jugar con los otros chicos siempre se dedicaba a construir cachivaches y modelos en madera de las más variadas clases; para lo cual se había agenciado pequeñas sierras, hachuelas, martillos y todo un taller de herramientas, que utilizaba con gran destreza." Keynes. (Colección de manuscritos, biblioteca del King's College 140 [10] pp 15, Cambridge, Inglaterra., citado en Gale E. Christiansen., Newton. Ed. Salvat, 1986., p. 24.)

³² Era, se dice, capaz de saber la hora con toda precisión con sólo fijarse en las sombras proyectadas en los muros.

³³ Uno de los juguetes que más se mencionan en esta época es un reloj de agua. Años más tarde, en una discusión con el astrónomo Edmund Halley, Newton rescató lo aprendido en esos días y alegó que el problema de los relojes de agua era que el orificio por donde caía el líquido, por tener que ser muy pequeño, tendía a la larga a irse obstruyendo; al igual como ocurre con los relojes de arena, cuya perforación tendía a ensancharse y, claro, ambos perdían exactitud.

sorprendente buena salud en su edad adulta, de esos años heredó la costumbre de mezclar sus propias medicinas para todas sus supuestas enfermedades.

En aquellos años, dos de los libros que más atrajeron su atención - además de la Biblia - fueron: *Los misterios de la naturaleza y el arte* de John Bate y *Nomenclatura* de Francis Gregory. En sus cuadernos de notas, sobre todo en el de Morgan, aparecen interminables fragmentos copiados de dichos libros. De hecho, muchas de sus invenciones fueron sacadas de éstos: su reloj de agua, los cometas, los farolillos de papel, el molino de viento y sobre todo recetas para innumerables padecimientos de todo tipo.

Quizás debido a su timidez innata, o al interés por analizar temas que normalmente no se discutían en clase, su inicio en la escuela de Grantham no fue nada brillante. Stokes lo colocó en el grado más bajo y, en un inicio por lo menos, no mostró Newton cualidades por arriba de lo normal.

Sean cuales fueren sus logros definitivos en la escuela de Grantham, de los que no se conserva dato alguno, es indudable que al llegar el momento de abandonar la escuela ya había convencido a Stokes de sus profundas habilidades y éste se lo habría indicado a Isaac, alimentando en él su deseo de continuar estudiando. Este propósito chocó, sin embargo, con la clara determinación de su madre; dados los dieciséis años de Isaac, éste debía comenzar a preocuparse de Woolsthorpe y a asumir el papel de un agricultor acomodado, como correspondía a su historia.

Ya sea de buena o de mala gana Isaac aceptó la voluntad de su madre, pero jamás fue capaz de llevarla a cabo³⁴. Prueba de este desinterés pudieran ser algunas anotaciones de los Archivos de Lincolnshire de la familia Turnor, donde se señala un resumen de las multas impuestas por el tribunal de Colsterworth³⁵. Más allá de lo exacto de las anotaciones, el rechazo de Newton hacia un proclamado destino como agricultor era algo que no se podía ocultar. Los problemas con su madre se acrecentaron.

Desconcertada e irritada, Hannah trató de encontrar para Isaac otras tareas. Confiándolo al cuidado de un sirviente, los enviaba semanalmente a Grantham a comprar las provisiones para la granja y a vender sus productos. En muchas ocasiones el muchacho ni siquiera hacía el viaje y se quedaba leyendo u observando por el camino. Si llegaba hasta Grantham solía regresar a la casa de los Clark a refugiarse en su antiguo cuarto a leer y a tratar de recuperar la calma y la paz de sus años de estudiante.

Para Hannah la actitud de su hijo era completamente incomprensible. ¿Qué era eso de estar todo el día leyendo y construyendo juguetes? No es de extrañar que estuviera realmente preocupada por una manera tan poco común de comportarse. Ambos, mal que bien, defendían una posición

³⁴ Según relata Stukeley, cuando su madre le ordenaba que fuera al campo a vigilar las ovejas o a algún empleado, iba a regañadientes y realmente hacía lo que le daba la gana. Se sentaba a leer un libro bajo un árbol o se entretenía fabricando cosas con las manos: objetos tallados en madera, pequeñas ruedas de molino que metía en el agua y tantos otros.

³⁵ Con fecha de octubre de 1659 aparecen sancionados tres granjeros "por permitir... que las ovejas y el ganado rompieran unas cercas." Uno de ellos es nombrado como "Isaac Newton". Aunque hay dudas respecto al hecho de que el Isaac Newton sancionado sea el famoso filósofo natural, aparece en el mismo registro una sanción similar en 1660 para una tal "Sra. Smith" que probablemente era la madre de Isaac y es muy posible que el culpable haya sido el muchacho. (Gale E. Christiansen., Newton. Ed. Salvat. 1986. p. 34.)

correcta, sin embargo, la comunicación entre ellos se había roto y en rara ocasión volvió a recuperarse.

Al contrario de lo que ocurría con su madre, Newton siempre logró despertar la atención de los adultos medianamente cultos que lo rodearon y que velan en él a una persona con una inteligencia más allá de lo normal.

Henry Stokes intentó repetidamente convencer a Hannah de lo improductivo de retener a Isaac en la vida campirana y que continuara sus estudios en la Universidad. Llegó incluso a ofrecer a la madre los cuarenta chelines que él recibía anualmente de los padres de los alumnos que vivían lejos de la escuela, con la idea de aliviar el "sacrificio económico" que podría significar el envío de Isaac a estudiar. Un gesto así era un gran esfuerzo para una persona de escasos recursos como Stokes.

Pese a todo, el maestro enfrentó una obstinación tan grande como la experimentada por el hijo al discutir con la madre. Todos los sueños y expectativas que Hannah tenía para su hijo se desmoronaban. Recurrió al consejo de su hermano William quien, conociendo ya el conflicto, fue también partidario de que Isaac continuase estudiando. Resignada, Hannah decidió enviar al joven a la Universidad.

Aunque no es claro a qué dedicó Newton sus últimos meses de preparación es de suponerse que Stokes lo atara una vez más a la lectura de los clásicos en latín, la lengua culta por excelencia.

Una vez terminado este período había que resolver a qué Universidad iría el joven. La decisión no era muy difícil, todos los adultos cultos con los que tenía contacto, Stokes, William Ayscough, Joseph Clark (hermano del farmacéutico) habían estudiado en colegios de Cambridge. Después de analizar entre unos y otros se determinó que se matriculara en el Trinity College, donde había estudiado el tío William, cosa que hizo en 1661.

De esta época data uno de los pasajes más especiales de la juventud de Newton. Al regresar a Grantham, aparece en escena la única mujer que, aparte de su madre y su sobrina años más tarde, tuvo cierta relevancia en su vida. Catherine Storey era ahijada del farmacéutico Clark y vivía en aquél entonces con él. La señorita Storey, entrevistada en su vejez por el Dr. Stukeley, confirma la imagen del joven sensible y acostumbrado a los juegos abstractos que se tiene de Newton, y revela también la existencia de una relación amorosa con el joven genio. "Puesto que Sir Isaac y ella crecieron durante algún tiempo juntos, se dice que él se enamoró de ella, cosa que ella no niega. Pero puesto que la dote (de ella) no era considerable, y que él asistía a la escuela, resultaba incompatible por sus fortunas que se casaran, y quizás por sus estudios también."³⁶. Si existió en ellos la idea de comprometerse, se interpuso el que para obtener una beca en el Trinity College de Cambridge, se exigía que los becarios no llevaran a sus esposas.

³⁶Jude E. Christiansen, Newton. Ed. Salvat. 1986. p. 36.

Capítulo III: La vida en Cambridge

III.1 Los primeros años de estudiante. (1661-1665)

El Trinity College era, en palabras del intelectual del siglo XVII Thomas Fuller, "la más majestuosa y la más uniforme de todas las facultades de la cristiandad". En ella existía, como en muchas otras, una rigurosa estructura jerárquica que no se conmovió ante la llegada de Newton.

Newton fue admitido el 5 de junio de 1661 con el grado de *subzisar*, y matriculado en la universidad como *sizar* el mes siguiente. En sentido estricto, un *sizar* era alguien que ganaba su manutención realizando trabajos domésticos que incluían servir las mesas y realizar diversos trabajos para los catedráticos y su tutor¹.

En la cima de la jerarquía estudiantil se hallaban los *fellow-commoners*, los hijos de las familias más influyentes de Inglaterra. Debajo de ellos se encontraban los pensionados, la descendencia de las familias prósperas pero menos ricas. Los *sizars* y *subsizars* se hallaban en el fondo de la estructura social de la universidad.

Servir a sus compañeros estudiantes y sufrir en silencio sus indignidades debió constituir un duro golpe para alguien que, aunque no criado en el lujo, estaba acostumbrado a que sus propias necesidades básicas fueran atendidas por sirvientes².

No es posible considerar a Newton como un hijo de circunstancias humildes. Su madre, en virtud de la cuantiosa herencia recibida de su segundo matrimonio, estaba tan bien asegurada económicamente como cualquier mujer de Lincolnshire. Así mismo, Barnabas Smith había transferido a Isaac propiedades cuyas rentas equivalían a cincuenta libras al año. ¿Cómo, pues, entró en una institución con marcadas diferencias de clase teniendo que servir mesas y cenar las sobras de jóvenes cuyos padres poseían considerablemente menos dinero y tierras que la viuda Hanna?

La madre de Newton era una mujer conservadora en asuntos financieros y es posible que, simplemente, no viera razón alguna para pagar por algo que se podía obtener con un honesto trabajo, un rasgo típicamente puritano.

Sin embargo, la partida de Isaac a la universidad nunca fue bien vista por su madre y si aquél deseaba continuar estudiando, entonces posiblemente, una manera de demostrar su determinación consistió en ganárselo con su propio esfuerzo.

¹ Servían también como asistentes a sus compañeros de clase que gozaban de riqueza y privilegios, despertándoles para acudir a la capilla antes de amanecer, yendo a buscarles sus comidas especiales, quitando el polvo de sus habitaciones, limpiando sus botas y peinándoles.

² Además, el joven tenía ya dieciocho años cumplidos cuando el promedio de sus compañeros oscilaba entre los dieciséis y diecisiete, cosa que probablemente sirviera para aumentar más su introspección.

Sólo después de cumplida la mayoría de edad (21 años) se encuentran en los libros de cuentas de Newton anotaciones de entradas de sumas importantes de dinero provenientes de su madre, dinero ya legalmente suyo y con el que podía hacer lo que quisiese.

No hay razón para suponer que la educación formal de Newton se desviara de forma significativa de la estricta línea marcada, basada en los planteamientos filosóficos de Aristóteles y Platón³. La prueba más convincente de esto puede hallarse en un cuaderno de notas personales iniciado en su primer año en el Trinity College y continuado hasta su graduación en 1665. Esta obra, en cuya primera página está escrito "Soy amigo de Platón, soy amigo de Aristóteles, pero la verdad es mi mejor amiga", ha sido denominada Cuaderno de notas filosófico⁴.

La lectura de este cuaderno indica que Newton llevó adelante un amplio programa independiente de estudios. Abundan extractos e interpretaciones de libros de otros virtuosos: Boyle, Kenem Digby, Henry More, Thomas Hobbes, Galileo y Joseph Glanville. Muchos de esos libros, y los de Copérnico, Thomas Digges, Tycho Brahe y Kepler, podían encontrarse en las extensas estanterías de la biblioteca del Trinity College.

Dentro de los temas que le apasionaron desde un principio estaba la alquimia. Como era su costumbre, ante la escasa existencia de libros sobre el tema, Newton se dedicó a una extensa labor de recopilación tanto de obras publicadas como de manuscritos que llegaban a sus manos⁵.

El cuaderno de notas filosófico revela que en 1664 Newton había decidido ya cuál sería el método de investigación científica de su vida, fundiendo las dos tendencias más importantes de la ciencia moderna: la racional y la empírica; la perspectiva lógica de Descartes es unida a la experimental de Galileo.

Para fines de 1664 Newton conocía ya la matemática más avanzada de su tiempo (Wallis, Descartes, Gregory y Fermat) y estaba, además, al borde de un gran acontecimiento: el desarrollo del cálculo diferencial e integral.

Es conocido también de estos días el llamado "Libro de los desechos" que era originalmente el cuaderno de notas personal de Barnabas Smith y que pasó a manos de Newton junto con toda la biblioteca de su antiguo padrastró⁶.

Newton presentó, en abril de 1664, un examen ante Isaac Barrow⁷ para competir por una de las sesenta becas para no graduados patrocinadas por la facultad. Barrow lo examinó sobre Euclides,

³ Si bien los descubrimientos de Newton en filosofía natural iban a sellar finalmente la condenación del aparentemente inmortal sistema cosmológico aristotélico, no se encuentra a lo largo de su trabajo ningún término despreciativo hacia los planteamientos del filósofo.

⁴ Pese a apoyarse en gran medida en los pensadores innovadores de su tiempo, buena parte del contenido de su cuaderno de notas filosóficas no está extraído de la obra de otros.

⁵ Tomando como base el *Theatrum Chemicum* de Zeizer y el *Theatrum Chemicum Britannicum* de Elias Ashmole, pronto empezó a acumular las obras de distintos alquimistas: Johan Becher, Kenem Digby, Geber, Samuel Hartib, Helvetius, Michel Mer, Samuel Norton, Paracelso, George Ripley, George Starkey, Basil Valentine, por citar sólo unos pocos.

⁶ En sus márgenes y hojas libres Isaac escribía innumerables anotaciones. Resulta irónico que debiera sentar los fundamentos de uno de sus más profundos logros intelectuales en páginas entremezcladas con aquellas que contenían los pensamientos y notas personales de un hombre al que había odiado.

⁷ Él fue el primero en ocupar la cátedra lucasiana de matemáticas, dotada en 1663 por Henry Lucas, como un cargo de igual status a los fundados en Oxford en geometría y astronomía por Sir Henry Savile en 1619.

del que Newton sabía poco o nada, sin hacerle ninguna pregunta sobre la geometría de Descartes, la cual dominaba completamente. Tal vez Newton era demasiado modesto para mencionar este detalle y Barrow no podía imaginar que nadie pudiera leer ese libro sin dominar antes a Euclides; pese a todo fue aceptado como becario de la casa.

En este mundo hostil, destaca la figura de John Wickins, un joven estudiante con quien Newton se mudó a vivir después del primer año de clases, que fue quizás su único compañero y amigo.

Newton obtuvo su título de bachiller en artes en la primavera de 1665 junto con otros veinticinco estudiantes del Trinity College. Se desconoce cuál fue su puesto en la lista final. Sin embargo, independientemente de su lugar académico, Isaac Newton, con veintidós años, había registrado ya en sus cuadernos de notas, brillantes destellos de su poder intelectual.

III. II Los años de la peste (1665 - 1666)

El año de 1665 fue de luto para toda Inglaterra. La Peste ataca Londres causando más desolación y muerte que la peor de las guerras. Se calcula que murieron entre el 60 y 90% de los infectados. El único remedio efectivo era adherirse al refrán: "cito, longe, tarde" (huye rápido, ve lejos, regresa lento). El gobierno mismo emigra de Londres a Oxford y la Universidad de Cambridge cierra sus puertas. Newton, como tantos de sus compañeros, regresa a su hogar, a Woolsthorpe, en el verano de 1665, donde permanecería dos largos años.

Sobre esos años el propio Newton escribió tiempo más tarde: "A principios de 1665 hallé el método de series aproximativas y la regla para reducir cualquier término de cualquier binomio a tales series. El mismo año, en mayo, hallé el método de tangentes de Gregory y Slusius y en noviembre obtuve el método directo de fluxiones, y al año siguiente, en enero, conseguí la teoría de los colores y en mayo siguiente tuve entrada al método inverso de fluxiones. Y en el mismo año empecé a pensar en la gravedad extendiéndose hasta el orbe de la Luna, (...) en consecuencia, comparé la fuerza necesaria para mantener la Luna en su órbita con la fuerza de gravedad en la superficie de la Tierra, y hallé las respuestas muy parecidas. Todo esto ocurrió en los dos años de la peste de 1665 y 1666. Porque en esos días me hallaba yo en mi época más fecunda de invención y pensaba en las matemáticas y en la filosofía mucho más que en ninguna otra época desde entonces".⁸

En mayo de 1665 - poco después del cierre de la universidad - escribe su primer ensayo importante en Cambridge, sobre la suma de arcos de curvas infinitesimales. Completa otro ensayo en noviembre y otros tres durante 1666. Esto implica la separación de la interpretación geométrica - estática - del mundo de Descartes para concebirlo como algo dinámico.

⁸ Gale E. Christiansen, Newton. Ed. Salvat. México, 1986. p.89. Estos recuerdos, compuestos unos cincuenta años más tarde de los acontecimientos que describen, fueron cuestionados por cierto número de intelectuales contemporáneos de Newton, aunque no debido a dudas respecto a la paternidad expresada por el autor. Se trata simplemente de que los recuerdos lejanos de unos logros científicos importantes, al igual que en otros campos de la actividad humana, tienden a condensarse, envolviéndolos así en un manto de engañosa simplicidad. De los logros más importantes asociados con el período que va desde mediados de 1664 hasta principios de 1667, tan sólo los pasos en el desarrollo del cálculo han sido reconstruidos con un detalle razonablemente satisfactorio.

Newton se adelantó siempre al entendimiento de los demás, y jamás le preocupó que el mundo fuese capaz de comprenderlo: "... me resulta muy claro por los fundamentos en los que me baso al respecto, aunque no voy a preocuparme de demostrárselo a los demás".⁹

De estos días data la famosa anécdota de la manzana que, simbólicamente, representa la comprensión del fenómeno de la gravedad. Realmente no fue la caída casual de una manzana lo que hizo a Newton descubrir el concepto de la gravitación universal. Para él, la experimentación fue siempre una forma, más que de descubrir, de confirmar hipótesis ya concebidas minuciosamente de manera teórica¹⁰.

En 1665 Robert Hooke publica la *Micrographia* y se sitúa junto a Leeuwenhook como el padre de la microscopía. Ésta fue una de las obras que más motivaron a Newton a continuar sus estudios de la luz y los colores, pues Hooke seguía planteando, al igual que Descartes y los clásicos, que los colores eran modificaciones de la luz blanca.

Para fines de 1666 Newton deja la mecánica para adentrarse en la alquimia¹¹ y la óptica¹². El atacar varios problemas simultáneamente fue una constante en toda su vida, dejando algunos postergados o detenidos por largos períodos antes de llegar a concretarlos.

En todos estos años destaca una contradicción permanente en Newton; la rigurosa necesidad autoimpuesta de avanzar por medio de análisis metódicamente racionales, por un lado, y la urgencia de ir hacia adelante, con la esperanza de efectuar una gran síntesis, no importando lo intuitiva que esta fuese, por el otro. Es esta época donde comenzó a hacerse evidente su afán de competencia con los grandes filósofos naturales de su época, llevándolo siempre al enfrentamiento y donde el protagonizado con Robert Hooke tuvo un lugar muy importante.

III.III De regreso en el Trinity College (1667 - 1669)

En marzo de 1667, pasada la peste, Newton regresa - ya como bachiller - al Trinity College cuando éste reabre sus puertas, dispuesto a estudiar hasta conseguir el galardón de maestro en artes y consigue una de las nueve becas de graduados para poder seguir en la facultad.

Se convirtió en becario¹³ menor el 2 de octubre de 1667, asegurando su elevación al rango de becario mayor una vez obtenido el título de maestro en artes. Al fin se le había garantizado la

⁹Gale E. Christiansen, Newton. Ed. Salvat. México, 1986. p.93

¹⁰ Así, más que la genesis de la idea, la caída de la manzana fue la forma de representar metafóricamente la corroboración de una teoría. La manzana, representante de la mecánica terrestre, y la luna, contraparte de la anterior en la mecánica celeste, respondían finalmente a una misma ley.

¹¹ El Cuaderno de Notas que contenía las *Quaestiones quaedam philosophicae*, estaba lleno del conocimiento adquirido en torno a esta nueva ciencia.

¹² Su pasión por los colores y la óptica eran tan grandes que en una ocasión tomó una aguja "... y la puse entre mi ojo y el hueso tan cerca como pude de la parte de atrás de mi ojo". Luego en un ensayo que de sólo pensarlo lo pone a uno enfermo empujó la aguja contra el globo ocular varias veces hasta que aparecieron "varios círculos blancos, oscuros y coloreados que siguieron haciéndose evidentes cuando seguí frotando mi ojo con el extremo del punzón, pero si mantenía mi ojo y el punzón quietos, aunque continuara apretando mi ojo con él, los círculos se hacían más débiles y a menudo desaparecían hasta que seguía el experimento moviendo mi ojo y el punzón". Gale E. Christiansen, Newton. Ed. Salvat. México, 1986

¹³ Realmente los méritos intelectuales no importaban mucho a la hora de la selección, en cierto modo algo positiva para el joven aspirante, que ni había prestado mucha atención al plan de estudios tradicional. La elección para las becas era presidida por el decano Humphrey Hablington quien tenía una buena imagen del muchacho y es posible que pesara en favor de Newton su apoyo.

ciudadanía permanente en la comunidad académica, lo cual, pese a todos sus fallos, le proporcionaba la soledad y la seguridad necesarias para proseguir sus estudios sin ser molestado. Nunca más tendría que hacer frente a la perspectiva de verse separado de los trabajos que tanto amaba y del enclaustrado asilo que le aislaba de las distracciones y obligaciones del mundo exterior¹⁴.

De diciembre de 1667 a febrero del siguiente año estuvo en Woolsthorpe, donde recibió de su madre la cuantiosa suma de treinta libras¹⁵.

La fortuna de Newton siguió mejorando tras su regreso a la universidad. La promoción anticipada a becario mayor le llegó el 16 de marzo de 1668, y en julio del mismo año alcanzó el nivel de maestro en artes. Sin embargo, aunque su nombre iba a figurar en las listas del profesorado del Trinity College durante treinta y cuatro años consecutivos, nunca se unió a los ocho que formaban la Seniority, la instancia de mayor nivel entre los académicos.

Ya establecido como catedrático de la universidad en 1669, comienza a procurarse algunas comodidades para su trabajo y acondiciona un pequeño taller en su habitación, donde habría de desarrollar gran parte de sus investigaciones posteriores.

Excepto por su amistad con Wickins, su amigo y compañero de cuarto, y Aston, un hombre de conexiones influyentes pero de mediocre intelecto, Newton mantuvo muy pocas relaciones significativas con individuos de su propia edad. Como adolescente y joven adulto, se sintió atraído hacia los hombres mayores y educados como Clark, Stockes y Babington. Luego, en su madurez y vejez, pareció más satisfecho cuando se hallaba en compañía de admiradores más jóvenes, incluidos Edmund Halley, Nicolas Fatio de Duillier, David Gregory y Stukeley. Los que se hallaban en los extremos no eran considerados como amenaza, mientras que los contemporáneos, especialmente si eran dotados como él, eran tomados casi inevitablemente con envidia. Hooke, por ejemplo, era menos de siete años mayor que Newton, mientras que Leibnitz y Flamsteed, nacidos ambos en 1646, eran solamente cuatro años más jóvenes. Por otra parte, Isaac Barrow, profesor lucasiano de matemáticas, era una docena de años mayor que Newton, una diferencia de edad magnificada por el entorno mundano de Barrow y su prominente posición en la rígida jerarquía académica del Trinity.

Barrow, al igual que Newton, fue un admirador del mecanicismo de Descartes pero criticó sus "hipótesis a priori" y la eliminación de Dios como agente activo en el orden natural. En 1663 Barrow es nombrado como el primer profesor lucasiano de matemáticas de Cambridge. Años más tarde, en 1669, Newton lo sucedió en este puesto, aunque sin mucho éxito¹⁶.

Barrow dejó el profesorado por falta de interés y por convertirse en el capellán de Carlos II, sólo para regresar al contacto con Newton cuatro años más tarde, como decano del Trinity.

¹⁴ Además de gratificaciones tales como la pensión alimentaria, un estipendio anual de unas pocas libras y una pequeña cantidad de ropa y equipo, los nuevos becarios tenían derecho a que les fueran asignadas habitaciones gratuitas, distribuidas, como todo lo demás, por orden de antigüedad.

¹⁵ Como referencia tomese en cuenta que en 1701, el salario de Newton como Director de la Casa de Moneda, que era un alto escalón dentro de la sociedad inglesa, era de 3,500 libras anuales.

¹⁶ No se sabe de nadie que haya estado entre sus oyentes hasta que John Flamsteed asistió a una de sus clases en 1671.

Lamentablemente el ejercicio de su cargo fue muy breve; enferma durante una visita a Londres en la primavera de 1677 y muere en mayo del mismo año.

III.IV El inicio del enfrentamiento con Hooke. (1669- 1679)

El 26 de noviembre de 1669, Newton, recién nombrado profesor lucasiano abandona Cambridge para su segunda visita a Londres, alentado por Barrow que aparentemente buscaba ponerlo en contacto con algunos de los intelectuales de la época.

Conoce a John Collins, miembro de la Royal Society, quien era por aquel tiempo un empleado de la oficina de impuestos al consumo, pero anteriormente había enseñado matemáticas en Londres y había publicado tres tratados sobre varios aspectos del tema entre 1652 y 1659. El mérito de Collins consistió en mantener una abundante correspondencia entre aquellos interesados en las nuevas matemáticas. Antes de morir, en 1683, había establecido una red de información que unía a los más prominentes matemáticos de Inglaterra con sus contrapartes del continente. Se abocó a la tarea de publicar cierto número de importantes libros tanto ingleses como de otras nacionalidades y no pudo menos que interesarse en los planteamientos de Newton. Inició un período de correspondencia con Newton, sin obtener jamás su autorización para publicar algunos de sus escritos.

A principios de 1670 Newton comienza sus primeras clases como profesor lucasiano y escoge la óptica como primer tema a exponer. Retoma también sus trabajos en torno a la alquimia, comprando una serie de herramientas y sustancias para su laboratorio y redacta un ensayo titulado *Clavis*.

Durante los años siguientes regresó a la problemática de los colores desafiando con éxito, la doctrina aceptada de que los colores espectrales eran producidos cuando la luz del sol "pura", sufre modificaciones al pasar a través de un medio oscuro, o cuando es refractada en los límites entre dos medios, como en el caso del aire y el cristal. Buscaba un experimento concluyente que le brindara una descripción satisfactoria sobre la misteriosa naturaleza de la luz y lo llamó el *experimentum crucis*.

Newton no había planeado poner sus descubrimientos a disposición de una audiencia más amplia. Al contrario de Galileo, aborrecía las justas intelectuales, y se mostraba desdenoso ante el estira y afloja del debate en sí. Sin embargo, la noticia de las innovaciones técnicas importantes se difundía rápidamente en el cerrado mundo de los virtuosos de la época.

Uno de sus trabajos en óptica, el telescopio de reflexión, no tardó mucho tiempo en llegar a oídos de sus contemporáneos. Newton cedió a las presiones ejercidas por sus colegas y confió el producto de sus trabajos a Barrow, quien llevó orgullosamente el pequeño instrumento a Londres a fines de 1671.

El 6 de febrero de 1672 Newton escribe una larga carta a la Royal Society explicando su teoría de los colores, que resulta ser todo un éxito y se le pide autorización para publicar su trabajo en las *Philosophical Transactions*. La carta fue publicada con una rapidez sorprendente en la revista

de la Royal Society el 19 de febrero y algunas semanas más tarde se editó todo un informe sobre el telescopio fabricado por Newton.

Newton fue designado miembro de la Royal Society en 1672 y formó parte de ella el resto de su vida, teniendo la oportunidad de conocer a los científicos más importantes del siglo XVII.

Fue Henry Oldenburg, secretario de la Sociedad, quien inauguró las *Philosophical Transactions* en 1665, y quien supervisó su publicación hasta 1677. A través de ellas, la Royal Society hacía una gran labor de comunicación en la ciencia y difundía las obras y escritos de innumerables filósofos y pensadores del momento. Las *Transactions* se convirtieron en el principal medio de intercambio entre los científicos ingleses y los del continente y en una de las primeras revistas científicas.

Uno de los costos, sin embargo, que debió pagarse por la socialización de tantos conocimientos fue el inicio de incontables y eternas polémicas sobre la validez y la paternidad de cada descubrimiento y si alguien vivió esto de manera intensa fue Isaac Newton.

Al poco tiempo de publicado el tratado de Newton, Robert Hooke escribe un informe donde lo criticaba por superficial y cuestionaba sus conclusiones. Comenzaba así entre ambos un enfrentamiento que duró hasta la muerte de Hooke en 1703.

Hooke poseía enormes dotes intelectuales y un temperamento sumamente inestable. Tenía una gran presencia e intuición creativa, pero carecía de los poderes de abstracción y la capacidad analítica necesarios para transformar sus más prometedoras visiones en principios concretos. Dolorosamente consciente siempre de más cosas de las que podía probar, observó durante toda su vida cómo sus contemporáneos cosechaban el terreno que él había preparado¹⁷.

No hay ningún registro de que Hooke llegara a graduarse de bachiller (fue nominado para maestro en artes en 1663) pero su llegada a Oxford no hubiera podido estar mejor sincronizada. Se unió al grupo en torno al cual se cristalizaría la Royal Society, un conjunto mucho mayor de figuras científicas que el que recibió a Newton en Cambridge. Thomas Willis, uno de los miembros del club de Oxford para quien primero trabajó Hooke como ayudante científico, le presentó a Robert Boyle poco después de la llegada de este último a Oxford. Se hicieron amigos y Hooke aceptó la oferta de Boyle de convertirse en su ayudante a sueldo, posición que mantuvo hasta finales de 1662, cuando, con la influencia de Boyle, fue nombrado encargado de experimentos para la Royal Society.

Una de las grandes debilidades de Hooke era siempre afirmar más de lo que podía demostrar, pero no puede negarse que sus contribuciones a la ciencia de la época fueron múltiples y variadas. Tan sólo cuando su salud empezó a empeorar rápidamente y el contacto con sus colegas fue disminuyendo, los poderes creativos de Hooke mermaron.

¹⁷ La imagen de Hooke, una figura de primera magnitud, se ha visto empujada por la proyectada por Newton: el genio indiscutible de la naciente ciencia moderna.

Hooke y Newton eran producto de similares experiencias infantiles y juveniles desgraciadas: delicada salud, pérdida de los padres y una creatividad extraordinaria. Aquí, sin embargo, parece terminar la similitud. Mientras que Newton prefería el aislamiento y la libertad intelectual de una ciudad universitaria como Cambridge, Hooke, más sintonizado culturalmente, se recreaba en el renacimiento de una gran metrópoli como Londres¹⁸.

También sus métodos de trabajo eran diametralmente opuestos. Hooke anteponía la experimentación a la estructuración de sus teorías y aceptaba que el avance del conocimiento científico exigía el trabajo conjunto de muchos hombres. Newton, por el contrario, fue siempre partidario del trabajo individual y la experimentación fue más que todo una confirmación de las teorías de las que ya estaba completamente convencido.

Newton reaccionó inmediatamente a los cuestionamientos de Hooke a su trabajo. Le llevó solamente un día redactar una breve y, para él, más bien blanda respuesta a la críticas de su colega. Le prometió a Oldenburg una respuesta más detallada en fecha posterior. Por el momento se sentía satisfecho afirmando que Hooke no había ofrecido ninguna prueba palpable para refutar su premisa esencial. Cometió el error, pese a todo, de afirmar sin pruebas que la luz respondía a la descripción corpuscular. Hooke, partidario del modelo ondulatorio lo rebatió contundentemente y exigió una demostración palpable de los planteamientos de Newton, pero este no accedió a la polémica y prefirió guardar silencio.

Para Newton, el período que precedía a una publicación era siempre de desmoronamiento de su imagen. Para apoyar su frágil ego y mantener sus sentidos en equilibrio, redactó múltiples copias de su respuesta a Oldenburg sobre las críticas de Hooke. Decidió rechazar la advertencia de Oldenburg de no utilizar el nombre de Hooke y comenzaba su escrito de una manera no menos condescendiente que la asumida por Hooke en la crítica de sus estudios ópticos: "Debo confesar que a la primera recepción de esas consideraciones me sentí un poco turbado al encontrar a una persona tan preocupada por una hipótesis, de la cual en particular esperaba un examen indiferente y despreocupado de lo que yo proponía". Luego se inicia el auténtico ataque:

"Lo primero que ofrece es lo menos agradable para mí, y empiezo con ello precisamente por ese motivo. El señor Hooke parece preocupado en reprenderme por dejar de lado los pensamientos de mejorar la óptica por refracción. Pero sabe muy bien que un hombre no puede prescribir reglas a los estudios de otro, especialmente no sin comprender el terreno que pisa. Si me hubiera hecho la gentileza de remitirme una carta privada, hubiera podido ponerle al corriente de mis éxitos en las pruebas que he realizado al respecto, que debo decir ahora que han sido menos de los que a veces esperaba, y quizás menos que las que él espera ahora"¹⁹.

¹⁸ Incurable amante de los dulces e insomne de por vida, Hooke adoraba la charla en los cafés, donde engullía prodigiosas cantidades de "chocolati", y cenaba en cualquiera de las muchas tabernas existentes, entreteniéndose a menudo con algún amigo delante de una copa hasta altas horas de la madrugada. Newton, al cenaba, lo hacía normalmente a solas en sus aposentos, y casi nunca visitó una taberna después de ser nombrado profesor lucasiano. Hooke tuvo varias amantes incluida Jane, la coqueta y adúltera hija de su hermano, de quien registraba los orgasmos en su Diario bajo el símbolo astrológico de Piscis. De la vida sexual de Newton, si existió, no se sabe absolutamente nada.

¹⁹ *The Correspondence of Isaac Newton*. Ed. por Turnbull, Scott, Hall y Tilling. Cambridge, Inglaterra 1977. vol. I, p.171. Citado en G.E.Christiansen. *Newton*. Ed. Salvat. México. 1986. p.191

A lo largo de todo el documento, Newton trató a Hooke como un agente provocador, adjudicando a cada una de sus afirmaciones la más baja interpretación, negándose a creer que lo había hecho por otra cosa que no fuera el más vil de los motivos.

Desesperado ya de conseguir la aprobación de Robert Hooke a su teoría de la luz, Newton, con Oldenburg como agente suyo, había conseguido reclutar solamente a un importante aliado entre las filas de la comunidad científica internacional: Christian Huygens. Ahora, a principios de 1673, incluso este mínimo apoyo estaba dando muestras de un inminente colapso.

Tras una primera lectura del ensayo de Newton en la primavera de 1672, Huygens había definido su contenido como "altamente ingenioso". Unos meses más tarde, comunicaba de manera por demás entusiasta a Oldenburg: "Confieso que hasta este momento me ha parecido muy probable, y el *experimentum crucis* (si lo he comprendido enteramente, porque está escrito en una forma un tanto oscura) lo confirma perfectamente". Pero en septiembre de aquel mismo año la confianza de Huygens en la doctrina de los colores había comenzado a desmoronarse. Puesto en comunicación con Newton, Huygens escribió: "Lo que habéis publicado en vuestros últimos periódicos del señor Newton confirma aún más su doctrina de los colores. No obstante, la cosa podría ser muy bien de otra manera, y me parece que va a poder sentirse satisfecho si lo que ha adelantado es aceptado como una hipótesis probable".

En 1673 Huygens ya cuestiona frontalmente los planteamientos de Newton: "...aunque ha encontrado su hipótesis, no nos ha explicado hasta ahora en qué consiste la naturaleza y diferencia de los colores, sino solamente el accidente (que ciertamente es muy considerable) de su diferente refrangibilidad"²⁰.

En franca retirada del enfrentamiento con sus contemporáneos, comportamiento que repetiría toda su vida, Newton escribe a Oldenburg en marzo de 1673 manifestando su deseo de abandonar la polémica respecto a su teoría y planteando incluso su deseo de renunciar a la Royal Society. Oldenburg logró apaciguar un tanto al filósofo y no se comentó más la idea de la renuncia pero se interrumpió el debate sobre los colores.

Para 1675 Newton estaba preocupado por obligaciones más terrenales. Según la tradición de las universidades de la época para estos momentos Newton, como profesor becario, estaba obligado a tomar los votos sagrados. Esta decisión, que fue adoptada por Wickins y la mayoría de sus colegas, significaba un grave conflicto para un hombre que en el fondo era un convencido antitrinitarista. En febrero de ese año fue a Londres a tratar de conseguir del rey una resolución expresa que le permitiera conservar su calidad docente sin tener que tomar los hábitos. Finalmente obtuvo esta autorización de Carlos II, como una gran deferencia a una persona de su nivel intelectual.

En 1676 Newton recibe, por primera vez, una carta directamente de otro científico, es decir sin pasar por un intermediario como Oldenburg o Collins. Se trataba de una carta de Robert Hooke alabando sus planteamientos sobre la luz y los experimentos con prismas, pero reclamando para

²⁰ *Philosophical Transactions*. VIII [1673]: 6086 citado en G.E.Christiansen. *Newton*. Ed Salvat, México. 1986.p.200

él la paternidad del descubrimiento. En estos primeros contactos también Newton se muestra muy conciliador y respetuoso de los planteamientos de Hooke.

Para el otoño de 1677 muere Oldenburg y su puesto en la Royal Society es ocupado justamente por Hooke. De ahí en adelante la relación entre ambos filósofos adoptó un carácter oficial y cada vez más áspero.

En 1679 otro acontecimiento estremece la vida de Newton, la muerte de Hanna, su madre, después de una penosa enfermedad, en la que Newton estuvo a su lado hasta el último momento.

De las cuatro personas más cercanas a Newton en la década de 1670, tres habían muerto para fines de ésta: Oldenburg, Barrow y Hannah. Sólo quedaba su compañero Wickins, pero éste abandonó Cambridge, después de haber vivido con Newton casi dos décadas, a principios de 1683 para irse de rector al pequeño poblado de Stoke Edith. Newton no volvió a saber de él.

En la búsqueda de un ayudante que pudiese sustituir a su antiguo compañero, Newton recibió en ese año a Humphrey Newton, uno de los mejores alumnos del doctor Walker, sucesor de Henry Stokes rector del King's School en Grantham²¹.

Para fines de 1679 llega a Cambridge como alumno Charles Montague, sobrino del futuro decano. Se convirtió en un buen amigo de Newton y fue muy importante para él años más tarde. El joven subió rápidamente en la escala social de la época, sirvió posteriormente en el Parlamento junto al filósofo y es la figura crucial para la entrada de Newton a la Casa de Moneda años más tarde. Fue así mismo el extraño amante de Catherine Barton, sobrina de Newton.

III.V La publicación de los *Principia* (1680 - 1690)

Hacia principios de 1684 Edmund Halley estaba muy interesado en discutir con sus colegas su teoría de que la fuerza interna de atracción entre los planetas y el Sol disminuye en proporción inversa al cuadrado de la distancia entre ellos. El planteamiento fue bien recibido por varios de ellos, como Robert Hooke y Christopher Wren, que incluso afirmaba haber llegado a semejantes conclusiones de forma independiente. El problema residía en encontrar la manera de demostrarlo, Wren aceptaba su incapacidad para resolverlo y pidió a Halley o a Hooke que dieran una demostración convincente. Hooke aceptó rápidamente el reto, afirmando que ya tenía los elementos necesarios para la demostración, pero que esperaría un poco antes de revelarlos. Sin embargo, pasaron los meses y no pudo dar una solución final al problema.

Ansioso de hallar una respuesta, Halley decidió recurrir a Newton. Fue personalmente a visitarle en Cambridge, en mayo de ese mismo año. Después de pasar cierto tiempo juntos Halley le preguntó a Newton cuál pensaba que debía ser la curva descrita por los planetas, suponiendo que la fuerza de atracción hacia el Sol fuera recíproca al cuadrado de la distancia de él. Newton contestó inmediatamente que se trataría de una elipse y que lo sabía porque lo había calculado.

²¹ La figura de este homónimo del famoso filósofo no parece haber sido de gran aporte para el mismo y se ha prestado para innumerables confusiones entre los historiadores.

No pudo, sin embargo, encontrar entre sus papeles sus cálculos, pero prometió rehacerlos y enviárselos a Halley.

Newton reemprende así las investigaciones que había abandonado en 1680 a raíz de la disputa con Hooke. La labor y los cálculos le llevaron varios meses y pasó gran parte del tiempo trabajando en un tratado de nueve páginas, cuyo origen pudo haber sido anterior al contacto con Halley, titulado *De motu corporum in gyrum* (*Del movimiento de los cuerpos que giran*), que le fue entregado a Halley en noviembre de 1684.

Halley, consciente de la magnitud de lo que tenía entre manos, pidió permiso para informar a la Royal Society del trabajo y fue nuevamente a Cambridge a principios de diciembre a obtener la aprobación de Newton.

No se entretuvo en Cambridge ni un día más de lo necesario y regresó rápidamente a Londres para presentar la obra en la sesión de la Royal Society del 10 de diciembre. La presentación tuvo una calurosa acogida y se insistió a Halley en lograr que Newton los mantuviese al tanto de todo adelanto en el tema.

Newton se retiró más de lo habitual del mundo que lo rodeaba, como una anticipación consciente de la gran batalla que le esperaba. No se movió de la universidad por más de un día. Ahora que estaba sobre el tema que había bordeado toda su vida, el *De motu* pasó de ser un fin en sí mismo, a ser un simple escalón al gran planteamiento.

El breve intercambio de cartas con Flamsteed, el astrónomo real, diciembre de 1684, proporciona indicios significativos de la revolución en sus pensamientos. En contraste con lo que sería su relación posterior, el intercambio entre ambos científicos fue prolífico y amigable, mostrándose Flamsteed gustoso de aportar datos a tan trascendental teoría.

Newton deseaba saber, sobre todo, la posición exacta de las dos estrellas fijas a los pies de la constelación de Perseo en relación con el última cometa observado, que databa de 1680. El observador real envió inmediatamente los datos y supuso, con razón, que Newton estaba pensando seriamente en replantear la teoría clásica de los cometas.

Pidió, así mismo, datos exactos sobre las órbitas de Saturno y Júpiter, sospechando que las tablas definidas por Kepler tenían un error. Flamsteed fue capaz de demostrar que la órbita de Saturno variaba efectivamente en una forma coherente con los cálculos de Newton.

En 1686, gracias a la pertinaz insistencia de Halley, Newton publica finalmente su obra maestra, los *Principia*. Aun hoy a la luz de la historia es difícil apreciar la magnitud del planteamiento newtoniano. El hecho de concebir una ley válida para todos los cuerpos del universo, es una de las ideas más profundas que haya cruzado nunca una mente.

En los momentos previos a la publicación de los *Principia* los ataques de Hooke y sus reclamos de prioridad sobre los planteamientos de Newton se hicieron más intensos. Hooke veía con dolor

cómo muchas de las ideas que desde hacía años él había incubado, daban crédito e inmortalidad a Newton.

Newton, a su vez indignado, hizo algo propio de su rencoroso temperamento. Revisó todo el manuscrito, justo antes de su publicación, y quitó todas las ya pocas referencias a Hooke, negándole todo el mérito reclamado.

Cuando el enfrentamiento estaba más candente, Halley tomó franca partida por Newton y exigió a Hooke una demostración irrefutable sobre la paternidad de sus ideas, cosa que claramente el filósofo no pudo ofrecer. Se preocupó personalmente de acelerar la publicación utilizando varias imprentas simultáneas para su edición por partes. El 5 de abril de 1686 informó a Newton que la última parte de su "divino tratado" había llegado el día anterior a sus manos. La obra cúspide de una de las mentes más prodigiosas de la historia era entregada al mundo.

Demasiado tímido o reservado para distribuir personalmente los veinte ejemplares de presentación de los *Principia* que le había proporcionado Halley, Newton asignó a Humphrey la tarea de entregarlos a sus colegas y catedráticos de las facultades. Tuvo, así mismo, la cuidadosa colaboración de Halley que se preocupó de enviar un ejemplar especial, con todo un resumen simplificado de la obra al rey Jacobo II.

Podríamos decir que en un principio la reacción ante la obra de Newton fue bastante buena, aunque el problema fundamental radicaba en la altísima complejidad del tratado, incluso para las mentes eruditas de la época.

Muy pocos tenían realmente la habilidad matemática para poder comentar a conciencia los nuevos planteamientos. Vale la pena señalar el caso de Leibnitz que, aunque cuestionaba la paternidad de la herramienta matemática de Newton, el cálculo, no pudo dejar de reconocer la magnitud de la obra.

A mediados de la década de 1690 muchos de los más renombrados virtuosos europeos se habían unido a las filas de los auténticos creyentes en la teoría de Newton. Un comentario del notable matemático francés, el marqués de L'Hôpital, dirigido al doctor John Arbuthon es claramente indicativo del asombro que causó la genialidad del filósofo natural inglés: "¿Come y bebe y duerme (Newton), es como los demás hombres?"

III.VI Los últimos años en Cambridge. La figura de Nicolas Fatio (1690 - 1696).

Nicolas Fatio, veintinueve años más joven que Newton nació en Basilea el 16 de febrero de 1664. Antes de cumplir dieciocho años ya había impresionado a Domenico Cassini, director del observatorio real de París, con un método de calcular la distancia de la Tierra al Sol y su explicación de la forma de los anillos de Saturno.

Llegó a Inglaterra con una carta de presentación para la Royal Society extendida por Henri Justel, notable erudito y filósofo parisino. Fue admitido formalmente en junio de 1687.

Acostumbrados a un Newton indiferente o despreciativo ante sus contemporáneos, la primera carta entre ambos, que data de octubre de 1689, y que está escrita de puño y letra de Newton, no deja de sorprender: "Yo... me sentiré muy contento de compartir alojamiento con vos. Traeré mis libros y vuestras cartas conmigo"²².

Newton partió hacia Londres el 10 de marzo de 1690 y pasó el siguiente mes en compañía de su joven admirador. Tenían mucho que discutir aparte del Tratado de Huygens. Basándose en los *Principia*, Fatio esperaba dilucidar la auténtica causa física de la gravedad, mientras que Newton se había limitado a su demostración matemática.

Informó a Huygens que "no sé de nadie que comprenda tan bien y tan completamente una buena parte de ellos (los *Principia*) como yo". Fatio estaba ansioso de supervisar una segunda edición de la obra de Newton agregando gran cantidad de material nuevo.

Fatio partió hacia los Países Bajos en primavera, y permaneció allí la mayor parte de los quince meses siguientes en compañía de Huygens. Tras no saber nada del joven suizo durante más de medio año, Newton no pudo reprimir su ansiedad y preguntó por su amigo en una carta de octubre de 1690 a Locke. Procedente de cualquier otra persona, esto hubiera parecido un asunto de poca importancia, pero Newton casi nunca preguntaba sobre sus amistades, no importaba lo eruditas o influyentes que fueran. Fatio regresó a Londres a principios de septiembre de 1691 y Newton abandonó Cambridge por una semana para reunirsele.

Fatio efectuó al menos un par de visitas a Newton en el año 1691, antes de redactar una estremecedora carta el 17 de noviembre a Newton: "Sir, casi no tengo esperanzas de volver a veros de nuevo. En mi último viaje a Cambridge pillé un enfriamiento tan tremendo que se ha apoderado de mis pulmones... Si debo marcharme de esta vida desearía que mi hermano mayor, un hombre de extraordinaria integridad, pudiera sucederme en vuestra amistad. Todavía no he llamado a ningún médico"²³.

Newton redactó apresuradamente una respuesta más patética que cualquier otra cosa que hubiese escrito nunca: "yo... recibí la pasada noche vuestra carta, y me siento incapaz de expresar lo que me afectó. Ruego por que os procuréis el consejo y la asistencia de médicos antes de que sea demasiado tarde, y si necesitáis algún dinero yo os lo proporcionaré. Tomo nota de lo que me decís de vuestro hermano mayor, y si descubro que mi amistad puede serle a él de alguna utilidad contad que ya la tiene, y aunque espero que viváis aún mucho tiempo y podamos hablar de nuevo de ello, hacedme saber cómo puedo mandaros una carta y, si es necesario, algún otro paquete, en el lamentable caso de lo peor... Vuestro más afectuoso y fiel amigo que os sirve, Is. Newton"²⁴.

Sea cual fuere el verdadero mal que aquejaba a Fatio, para fines de ese año ya se encontraba repuesto y planeaba regresar a Suiza. Esto también preocupó tremendamente a Newton. En enero de 1692 el filósofo inglés escribió a su amigo: "Me temo que el aire de Londres conduce a

²²The Correspondence of Isaac Newton. Op. cit. 374

²³Ibid. p. 230

²⁴Ibid. p. 231

vuestra indisposición y en consecuencia desco que os marchéis y vengáis aquí tan pronto como el clima os permita emprender el viaje."²⁵

Fatio respondió que debía volver a su casa porque su madre acababa de morir y tenía asuntos que arreglar, que si el dinero que recibiría de herencia se lo permitía pensaría en la posibilidad de irse a vivir a Inglaterra y "principalmente en Cambridge, y si vos deseáis que venga a vuestro lado por otras razones más que las simplemente relacionadas con mi salud y el ahorro de mis cargas [los gastos de mantenerse], estoy dispuesto a hacerlo; pero en ese caso desearía que fuerais claro en vuestra próxima carta."²⁶

Desde sus diecinueve años Newton se había visto confinado a las compañías masculinas. Al parecer, la única mujer que vio regularmente en su vida fue su ama de llaves. Debido a que tenía prohibido por los estatutos tomar esposa, sus naturales impulsos sexuales tenían que ser o reprimidos o satisfechos fuera del estado conyugal.

Parece muy poco probable, dados sus inflexibles escrúpulos, que frecuentara prostitutas, pese a que Cambridge y Londres ofrecían amplias oportunidades de hacerlo. Voltaire recibiría años más tarde del doctor Richard Mead, el médico y confidente de Newton en su vejez, la confesión de que su paciente no había violado jamás la castidad.

Así, excepto por John Wickins, Newton había carecido completamente de afectos adultos hasta que conoció a Fatio de Duillier. El acelerado nivel de acercamiento entre ambos y el tono melodramático de la correspondencia entre ambos hace pensar que Newton llegó a sentir una especie de amor platónico por su joven admirador.

El año de 1693 fue terrible para Newton. Cuando el joven enfermó, también Newton empezó a sufrir trastornos. Informó a Pepys de que su insomnio y falta de apetito habían durado un año. Significativamente, la noticia de la enfermedad Fatio llegó en una carta fechada el 17 de noviembre de 1692, mientras que la carta de Newton a Pepys anunciando su propia aflicción está fechada el 13 de septiembre de 1693.

Finalmente Newton se enderezó y repuso, pero Fatio, que no era ni tan dotado intelectualmente ni tan fuerte emocionalmente como su ídolo, nunca recuperó el equilibrio por completo.

Por desgracia, la noticia de la rápida recuperación de Newton se difundió menos rápidamente que algunos rumores referentes a su trastorno temporal. Huygens oyó decir que la "locura" de Newton había durado dieciocho meses, y que había sido protegido por sus amigos para evitar que se dañara a sí mismo. "Es un hombre perdido, escribió a su hermano en mayo de 1694, y, por decirlo de algún modo, muerto para la investigación, o al menos así lo creo, lo cual es muy deplorable."

²⁵ibid p.232

²⁶ibid p.232

Huygens proporcionó a Leibnitz la misma información, y debió sentirse sorprendido y considerablemente aliviado al saber por su respuesta que su inteligencia no había resultado dañada.

Ya completamente restablecido, Newton retomó con la misma fuerza que era su costumbre, su trabajo. Es una prolífica época en su producción en torno a temas teológicos, donde escribe *An Historical Account of Two Notable Corruptions of Scriptures*, un profundo cuestionamiento al principio de la Santísima Trinidad.

Paralelamente, se abocó a terminar con los detalles de su teoría sobre la luna, que debía quedar completa para la reedición de los *Principia*.

Para lograr este cometido requería indispensablemente de una serie de datos sobre observaciones astronómicas que sólo una persona podía darle: Flamsteed, el astrónomo real, a quien acudió exigiendo estos datos para poder terminar su trabajo.

El astrónomo envió a Newton el borrador de muchos de sus datos y recordó a su obstinado amigo que las observaciones lunares de confianza debían aguardar a la terminación de su catálogo estelar, porque la posición de la Luna debe medirse contra las estrellas fijas.

Nada, excepto la inminente perspectiva de su propio fracaso, puede justificar la ofensiva respuesta de Newton de julio de 1695:

"Después de haberos ayudado en tres grandes trabajos en los que os habíais encallado, [...], y de haberos comunicado en todas esas cosas el resultado correcto (hasta donde era capaz de calcularlo), de más valor que muchas observaciones, y que (en uno de ellos) me costó más de dos meses de duro trabajo... me disteis esperanzas, y sin embargo cuando me puse a la tarea no vi perspectivas de obtenerlas o de conseguir vuestras sinopsis rectificadas..."²⁷

Fue tal el tono de queja y de disculpa de Flamsteed en su respuesta, que Newton se sintió temporalmente ablandado y escribió una respuesta conciliadora.

Como queda reflejado en la menguante correspondencia, Newton empezó a perder repentinamente interés por la Luna a fines del verano de 1695. Escribió en septiembre al astrónomo para decirle que no había tenido tiempo de seguir trabajando en el tema y, aunque jamás perdonó a Flamsteed, dejó de presionarlo. Este languideciente contacto fue sustituido por un revitalizado intercambio con Halley, el primero después de la publicación de los *Principia*.

Para finales de 1695 los whigs habían retomado el control del Parlamento y Charles Montagne, ahora una de sus principales figuras, se encontraba en posibilidades de ayudar a su susceptible amigo.

²⁷Ibid p.143

Repentinamente se abrió una nueva etapa en la vida de Newton; el ofrecimiento de un importante puesto en la Casa de Moneda en Londres lo haría dejar la filosofía para volver a incursionar, temporalmente, en la vida política de Inglaterra. Newton no esperó siquiera a redactar una carta de formal aceptación; el 23 de marzo de 1696 lo halló en la carretera, camino a Londres y a su tanto tiempo esperada audiencia con el rey Guillermo III.

Capítulo IV: La vida en Londres.

IV.1 La reforma monetaria en Inglaterra.

La Inglaterra de finales del siglo XVII, floreciente en industria y en cultura, distaba mucho de tener un sistema monetario acorde con su desarrollo. La imagen de la vieja de ojos acuosos que prueba cada moneda que toca pasando los dedos por todo su borde y luego le clava los dientes, tiene una sólida base en los hechos históricos.

El negocio del recortado y falsificación de monedas exigía más perseverancia y osadía que habilidad. Era un antiguo, aunque poco noble oficio, que se volvió una seria amenaza para el sistema monetario inglés.

Cualquier individuo podía, con una lima, recortar o limar pequeñas cantidades de plata del borde de una moneda. Luego disimulaba su trabajo frotando el metal recién expuesto con algún empañante antes de volver a poner la moneda alterada en circulación, que era sometida a nuevas mutilaciones por otros.

El desarrollo de esta actividad criminal estaba provocado por el rudimentario sistema de acuñación existente en Inglaterra hacia fines de 1662. Un número específico de pedazos, tan uniformes en tamaño y peso como era posible, eran cortados de un lingote de una libra. Esos pedazos eran aplanados y trabajados en yunques hasta darles una forma aproximadamente circular. Cada disco era entonces aplastado entre un cuño y un molde mediante varios martillazos, de modo que la doble impresión resultara visible. El exceso de metal en los bordes era limado, y la moneda recién acuñada quedaba lista para circular.

Desgraciadamente el trabajo se hacía a menudo de una forma deseuidada y frecuentemente ocurría que la acuñación quedaba descentrada. Hasta el reinado de Jacobo I (1603-1625) no se aplicaba ningún estándar de peso a cada moneda y a los acuñadores se les permitía un margen de error inapropiadamente llamado "el remedio", que correspondía al peso de dos peniques por lingote de una libra, una tolerancia lo suficientemente generosa como para desanimar todos los intentos, con excepción de los más toscos, de control de calidad.

La mayor parte de las monedas en circulación en vísperas de la llegada de Newton a la Casa de la Moneda, o bien eran más ligeras de lo que correspondía o eran falsificaciones hechas de otros metales (plomo, cobre, estaño y bronce).

A diferencia de lo que ocurría en Inglaterra, en el Continente se había instrumentado desde hacía años un método mecánico de acuñación. Francia estaba a la vanguardia en esta tecnología y desde 1639 utilizaba una técnica desarrollada por Pierre Blondeau que finalmente fue aplicada en Inglaterra a finales de 1662.

El nuevo sistema de acuñación era muy superior en eficacia al método manual hasta entonces vigente, pero el problema fue no sacar de circulación las viejas monedas. Esto provocó que todas las recién acuñadas desaparecieran rápidamente para acabar en los crisoles de orfebres y falsificadores que seguían fabricando monedas del viejo estilo aún válidas.

La situación de la economía inglesa no sólo no mejoró sino que se vio profundamente golpeada por el inicio de una guerra con los Países Bajos en 1691. Las arcas de la corona tenían ahora que enfrentar además los enormes costos de la guerra.

Pasaron más de treinta años desde el inicio de la reforma monetaria en 1662 para que finalmente Montague, basado en las recomendaciones de William Lowndes, Secretario del Tesoro y John Locke, un reconocido y prestigiado filósofo y político, lograra convencer al Parlamento de aprobar las leyes que permitieron legislar la salida de las viejas monedas de circulación y su reacuñación con nuevos métodos.

IV. II Inspector en la Casa de Moneda. (1696 - 1700)

Nombrado inspector de la Casa de Moneda, Newton llega a Londres en marzo de 1696. El sacrificio de cambiar el reposado ritmo de vida de Cambridge por la agitada y cosmopolita vida de Londres, uno de los focos económicos y culturales más importantes de la época, debió verse atenuado por el sosiego y aislamiento que permitían las atribuciones de su nuevo trabajo.

Sin embargo, Newton no tenía intenciones de mantener sólo simbólicamente su cargo. Desde el primer día se dedicó a sus labores en cuerpo y alma. La gran reacuñación estaba en su momento cuspide y la salida definitiva de la circulación de las viejas monedas implicó, además de todo un desajuste en la economía nacional, una tremenda sobrecarga de trabajo para la Casa de Moneda. Su tenacidad pronto le trajo mayores responsabilidades y fue reconquistando el inmenso poder que en otras épocas tenía el puesto de inspector, subordinado ahora al controlador y al director general.

La falta de circulante era tal que se impulsó el proyecto de abrir varias delegaciones de la Casa de Moneda en diferentes ciudades del país pero los problemas burocráticos y la corrupción que enfrentaron la mayoría de ellas, minaron fatalmente el éxito del proyecto.

Newton, que como Inspector tenía la autoridad para seleccionar estas delegaciones y sus responsables, tuvo la oportunidad de pagar una vieja deuda. Aseguró el cargo de controlador delegado en la Casa de Moneda de Chester a Edmond Halley en agosto de 1696.

Para el verano de 1697 Newton ya había entrado en conflicto directo prácticamente con todos aquellos que amenazarán su creciente poder: el director, el Lord lugarteniente de la Torre, el controlador y la corporación de acuñadores. En la mayoría de los casos había chocado con los vicios y la corrupción que en el pasado se habían tolerado y que él estaba resuelto a combatir.

Sin embargo, al margen de las funciones y responsabilidades que poco a poco fue socavando de sus colegas, la verdadera y claramente definida labor del inspector de la Casa de Moneda era

perseguir y encarcelar criminales dedicados al recorte y falsificación de moneda. Ante el fracaso de sus intentos por librarse de esta tarea, Newton decidió enfrentarla con la constancia con la que se abocaba a todos sus grandes retos. Entre 1697 y 1699 organizó y dirigió una intrincada red de agentes e informantes expresamente dedicada a perseguir el delito.

Si bien la reacuñación había detenido a los recortadores, los falsificadores seguían aún desequilibrando el precario estado financiero de la nación. Personalmente asistía y dirigía muchos de los interrogatorios de criminales e incluso solicitó y recibió 120 libras de reembolso por "alquiler de carruajes y asistencia a tabernas y prisiones y otros lugares cuya relación me es imposible hacer por motivo de juramento."¹

En total, se calcula que Newton estuvo directamente involucrado en la captura de más de cien falsificadores. De entre sus innumerables aventuras en esos días sobresale la persecución del más célebre falsificador y chantajista de la época: William Chaloner, que hace recordar las peripecias del Sherlock Holmes de Doyle tras su acérrimo enemigo el Dr. Moriarty. Después de más de dos años de infructuosos esfuerzos, finalmente Newton logró recopilar las pruebas necesarias para enjuiciar a Chaloner, que fue ahorcado el 22 de marzo de 1699.

En 1697 se produce uno de sus tantos altercados con Leibnitz en el marco de su discutida paternidad sobre el cálculo y uno de los agrios enfrentamientos con varios de los reconocidos filósofos y pensadores de la época. J. Bernoulli, profesor de matemáticas en Basilea, lanza un desafío a las más grandes mentes del momento para resolver dos problemas de índole matemático que son enviados de manera directa a diferentes destinos en Inglaterra y el continente.

El primero es el problema de la braquistócrona: determinar la curva por la que desciende más rápidamente un cuerpo bajo la acción de su propio peso, de un punto dado a otro. El segundo requería que se hallara una curva en tuviera la propiedad de que la suma de dos segmentos cualesquiera de una línea recta trazada para interceptarla, elevada a cualquier potencia, permaneciera constante.

Leibnitz entregó la solución al primer problema y pidió que se insistiera a otros filósofos a aportar sus planteamientos. Bernoulli envió incluso los dos problemas a las *Philosophical Transactions* para enfatizar en su solución. Muchas de las mentes más brillantes del momento intentaron dar una respuesta pero no pudieron escribir nada o sus demostraciones eran equivocadas².

Leibnitz y Bernoulli estaban lejos de hacer este planteamiento sólo por fomentar la comunicación entre los científicos de la época. Su idea de fondo era demostrar que Newton, aparentemente retirado de la investigación y concentrado ahora en asuntos más mundanos, debía ceder su lugar como "la más grande mente del siglo XVII" a alguno de los filósofos del continente.

¹The Correspondence of Isaac Newton. Op.cit.p. 317

²Varignon y L'Hôpital en Francia, Wallis y David Gregory en Inglaterra fueron algunos de ellos.

De acuerdo a las fechas, Newton, reticente como siempre al enfrentamiento pero capaz de vislumbrar una solución matemática con más claridad que nadie de su época, recibió la carta de Bernoulli el 29 de enero y redacta (!menos de 12 horas después!) una carta anónima que es enviada y publicada en las *Philosophical Transactions* de febrero de 1697 con la solución de ambos problemas.

La firma ni hizo falta para que Bernoulli reconociera la identidad de su autor. Más que admirado por la labor de Newton escribió en una carta a Basnage de Beauval que la precisión y calidad de las soluciones llevaban el sello distintivo de Sir Isaac Newton "de las garras del león"³

Lejos de sentirse satisfecho por haber dejado en claro su dominio también de los principios del cálculo infinitesimal, Newton siguió enfrentando a la mayoría de sus contemporáneos. Tuvo en esos mismos días otro enfrentamiento con Flamsteed.

Sin pensar siquiera en poder ofender a Newton, el astrónomo real había comentado en una de sus últimas publicaciones sobre la teoría lunar, que había estado en estrecho contacto con el filósofo inglés y que le habría proporcionado una serie de datos sobre sus mediciones que Newton pronto utilizaría para completar sus investigaciones sobre la Luna. Newton estalló en ira y arremetió violentamente contra Flamsteed acusándolo de ponerlo en evidencia pública y de crear la expectativa de unos resultados que ahora no podía producir. Flamsteed trató de apaciguar a su temperamental amigo pidiéndole mil disculpas por su intransigente comentario. Pasaron más de cuatro años antes de que Newton se dignara a volver a escribir una carta al astrónomo.

Pero no todo fueron enfrentamientos desagradables en estos días. Debe destacarse la aparición de una figura femenina muy positiva en la solitaria vida de Sir. Isaac. Se trata de Catherine Barton, hija de la hermanastra de Newton, Hannah Barton quien se trasladó a vivir con él alrededor de 1697.

Catherine vino a darle cierta frescura a la vida ermitaña de su tío. Aparentemente dotada de una gran belleza y un tremendo encanto personal, la joven causó revuelo entre varios de los conocidos y amigos del filósofo. En particular, Charles Montague, nombrado Lord de Halifax en 1700, quedó aparentemente muy impresionado por la sobrina de su amigo y algunas fuentes indican que entre ambos existió una relación más profunda. A su muerte, en 1715, Catherine heredó una cuantiosa fortuna. Dos años más tarde terminó casándose con Conduitt.

Sea como fuere, la etapa de Newton como inspector de la Casa de Moneda significó para él todo un cambio en la manera de relacionarse con el mundo y se vio obligado a aceptar, no siempre de buena gana, la cercanía de muchos de sus contemporáneos, sin poder ocultarse tras el manto académico de Cambridge. Finalmente, a la muerte de Thomas Neal, hasta entonces director de la Casa de Moneda en diciembre de 1699, Newton recibe esa dirección.

³ D.T. Whiteside. *The mathematical papers of Isaac Newton*. Inglaterra. 1980 v.VIII p.9, citado en G.E.Christiansen p. 449

IV.III La Royal Society. Flamsteed (1700 - 1710)

El inicio del nuevo siglo recibe a Newton cada vez menos atareado con las labores de la Casa de Moneda. Con la terminación de la gran reacuñación, las largas jornadas de trabajo de años anteriores dejaron lugar para el regreso a la filosofía. Con la muerte de Robert Hooke en marzo de 1703, desapareció el más agudo cuestionador de sus planteamientos filosóficos.

Hooke había servido a la Royal Society, como responsable de experimentos, miembro del consejo y secretario, por más de cuarenta años y su figura pesaba indudablemente entre la mayoría de los físicos y matemáticos reconocidos.

Pero pese a sus esfuerzos la Royal Society había decaído enormemente en los últimos años tanto en miembros como, sobre todo, en el nivel de las discusiones y los descubrimientos que de ella emanaban. Las largas disputas sobre física de otros años habían dejado paso a un sin número de intrascendentes descripciones sobre anatomía descriptiva de malformaciones biológicas, narraciones inverosímiles sobre viajes fantásticos y descubrimientos incomprometidos de elfixires maravillosos de poderes ilimitados.

Newton es elegido presidente de la Royal Society en noviembre de 1703 y su llegada vino a dar nuevos bríos a la institución. Presenta su, tantos años postergado, trabajo sobre óptica.

A diferencia de lo ocurrido con los *Principia*, la publicación de la *Óptica* no fue precedida por gran revuelo ni expectación. Junto con ella, salen a circulación otros dos escritos sobre matemática, tiempo atrás concluidos pero recientemente revisados: *De Cuadratura y Enumeración de líneas de tercer orden*. Escrita de una manera muy distinta al lenguaje oscuro de los *Principia*, la *Óptica*, publicada en inglés en lugar de latín, era una obra mucho más accesible a las mentes del momento.

En franco retorno al mundo intelectual de la época, Newton fue elegido nuevamente para el parlamento como uno de los dos representantes de la universidad, en noviembre de 1701. No tuvo una participación importante tampoco en esta ocasión, manteniéndose como partidario de los wighs y de Montague, su amigo y benefactor. La vida de este parlamento fue breve, con la muerte de Guillermo III en marzo de 1702 sube al trono la princesa Ana, que disolvió el parlamento dos meses más tarde. Newton fue invitado nuevamente a postularse pero prefirió no hacerlo, argumentando que deseaba concentrarse en sus trabajos e investigaciones. Años más tarde, en 1705, aprovechando un viaje de la corte a Cambridge, la propia reina Ana le nombra caballero, un reconocimiento social de gran importancia.

En el centro nuevamente de todas las miradas, Newton enlía su atención hacia el astrónomo real. Newton sabía que Flamsteed estaba preparando la publicación de la *Historia Celestis Britannica* (*Historia Británica de los Cielos*) que era un compendio de todas las observaciones realizadas por el astrónomo. Parte de esta información (el catálogo estelar) era crucial para concluir la teoría lunar que Newton deseaba incluir en la segunda edición de los *Principia*. Flamsteed a su vez.

requería de financiamiento para la publicación de la obra de su vida y vio, en el interés de Newton, la posibilidad de atraer su apoyo.

En abril de 1704, Newton visita Greenwich donde se entrevista con el astrónomo real y éste le presenta un bosquejo de lo que sería la obra. El grave error de Flamsteed consistió en subestimar el tiempo que requería para concluir sus observaciones. Concebía su obra en tres partes y proponía incluir el catálogo estelar en la última parte. A su vez, Newton estaba esencialmente interesado en esta parte, no en la obra completa del astrónomo. El problema de fondo era que Flamsteed no había terminado sus observaciones sobre las estrellas fijas y requeriría de varios años de trabajo para concluir las.

Newton logró el apoyo de la corona para financiar la publicación y se iniciaron los trabajos de impresión. Flamsteed entregaba por partes su trabajo, a Newton o a alguno de sus intermediarios y se producían innumerables disputas y enfrentamientos donde cada uno defendía su posición. Newton utilizó todos los recursos a su alcance para presionar a Flamsteed a entregarle las observaciones del catálogo estelar. Bloqueó la impresión de trabajo que ya se había iniciado, dejó de pagarle, lo desacreditó ante sus amigos, lo expulsó de la Royal Society. A su vez Flamsteed trataba de ganar tiempo a toda costa, entregó a Newton una versión incompleta del catálogo, prometiendo las correcciones para un futuro cercano. Hacia finales de 1707 tenía preparado todo el material previsto para el primer volumen con excepción del ansiado catálogo. La espera se prolongó durante años.

En 1706 se publica la segunda edición de la *Óptica*, a la que Newton agrega siete nuevas preguntas ya planteadas como colofón de su obra original. Esta edición se hace en latín permitiéndole llegar a toda la élite intelectual europea que todavía lo consideraba el lenguaje culto por excelencia. Una vez consolidada la difusión en Inglaterra recibiría innumerables reconocimientos de todo el continente⁴.

En 1711 encomienda a Halley terminar los datos inconclusos del borrador entregado por el astrónomo real, mientras él mismo obtiene los datos faltantes, sin siquiera notificar a Flamsteed.⁵

Una vez más utilizaría su poder, no importando sus costos, para satisfacer sus necesidades. Consiguió entonces que la reina Ana, una ferviente admiradora de su trabajo, lo nombrase en conjunto con algunos de sus más seguros defensores (entre ellos Halley) supervisores del Observatorio Real (o sea del trabajo de Flamsteed). Esto le permitía acceso a la información que Flamsteed ya tuviese elaborada. No pudiendo sin embargo dar con los datos requeridos de parte del astrónomo, obtiene una orden real para que Flamsteed tuviese que dárselos.

⁴Ese mismo año, Whiston, su discípulo y sucesor en Cambridge, publica las clases lucanas de Newton bajo el título de *Arithmetica Universalis*. Newton siempre se había opuesto a la publicación de estos escritos, pero los compromisos políticos adquiridos a cambio de apoyo cuando se postuló al Parlamento le obligaron a aceptar.

⁵Al ritmo de todos los enfrentamientos que tenía con sus colegas, Newton seguía concentrado en el impulso a la Royal Society. En septiembre de 1710 consigue la adquisición de un local especial para la Sociedad. Concentrado de lleno en sus propósitos, logra remover de sus cargos a todos aquellos que no le fuesen completamente leales. En 1713 sustituye como secretario de la sociedad a Sloane, un siempre conflictivo aliado, por Halley, de cuyo apoyo irrestricto jamás dudó. Para 1716 había logrado ya duplicar la cantidad de miembros de la Sociedad y tenía el franco apoyo de la corona para impulsar sus labores.

Éste veía cómo su trabajo de treinta años era ahora plagiado por su eterno adversario y colocado en manos ni más ni menos que de Halley, que por apoyar a Newton se había vuelto su enemigo confeso. Finalmente, en 1712 se publica la obra, en un sólo volumen, tal como Newton lo quería, con el catálogo estelar al principio.

Newton repitió a continuación una escrupulosa censura contra Flamsteed, como había hecho con la primera edición de los *Principia* para el caso de Hooke. Revisó cuidadosamente el borrador de su segunda edición quitando toda referencia al astrónomo, excepto la dedicada al cometa de 1680-81, haciendo un total de cincuenta eliminaciones.

Sin embargo, la justicia sonrió al final a favor de Flamsteed. En 1714 muere la reina Ana y con ella el mandato que hacía a Newton y sus amigos supervisores del Observatorio. Había cambiado la correlación de fuerzas en la corte y un buen amigo de Flamsteed, el duque de Bolton, ocupaba el importante puesto de Lord Chamberlain en el nuevo régimen. Logró de él la orden real de que le fueran devueltos los ejemplares no distribuidos de la edición que hizo Halley y en un singular ritual en Greenwich, los quemó.

Flamsteed muere el 31 de diciembre de 1719 sin ver todavía terminada su obra, que es concluida por dos de sus colaboradores y en 1725 la *Historia Coelestis Britannica* aparece finalmente en tres volúmenes, tal como soñó siempre que debía hacerlo.

IV.IV La disputa por la paternidad del cálculo con Leibnitz (1710-1717).

Después de largos años de postergación, y en vista de que no había podido lograr los tan anhelados datos que necesitaba de Flamsteed, Newton decide publicar la segunda edición de los *Principia* alrededor de 1710, encargando la titánica labor a Roger Cotes, profesor de astronomía y filósofo experimental. La obra salió finalmente a la luz pública en 1713. Estos días se vieron marcados, sin embargo, por el resurgir de la añeja polémica sobre la paternidad del cálculo diferencial con Leibnitz.

El conflicto entre estos dos grandes ha sido comentada por muchos historiadores. La conclusión de fondo es que la teoría de las fluxiones, como Newton llamaba al cálculo, fue realmente desarrollada primero por el filósofo inglés durante los años de la peste de 1665 a 1666 y descubierta, de manera independiente casi diez años después por el matemático alemán.

La incertidumbre al respecto fue provocada por Newton, siempre reticente a hacer públicos sus descubrimientos. Las bases sobre las ideas del cálculo habían sido planteadas por él en el *De Analysis*, que había enviado a Collins en 1669, sin embargo este tratado se publicó hasta 1711. Los planteamientos expuestos en la primera edición de los *Principia* en 1686 son bastante oscuros y no fue hasta 1705, cuando se publica su obra *De Quadratura*, cuando tuvo la oportunidad de hacer público un detallado desarrollo de su teoría del cálculo.

Este misterioso silencio abrió la puerta para que el matemático alemán trabajara por su cuenta en el desarrollo de la misma teoría. Seguramente Leibnitz leyó el *De Analysis*, sin embargo es un hecho indiscutible también que una teoría de esta magnitud, que vino a revolucionar la

matemática hasta el momento existente, es el resultado de un cúmulo de planteamientos e interrogantes planteadas por muchos de los filósofos y matemáticos de la época y no se puede hablar de que Leibnitz haya plagiado las ideas de Newton.

Sea como fuere, Leibnitz publicó su teoría del cálculo diferencial en las *Acta Eroditorum* (una publicación alemana del tono de las *Philosophical Transactions*) en 1684. El análisis detallado indica que el matemático alemán hizo sus descubrimientos casi diez años después que su par inglés, sin embargo su teoría fue llevada a la imprenta antes de que lo hiciera Newton.

Al enterarse de la publicación, Newton (que se encontraba justo afinando los detalles de la primera edición de los *Principia*) elaboró dos cartas (dos tratados sobre el cálculo diferencial) conocidos como la *Epistola a priori* y la *Epistola a posteriori*, reivindicando su primacía sobre el planteamiento y atacando a Leibnitz, dando inicio a un enfrentamiento que no se acalló el resto de sus vidas.

Una vez más, Newton dio paso a una encarnizada batalla que involucraría a la mayoría de los filósofos y matemáticos de la época y donde, como siempre, consiguió que aquellos que estaban cerca de él y que realmente lo admiraban, se enfrentaran a su rival con la misma ira que él⁶.

Cabe destacar que, pese a que Newton fue quien primero elaboró esta teoría, la elegancia y sencillez de la notación empleada por Leibnitz hicieron que su método sea el utilizado hasta hoy en cálculo diferencial, provocando que los matemáticos ingleses, fieles a la figura de su gran filósofo, se desfasaran de sus homólogos del continente por seguir la complicada notación de Newton.

Para 1712, Newton se había convertido en la luminaria indiscutible de Inglaterra y decide regresar al enfrentamiento con Leibnitz aprovechando el error de éste, de recurrir a la Royal Society para que juzgara sobre la prioridad del descubrimiento. El ganador se lo llevaría todo.

Un comité de la Sociedad fue designado en la sesión del 6 de marzo de 1712⁷. Newton, que había elegido personalmente a cada uno de los miembros, alardeó de que este era completamente imparcial. Sin embargo su control sobre éste era tan absoluto, que logró obtener el resultado de la investigación en un mes y medio. El informe final, que aún se conserva, está escrito de su puño y letra! La conclusión habla por sí misma:

"Por cuyas razones estimamos al señor Newton el primer inventor, y somos de la opinión de que el señor Keill, al afirmar lo mismo, no ha sido en ningún sentido injurioso al señor Leibnitz, y sometemos al juicio de la Sociedad todos los extractos de las cartas y documentos presentados

⁶ Fatio y Wallis fueron sólo algunos de los que se vieron envueltos en esta innecesaria guerra

⁷ Estaba formado por Arbuthnot, Hill, Halley, Jones, Machin y William Ilmet. Luego se agregaron Frederick Bonet, Aston, Taylor y de Moivre.

ahora junto con lo que sobre el mismo tema el doctor Wallis consideró que no valía la pena ser hecho público en su tercer volumen".⁸

Ya despejado el panorama en torno a Leibnitz, Newton se concentró en su tan anhelada segunda edición de los *Principia*. Se dedicó a hacer varias correcciones a algunos cálculos de la anterior edición así como enfrentar algunos de los tantos cuestionamientos que se hacían a su obra.

Christian Huygens había etiquetado su principio de gravitación como un "manifiesto absurdo". Al no tomar en cuenta la hipótesis del éter, la justificación de Newton de la causa de la atracción a distancia era equivalente a los planteamientos aristotélicos de las cualidades ocultas. La causalidad del mundo hacía impensable un universo donde las fuerzas se transmitieran en el vacío..

Newton nunca resolvió este dilema. Para él, esta enrucijada era evidencia inequívoca de la presencia omnipotente de Dios en el Universo, como el gran receptáculo causal de toda la armonía lógica que él había descubierto.

Finalmente estaba el nunca resuelto problema de la teoría lunar. La complejidad de la interacción gravitacional entre la tierra, la luna y el sol, exigían de precisas observaciones que él mismo no podía realizar y trató de obtener de Flamsteed infructuosamente. ¿Qué se podía hacer? No había más que dar exactitud a unos datos que no la tenían.

Newton recurrió a la hábil manipulación de sus sagrados datos experimentales, fingiendo un nivel de precisión matemática que era inalcanzable por los estándares científicos de su tiempo. No se trata de una traición al riguroso método científico defendido por él mismo, era necesario transmitir una teoría de la que estaba absolutamente convencido y, si para lograrlo era necesario arreglar un poco sus datos, no dudaría en hacerlo.

Finalmente en junio de 1713 Cotes notificó a Newton que el libro estaba completamente listo. Se habían editado más de ochocientas copias que se encontraban ya recorriendo toda Europa.

En los años subsecuentes la disputa con Leibnitz se mantuvo. La muerte de la reina Ana en 1714 y la ascensión de Jorge I, durante años mecenas de Leibnitz dio la coyuntura para nuevos y enconados enfrentamientos que volvieron a involucrar a muchos de los colaboradores cercanos de ambos genios. Finalmente la disputa fue decidida por el tiempo, como lo fue ante Hooke. En noviembre de 1716 fallece Leibnitz, justo a los setenta años.

IV.V Los últimos años. (1717 - 1727)

En 1717 aparece en la vida de Newton la figura de John Conduitt, un joven de treinta años, hijo de una rica familia de Hampshire. Había servido en la Armada y estando en España consiguió localizar el emplazamiento de Carteya, una ciudad perdida ocupada antiguamente por los

⁸ Diario de la Royal Society.

romanos. Este descubrimiento le valió una invitación a presentar un informe sobre su viaje en la Royal Society, donde tuvo la oportunidad de conocer al ya entonces anciano genio inglés.

Conduitt realmente logró acercarse a Newton por haber entablado un veloz romance con su sobrina, Catherine Barton, con quien se casó en 1717. Se trataba una vez más de un joven admirador que vino a apoyar a Newton en sus últimos años.

Tras la muerte de Leibnitz, el panorama de los rivales o detractores de Newton se había reducido enormemente, destacando la figura de J. Bernoulli. Este aún tuvo fuerzas para enfrentar nuevamente a su viejo enemigo, volviendo a desenterrar, una vez más, la famosa disputa sobre la paternidad del cálculo. Recurriendo al artilugio del anonimato, Bernoulli arremetió contra Newton y su historia de la disputa con Leibnitz, pero no tuvo mejor suerte que en otras épocas. Newton estaba ya cansado de este eterno enfrentamiento y su silencio acabó por cerrar la agria confrontación que durante décadas le había quitado el sueño.

Newton se dio a la tarea de publicar su tercera y definitiva edición de la *Óptica* en 1717, desarrollando una serie de nuevas preguntas que fueron agregadas y numeradas de la 17 a la 21. A esta edición siguieron otras dos traducciones, una al latín en 1719 y otra al francés en 1721.

En 1722 se abocó a reeditar los *Principia*, escogiendo en esta ocasión como editor a Henry Pemberton. De dotes mucho más limitadas que sus colegas de las ediciones anteriores, Halley y Cotes, Pemberton cumplió sin embargo con la labor encomendada, concentrándose más en correcciones de estilo que en cuestiones de fondo, limitado obviamente por un Newton incapaz ya, por su avanzada edad, de enfrentar una revisión detallada de sus cálculos. Finalmente la tercera y última edición de su más grande obra aparece en marzo de 1726, cuando Newton contaba ya 83 años.

Newton se concentró entonces en sus preocupaciones teológicas. Provocado por la publicación en 1725, sin su autorización, de un viejo manuscrito sobre un *Índice Cronológico de la Historia*, tuvo aún fuerzas para escribir un ensayo titulado *Comentario sobre las observaciones hechas sobre un Índice Cronológico* de Sir Isaac Newton, acusando al editor francés Guillame Cavalier de descontextualizar sus escritos y de haber impreso algo que era parte de un estudio mucho más profundo.

Cuando, años más tarde (1728), John Conduitt publica la obra completa bajo el nombre de *The chronology of Ancient Kingdoms Amended*, la profundidad de los ajustes históricos hechos por Newton quedó clara. Calculó que la expedición de los argonautas había tenido lugar aproximadamente el año 936 a.C., cuatro siglos y medio después de lo que señalaba la historia griega tradicional. Recortaba incluso grandes períodos de las cronologías del antiguo Egipto, Asiria, Babilonia y Media. Todos los imperios antiguos, observó, extendían vanamente su antigüedad. Más allá de lo significativo de sus cálculos, la preocupación por la historia de la humanidad y la religión dentro de ella se volvieron su quehacer fundamental, donde defendió sus principios antitrinitaristas como había realmente pensado, de manera secreta, toda su vida.

Cada vez más alejado de la vida social de otros años, fue dejando poco a poco sus labores tanto en la Casa de Moneda como en la Royal Society. Su salud comenzó a debilitarse a causa de dolencias en los riñones reduciéndolo casi al completo confinamiento. El último día de febrero de 1727 asistió por última vez a presidir la sesión de la Sociedad. Resentido por el viaje, recayó de sus afecciones al regreso a Kensington. Cayó en coma la noche del 18 de marzo y murió la madrugada del 20, a los ochenta y cuatro años.

Consecuente hasta el fin con sus ideas, se negó a recibir los ritos finales de la Iglesia. Al borde de la muerte no estaba dispuesto a abjurar del arrianismo de toda su vida. Después de ser velado, fue enterrado en la abadía de Westminster.

Capítulo V. Alquimia y Teología.

V.1 La dimensión de su legado alquímico y teológico.

A lo largo de toda su vida, Newton trabajó siempre en varios proyectos simultáneamente, elaborando decenas de borradores paralelos de cada uno de sus escritos. Evitó mientras pudo publicar sus obras tratando de ahorrarse las innumerables disputas y polémicas que cada una de ellas provocó. Por tanto, el caudal de sus trabajos era enorme en comparación con los contados escritos que salieron durante su vida a la luz pública.

Al morir Newton, el Dr. Thomas Pellet, miembro de la Royal Society, recibió de John Conduitt el encargo de revisar los documentos dejados por el filósofo para determinar cuáles debían ser publicados y cuáles no. Consecuente con los prejuicios intelectuales de la época y deseoso de mantener en alto la inmaculada figura de Newton, el Dr. Pellet descartó todos los escritos sobre alquimia y teología legados por Sir Isaac bajo el rubro de "No apto para la imprenta". Sólo recibió su aprobación la "Chronology of Ancient Kingdoms Amended", publicada por Conduitt, a la que ya hemos hecho referencia y que comentaremos más adelante.

Esta decisión mantuvo en la oscuridad gran parte de su obra por muchos años. Estudios posteriores han mostrado que sus escritos sobre teología y cronología totalizaban como mínimo 1,400,000 palabras y los de alquimia alrededor de 1,200,000.¹

Cabe señalar además que una buena parte de sus escritos fue destruida durante su vida. Por un lado un incendio accidental en 1677 y por otro la decisión del propio Newton,² de quemar muchos borradores sobre matemáticas, cronología y extractos de la historia que no le gustaban, han dejado para la conjetura mucho de lo que el gran filósofo pudo haber dejado para la posteridad.

Además de lo mucho que escribía, Newton recopiló una extensa biblioteca con muchos de los mejores y poco comunes libros editados en la época, así como innumerables manuscritos que dan también una idea de sus inclinaciones por diferentes ramas del conocimiento. Vendida a su muerte, esta colección de libros fue adquirida en un principio por John Huggins y posteriormente por el Dr. James Musgrave, para ser finalmente vendidos de manera dispersa en 1920. De las listas presentadas por Huggins y Musgrave puede obtenerse la siguiente tabla clasificada de los libros de Newton:

¹ Para tener una idea más clara de lo que estos números indican, considérese que, de manera aproximada, los tres tomos de "El Capital" de Carlos Marx contienen alrededor de 1,000,000 palabras, la prosa completa de Jorge Luis Borges tiene 500,000, La "Iliada" y la "Odisea" 300,000; "Don Quijote" 450,000; "La Divina Comedia" 180,000, "Cien años de Soledad" 170,000. El total es 2,600,000 palabras

² citado por Conduitt.

"Teología y filosofía	515 títulos	32%
Historia y cronología	215 "	14%
Autores clásicos	182 "	11%
Química, mineralogía y alquimia	165 "	10%
Matemáticas, física y astronomía	286 "	16%
Geografía	76 "	5%
Filosofía, gramática y diversos	95 "	6%
Medicina, biología y labranza	52 "	3%
Acuñaación y numismática	35 "	2%
Tecnología	18 "	1%" ³

Si tomamos en cuenta el carácter historicista y cronológico de sus estudios teológicos así como la utilización de las ideas de los clásicos en sus planteamientos, podemos hablar de que alrededor del 57% de su biblioteca eran lecturas relacionadas con sus preocupaciones teológicas. Aproximadamente la mitad de los libros agrupados en química, mineralogía y alquimia, eran específicamente sobre este último tema.

Más allá de lo que estos números puedan decir, es innegable el interés y dedicación de Isaac Newton por la alquimia y la teología, facetas normalmente opacadas por la imagen que todos tenemos del filósofo y matemático inglés.

V.II La Alquimia en la Inglaterra del siglo XVII.

Presente en las culturas china e hindú desde tiempos inmemoriales, la alquimia como tal se consolida en el Cercano Oriente alrededor del año 100 d.c., practicándose en Alejandría y Egipto y pronto en todo el mundo griego. Para el 700 d.c. ya se ha extendido a través de Siria y Persia, desde donde se propagó hacia toda la cultura árabe. A partir de 1100 d.c. las principales obras alquimistas son traducidas al latín, extendiéndose por Europa Occidental y en particular hacia Inglaterra en los siglos XIII y XIV.

Una de las afirmaciones más precisas sobre la idea de la búsqueda alquimista es planteada por Arnau de Vilanova, un catalán del siglo XIII. Médico, astrólogo, diplomático, crítico social y alquimista, Arnau definió: "Existe en la naturaleza una materia pura que, si es descubierta y llevada por el arte a la perfección, convierte a sí misma proporcionalmente todos los cuerpos imperfectos que toca"⁴. Esta materia pura es la legendaria Piedra Filosofal, capaz de convertir los metales base, plomo, cobre, estaño, hierro y mercurio, en los más preciosos, plata y oro.

Se mezclan en el desarrollo histórico de la alquimia dos corrientes paralelas, prácticamente inseparables. Una, estrictamente materialista, concentrada en la transmutación de diferentes metales en oro, y otra cargada de una acepción religiosa que lleva la idea mucho más lejos, concibiendo a la Piedra Filosofal como el Elixir Vitae (el elixir de la vida), que proporcionaba la

³R. J. Forbes. *Was Newton an alchemist?*. Chymia. II. 1949. p. 29.

⁴Gale E. Christianson. *Newton*. Op.cit. p. 227.

inmortalidad a su descubridor, siempre y cuando se hubiese comportado de una manera adecuada ante los ojos de Dios, es decir, la transmutación de los metales era un mero símbolo de la mucho más profunda transformación del hombre pecador en una criatura digna de la gracia divina. Así, algo de tal capacidad, podría seguramente llevar a cabo una transmutación de metales.

Se concebía que todas las cosas de la naturaleza se hallan compuestas por una combinación de elementos básicos. Centrado en los cuatro elementos definidos desde el siglo V a.c. por Empédocles de Agrigento: tierra, agua, aire y fuego, la diferencia en la constitución de dos materiales cualesquiera estaba dada por la diferente proporción de estos elementos básicos. Se aceptaba que un cuerpo estará formado por, al menos, dos elementos, al margen de que uno fuese el dominante. Así, por ejemplo, los cuerpos sólidos y pesados como los metales estaban formados por un alto contenido de tierra y cierta presencia de agua.

Basado en dos suposiciones a priori: la unidad de toda la materia y la existencia del todopoderoso agente de transmutación, la Piedra Filosofal, los alquimistas planteaban la libertad de transformar un elemento en otro a partir de la existencia de un "alma común" a todos ellos. El arte de la alquimia consistía entonces en llegar a la esencia de la materia, a esta alma común a todos los elementos y luego, gracias a la Piedra Filosofal, cambiar las proporciones de los elementos básicos que la constituyen y poder obtener otro compuesto.

Como precursores de la moderna química, los alquimistas seguían minuciosos procesos de exposición al fuego de sus mezclas para provocar los cambios de estructuras deseados. Se consideraba que uno de los detalles que más debían cuidarse era justamente la manera de calentar las sustancias, convencidos de que no sólo la exactitud en las temperaturas alcanzadas, de por sí algo muy difícil dado lo rudimentario de las herramientas con que se contaba, sino la velocidad a la que se debían hacer estos cambios de temperatura era el meollo de un experimento exitoso⁵.

La manera de evaluar qué tan bien iba evolucionando un experimento estaba dado por la forma en que cambiaba de color la mezcla. Podía estar bastante seguro de hallarse en el buen camino si su burbujeante crisol contenía primero una sustancia negra, el color de la impureza, la maldad y la muerte⁶. La transmutación era frecuentemente llamada "la tintura" y la piedra en sí apodada "tinte".

Siempre oscura y misteriosa, la alquimia fue considerada el arte de la paciencia y el cuidado, obligando a sus practicantes a la vida silenciosa de sus laboratorios, expuestos siempre al peligro de las mezclas que trataban. Newton estaba obviamente bromeando cuando dijo a Wickins que su pelo se había vuelto plateado por experimentar con demasiada frecuencia con mercurio, pero sabía mejor que nadie de su tiempo el precio que un adepto debía pagar por su devoción a las prácticas alquimistas.

⁵Esto sobrevive hasta nuestros días en los modernos laboratorios de química donde tanto la temperatura como la velocidad de las reacciones son factores a determinar en las modernas reacciones.

⁶Gradualmente, el negro debía dar paso al blanco, luego al amarillo, el púrpura y, finalmente, el rojo, el color de la sangre, el símbolo mismo de la vida y en consecuencia el color de la Piedra Filosofal.

Para fines del siglo XIV la alquimia se ha difundido a tal grado en toda Inglaterra que Enrique IV promulga en 1403 un estatuto en los siguientes términos: "Se ordena y establece, que de aquí en adelante nadie se dedicará a multiplicar el Oro o la Plata, ni se ejercitará en el Arte de la Multiplicación; y si alguno hace tal y tiene esa tacha, incurrirá en el delito de Felonía."⁷

Sin embargo, pese a que el castigo a la felonía era la muerte, la alquimia inglesa continuó durante el siglo XV, gracias a licencias expedidas por el rey. Realmente la sanción estaba destinada a los fraudes deliberados y el experimentador genuino no tenía mayores problemas para obtener una licencia, sobre todo estando tan necesitado el reino de fondos que lo ayudasen a solventar los gastos que agobiaban sus arcas debido a la Guerra de las Rosas.

Uno de los alquimistas ingleses más destacados en estos días era Sir George Ripley, que había aprendido el arte alquimista en Italia, según cuenta él mismo en los preliminares de su famoso *Compound of Alchemy*. Ripley se abocó a sus trabajos durante toda la segunda mitad del siglo XV, hasta su muerte en 1490. Otro de sus colegas sobresalientes es Thomas Norton, de quien se conoce el "Ordinal", un largo poema, en el que asegura haber obtenido el elixir de la vida, aunque el detalle de su metodología es muy poco preciso.

En el siglo XVI aparece la figura de Thomas Charnock, que había recibido "el secreto", después de pasar por varias personas, del propio Ripley. Sus trabajos se basaban en lo que él llamaba "las circulaciones", que eran intervalos de tiempo de una semana pensados para coincidir con las circulaciones de los cuerpos celestes.

Además de las asociaciones astrológicas, la alquimia planteaba muchas analogías derivadas del mundo viviente. Así, la combinación de materiales era vista como matrimonio, la pérdida de actividad como la muerte, la producción de novedades como nacimiento, el desprendimiento de vapores como el espíritu abandonando un cadáver, la formación de un sólido volátil como un cuerpo espiritual. Existe una íntima relación con la fantasía y los sueños, fusionando los deseos subjetivos con imágenes objetivas.

Ya mediado el siglo XVII sobresale George Starkey, quien trabajó en torno a los escritos de un alquimista americano llamado Eirenaeus Philaletes (de confusa procedencia, algunos incluso afirman que era un seudónimo del propio Starkey) entre los que figura una *Exposition upon Sir George Ripley's Epistle to King Edward IV*. Este Eirenaeus Philaletes tuvo contacto con Samuel Hartlib y el reconocido Robert Boyle, cuya influencia fue determinante para la abolición, en 1689, del Estatuto que prohibía las prácticas alquimistas.

Para mediados de este siglo la alquimia va ligándose cada vez más con la teología, a través de una filosofía religiosa de la naturaleza y una aproximación mística de sus caminos. En este sentido surge la llamada filosofía Hermética, desarrollada por hombres como Robert Fludd y Thomas Vaughan. El nombre viene del dios Hermes, que aparece en gran número de escritos sobre alquimia, teología y astrología, desde los primeros siglos de la era cristiana.

⁷ *The statutes of the Realm*. Ed. A. Luders, Londres. 1816, citado en F.S. Taylor. *Los alquimistas fundadores de la química moderna*. Fondo de Cultura Económica. México. 1937

Las fuentes de la filosofía hermética eran la interpretación de las escrituras y las teorías neoplatónicas de la emanación de Dios, el descenso en la materia y su animación en ella. La naturaleza era concebida como una representación de lo divino y toda "filosofía natural" que se preciase debía incluir la actividad del Autor y Conservador de la naturaleza. Era necesariamente misteriosa, pues tomaba en cuenta a Dios y a un mundo invisible que no puede captarse con los sentidos. Para los herméticos, Dios había creado la primera materia, que no era nada en particular, pero era potencialmente todo. Esta primera materia era la oscuridad vacía que se condensó en aquella agua primitiva de la que hablan las Escrituras. Esta idea de la materia primera, capaz de dar origen a todas las demás es la Piedra Filosofal que buscan los alquimistas para transmutar un material en otro.

Un elemento adicional presente en el planteamiento filosófico hermético y por ende en la alquimia es, como hemos comentado, la identificación entre metales y planetas. Presente desde las culturas más antiguas (de Asiria, Babilonia, Egipto y Persia), se concebía a los movimientos celestes directamente conectados con la actividad terrestre de los materiales.

Históricamente, la filosofía hermética fue perdiendo cada vez más prestigio. Para mediados del siglo XVIII se sabía muy poco de ella en Inglaterra y a principios del siglo XIX había desaparecido prácticamente de todos los países europeos. La transmutación y la base teológica de toda "filosofía natural" no pudieron sostenerse ante los nuevos criterios de la investigación científica.

V.III El planteamiento de Newton en torno a la alquimia.

Las inquietudes alquímicas de Newton comienzan a desarrollarse en su infancia cuando, con motivo de la estancia en la King's School de Grantham, vivió en la casa del farmacéutico Clark. Allí conoció los primeros escritos sobre química y observó y participó en los experimentos y preparaciones que el Sr. Clark hacía en su laboratorio.

Ya en el Trinity College tuvo la oportunidad de entrar en contacto con los alquimistas del momento. Si bien estos temas no formaban parte del plan de estudios universitarios, tuvo acceso al círculo de eruditos en la especialidad. Es probable que una vez más Isaac Barrow, su primer protector, lo impulsase en su trabajo y lo ayudase a conocer a los pensadores más destacados de su entorno. También debemos señalar a Henry More, renombrado platónico de Cambridge, de quién estudió metódicamente *La inmortalidad del alma*. More era un enemigo del planteamiento clásico de Descartes de la división entre materia y espíritu, concibiendo la figura de Dios como inseparable de los fenómenos cotidianos de la naturaleza, idea que se volvió uno de los pilares del planteamiento de Newton.

Robert Boyle, el químico⁸ más destacado del momento, fue una de las referencias más recurridas por Newton, de quien trató de leer y extraer sus ideas más profundas. En 1666 leyó con particular interés *El origen de las formas y cualidades*, del que aparecen abundantes notas en uno de sus cuadernos, llamado el químico, bajo encabezados tales como "De formas y transmutaciones

⁸No había una real diferencia entre alquimistas y químicos en la época.

conseguidas en ellas". En esos años compuso un diccionario de términos químicos, con una letra tan apretada que ha sido descrita como microscópica.

No es claro el momento en que Newton comienza a pasar de su primera labor, netamente de recopilación, a los primeros experimentos propios, pero parece haber sido a principios de 1670. Los libros y manuscritos de sus biblioteca empiezan a llenarse de anotaciones al dorso sobre nuevos datos y conclusiones producto de experimentos realizados.

Adquiere material para sus experimentos, aprovechando sus viajes a Londres. Tiene varios escritos descriptivos sobre el trabajo en los hornos y sus primeras búsquedas en torno al concepto de la Piedra Filosofal. Consciente siempre de su premisa de que nada que no se pudiese mostrar en un experimento podía ser planteado como una hipótesis sólida, fue extremadamente riguroso en todos sus experimentos y observaciones, repitiendo la mayoría de las experiencias descritas en las obras que leía. Wickins, su compañero de habitación, sería su inseparable ayudante y narraría en más de una ocasión la minuciosidad de sus trabajos.

Los manuscritos existentes indican que la metodología alquímica de Newton comprendía tres etapas distintas. En la primera seleccionaba el material a estudiar, concentrándose usualmente en las obras más esotéricas debido a que eran las que prometían revelar los secretos más escogidos de los conocimientos de los antiguos. El segundo paso era el análisis racional, mediante el cual comparaba los escritos de varios adeptos sobre el mismo tema: mitología, intuiciones místicas, conocimiento químico y cualquier otra cosa que pareciera incluso marginalmente relevante recibía el más atento escrutinio. Este paso correspondía a lo que es la formación de hipótesis del método científico y daba como resultado la afirmación de relaciones que requerían ser comprobadas. Finalmente llegaba la experimentación en sí. Cuando se veía enfrentado a resultados de dudoso valor o a la perspectiva de un fracaso, reseguía los pasos en dirección inversa, volviendo a las etapas uno y dos.

A mediados de 1670 compuso un ensayo de unas 1,200 palabras titulado *Clavis (La Llave)*. Este documento, conciso y pulido, es el último de una sucesión de borradores, cuya compilación se había convertido por entonces en una de las características intelectuales distintivas de Newton. El contenido es el resultado de años de estudio de la estrella de Régulo. El término "estrella" es empleado en su sentido más literal. Después de purificar el antimonio, este forma largos y esbeltos cristales. Durante el enfriamiento, estos cristales se disponen a su vez en ramas triangulares en torno a un punto central, adoptando el aspecto de una estrella de plata. Maestros de lo simbólico, los alquimistas le dieron a este corazón de mena de antimonio el nombre de Régulo, una brillante estrella doble cercana al corazón de la constelación de Leo. Su objetivo final era extraer la esencia de los metales comunes, llamado también el mercurio filosofal. Newton creía claramente que había tenido éxito en conseguir precisamente esto:

"Sé de lo que escribo, porque tengo en el fuego múltiples redomas con oro y este mercurio. Crecen en esas redomas con la forma de un árbol, y por medio de una constante circulación los árboles se disuelven de nuevo fermentando un nuevo mercurio. Tengo un recipiente en el fuego con oro así disuelto, pero extrínsecamente e intrínsecamente en un mercurio tan vivo y móvil como cualquier mercurio susceptible de ser hallado en el mundo. Porque hace que el oro empiece

a burbujear, a hincharse y a pudrirse, y a brotar en salpicaduras de ramas, cambiando de colores diariamente, cuyas apariencias me fascinan a cada día que pasa. Considero esto como un gran secreto de la alquimia⁹

Entre los tantos escritos resultado de sus experimentos cabe destacar el *Seperatio elementorum*, que describe entre otras cosas sus investigaciones con hornos y contenedores. *Los Notable opinions* y *Sententiae notabiles*, un conjunto de extractos de autores de diferentes épocas, seleccionando de cada uno de ellos los elementos necesarios para, al combinarlos, dar cuenta completa de un proceso alquímico. El *De natura acidorum* donde discute la acción química de los ácidos, atribuyéndosela a la fuerza atractiva de sus moléculas, un intento de trasladar la experiencia alquímica al lenguaje físico de las fuerzas.

En un esfuerzo por organizar su conocimiento a fin de hacerlo disponible allí donde fuera necesitado, compiló un notable documento durante la década de 1680, el *Index Chemicus*. Excede las 100 páginas y contiene 879 encabezados distintos. Richard Westfall, en un análisis cuantitativo preliminar, ha sugerido que la obra incluye por lo menos 5,000 referencias a diferentes obras catalogadas a lo largo del trabajo.

Dado el carácter de la obra y el tremendo esfuerzo que debió representar su elaboración parece adecuado pensar que estaba dirigido a algún tipo de lector en particular, razón por la que se han hecho tres suposiciones: La primera señala el deseo de publicarlo, la segunda se refiere a la posibilidad de circular el manuscrito entre grupos alquimistas, y la tercera se basa en la necesidad de comunicar, a algún joven iniciado, los secretos del Arte, como lo habían hecho los maestros alquimistas.

La primera es poco probable dada la eterna reticencia de Newton para publicar sus escritos, mientras que la tercera hipótesis exigía la figura de un discípulo suyo, donde el único que pudo haber sido elegido era Nicolás de Fatio, por la profunda cercanía y empatía con las ideas del filósofo inglés, pero este joven aparece realmente después en la vida de Newton por lo que la hipótesis más probable era que se trataba de un escrito pensado para llegar a otras manos alquimistas cercanas. Pese a que esto daría la pauta de cierto involucramiento de Newton con otros iniciados en el arte alquímico, hay pocas evidencias que puedan probarlo.

Cabe destacar que la mayoría de sus escritos en torno a la alquimia fueron firmados con un pseudónimo "Jehová Sanctus Unus", con claras acepciones teológicas, resaltando la idea de Jehová como único Dios, una expresión apenas velada de su profundo antitrinitarismo.

Para la última década de 1600 su conjunto de escritos alquimistas forman un continuo. Así *Ripley expounded*, son notas de la obra de Ripley, los *Comentarios a la Tabula Smaragdina* es una composición original que intenta combinar dos conceptos que llama la fuerza penetrante del espíritu y la fuerza fija del cuerpo. El ensayo más importante de esta época es *Praxis*, un conjunto de notas sobre la obra de Didier titulada *Trionphe Hermétique*, libro publicado en francés en 1689 y del que existe una traducción al latín de puño y letra de Newton. En *Praxis* se plantea que

⁹ Keynes. *Colección de manuscritos*. Cambridge, Inglaterra. p. 18

el proceso narrado por Didier es idéntico al de otros alquimistas como Seindivogius, Basil Valentine, Philaletes y Hermes y se le rescata como el método original de la alquimia.

Muchos de los alquimistas de su época, e incluso el pensamiento alquímico en sí, terminarían años más tarde emigrando hacia la química, como rama de la ciencia. Newton sin embargo tuvo una maduración exactamente contraria. Comenzó trabajando en experimentos químicos y terminó siendo un defensor del planteamiento alquímico como filosofía ante la vida. No fue sin embargo la multiplicación del oro lo que realmente le interesó sino su disolución, estaba convencido de que lo que debía averiguar era de qué estaba hecha una sustancia, descomponerla en su esencia. Si ésta era común a muchas sustancias, como creía, el pasar de una a otra no debía ser más que un proceso de reordenamiento de esta esencia común.

Trabajando siempre en varias ideas a la vez, Newton sabía que sus estudios en torno a la mecánica no eran capaces de explicar la atracción de las partículas de la materia, por tanto todos sus estudios alquímicos estaban enfocados a encajar perfectamente en este esquema. Se trataba de desentrañar la composición misma de la materia que le permitiría explicar por un lado la forma de convertir cualquier compuesto en otro, vía una descomposición en sus elementos primarios y una reordenación acorde a los parámetros del nuevo compuesto deseado y por otro lado describir la mecánica de estas partículas que componen una sustancia, como ya era capaz de concebir la mecánica que regía el movimiento de los planetas.

Por otra parte la alquimia, con su filosofía hermética como sustento más profundo, ofrecía a Newton la posibilidad de insertar esa causalidad que no había podido resolver en su diseño mecánico del universo. Y es que la figura de Dios, como el permanente organizador y mediador del mundo, era la causa y fin último de todo lo que acontecía en la naturaleza. En la medida en que la alquimia concebía sus experimentos en torno a la transmutación de los metales como un caso particular de la injerencia divina en la transformación del universo, incluso capaz de transformar al propio ser humano, éste era el único planteamiento científico que, contrario a las ideas de Descartes, concebía materia y espíritu como un todo ligado indivisiblemente, planteamiento que regía todo el pensamiento newtoniano.

Al calce de un manuscrito anónimo titulado *Maná*, dejó clara su concepción sobre la investigación alquímica: "Porque la alquimia no trata con los metales como piensan los vulgares ignorantes, cuyo error les ha hecho despreciar esa noble ciencia; sino también con las venas materiales de cuya naturaleza Dios creó a sus servidores para que concibieran y procrearan a sus criaturas... Esta filosofía no es de la clase que tiende a la vanidad y al engaño, sino más bien al provecho y a la edificación, induciendo primero el conocimiento de Dios y segundo el camino para hallar auténticas medicinas para sus criaturas... su finalidad es glorificar a Dios en sus maravillosas obras, enseñar al hombre a vivir bien... Esta filosofía a la vez especulativa y activa no sólo puede hallarse en el volumen de la naturaleza sino también en las Sagradas Escrituras... en el conocimiento de esta filosofía hizo Dios a Salomón el más grande filósofo del mundo"¹⁰

¹⁰ibid p. 33

En las primeras discusiones que se dan en la Royal Society en torno a la hipótesis de la luz de Newton, se había hecho notar que Newton concebía a la naturaleza como "un agente girando perpetuamente, generando fluidos de sólidos, y sólidos de fluidos, cosas fijas de volátiles y volátiles de fijas". Conjeturaba además que un éter o espíritu sutil y elástico era el agente causal de fenómenos tan diversos como la gravedad y el magnetismo. Podemos discernir la mente de un maestro alquimista tras estos pensamientos, para Newton el universo se había convertido simplemente en el enorme crisol de Dios en el cual la materia prima de la creación es transformada constantemente:

"Quizás es posible que la naturaleza misma de la naturaleza... no sea más que distintas texturas de algunos espíritus etéreos o vapores condensados como si fuera por precipitación, muy al estilo de la manera en que los vapores son condensados en agua o las exhalaciones en sustancias más materiales primero por la mano del creador, y desde entonces por el poder de la naturaleza, que en virtud del mandamiento 'Creced y multiplicaos' se ha convertido en un completo imitador de las copias proporcionadas por el protoplasto"¹¹

Más allá de la aportación que en torno a la alquimia o la química que pudo haber hecho Isaac Newton, en la que habría poco por destacar, la idea de fondo es que no se trató simplemente de otra área de la investigación científica a la que dedicase parte de su tiempo. Sus trabajos en la materia son parte inseparable de todo su discurso en torno a la mecánica y la óptica y trataron de ser el eslabón faltante en la teoría de unificación que siempre trató de completar, uniendo a la mecánica del universo la explicación de la composición de la materia y su atracción a nivel partículas así como la necesaria presencia divina en todo su esquema.

V.IV Su postura teológica, trasfondo de todo su discurso.

Cuando Enrique VIII emitió en 1546 las cartas reales ordenando la creación de una nueva facultad en Cambridge en honor de la "Santa e Indivisible Trinidad", no imaginó que un día su más dotado intelectual iba a rechazar la doctrina cristiana cuyo nombre llevaba la institución. En algún momento a principios de la década de 1670, sin que nadie excepto él lo supiera, Newton se convirtió en un hereje, un asunto que no era tomado a la ligera en un siglo marcado por un profundo fervor religioso y rivalidades sectarias. Lo hizo abrazando las enseñanzas de Arrio, un sacerdote alejandrino del siglo IV quien negó firmemente que Jesús fuera de la misma sustancia que Dios.

Si Newton experimentó serios escrúpulos antes de 1670, supo ocultarlos bien. Al firmar su licenciatura en artes en 1665, ratificó su creencia en los treinta y nueve artículos de la Iglesia Anglicana. La ortodoxia fue cumplida de nuevo cuando le fue concedida una cátedra becada en 1667. Al obtener la maestría en artes el año siguiente, firmó sin vacilar el artículo que exigía la aceptación del credo tal como es enseñado por la Iglesia. Finalmente aceptó hacer lo mismo cuando asumió el cargo de profesor lucasiano en 1669. Fue hasta 1675 cuando, forzado a tomar las órdenes sagradas para conservar su profesorado lucasiano, se ve obligado a acudir a la ayuda del rey Carlos II para dispensarlo de esta exigencia. Igualando ordenación con blasfemia era para

¹¹The Correspondence of Isaac Newton. Op cit. p.327

él inaceptable tener que reconocer públicamente el trinitarismo del cual abjuraba secretamente. Probablemente gracias a la influencia de Barrow en la corte consiguió finalmente que su poco usual solicitud fuese aceptada.

El interés por el estatus teológico de la figura de Cristo lo llevó a estudiar a los padres de la Iglesia, responsables de la concepción trinitaria, principalmente Atanasio (uno de los fundadores de la ortodoxia cristiana), que vivió el siglo IV, manteniendo, junto con sus seguidores, una apasionada disputa con Arrio, que negaba la Trinidad al no aceptar el estatus de Cristo como Dios a la altura de Dios Padre. Newton llegó a la conclusión de que con el triunfo de las concepciones de Atanasio, sobre las de Arrio, en los siglos IV y V se había perpetrado un fraude, que había llegado hasta la corrupción de las Sagradas Escrituras, para hacerlas congruentes con la doctrina trinitaria.

La herejía en forma de opiniones disidentes acerca de la Trinidad era algo casi tan viejo como la propia religión cristiana. Por mucho que lo había intentado, la Iglesia nunca había tenido éxito en erradicarla; los tiempos de Newton no fueron la excepción, y pronto se convirtió en el más agudo problema con el que tuvieron que enfrentarse los teólogos ortodoxos. De sus distintas variedades, el socianismo y el arrianismo se hallaban entre las tendencias más generalizadas.

Consideradas a menudo como la misma cosa por los anglicanos conformistas, las diferencias entre ellas no dejaban de ser, sin embargo, significativas para sus respectivos adeptos. El socianismo, producto de un movimiento religioso del siglo XVI organizado por el humanista italiano Faustus Socinus, interpretaba las escrituras a la luz del nuevo racionalismo. Los sacramentos eran enfocados como símbolos espirituales, y Jesús era considerado únicamente como el instrumento humano de la divina gracia, y el espíritu santo simplemente como la actividad de Dios. En contraste, los arrianos negaban la divinidad de Cristo. Creían que Dios creó, antes que todas las cosas, un Hijo que fue la primera criatura, pero que no era ni igual ni eterno como el Padre. Tales distinciones se perdieron con la ortodoxia: hacer de Cristo algo distinto de un ser consustancial con Dios era subvertir la teoría cristiana de la salvación.

Consecuente con el seudónimo utilizado en sus obras alquímicas: Jeova Sanctus Unus, Jehová Dios Único, Newton se dedicó al estudio de la historia de la religión tratando de evidenciar lo acertado de los planteamientos de Arrio.

Declaró que sólo el Padre era supremo. El Hijo es un ser separado, distinto del Padre tanto en sustancia como en naturaleza. Cristo no es auténticamente Dios, pero es la palabra y la sabiduría hecha carne, divino por supuesto, pero solamente hasta el punto en que su divinidad le es comunicada por el Padre.

Desde el final de la década de 1670, empezó a escribir una historia de la Iglesia, concentrándose principalmente en los siglos IV y V d.c., en la que se dedicó a atacar las leyendas monstruosas, los falsos milagros, la veneración de las reliquias, las doctrinas de fantasmas y demonios y todo tipo de supersticiones. A mediados de la década siguiente realizó una profunda revisión de las profecías bíblicas, incorporando sus nuevas concepciones relativas a la importancia de los rituales hebreos.

El inconcluso manuscrito *Theologiae gentilis origines philosophicae* partía de la consideración de que todos los pueblos antiguos habían adorado a los mismos doce dioses, con diferentes nombres. Estos estaban relacionados directamente con los doce miembros de la casa de Noé y los doce conjuntos de sustancias usadas en la alquimia; doce entidades formadas por los siete astros (Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno), los cuatro elementos (aire, agua, tierra y fuego) y la quinta esencia (la Piedra Filosofal de los alquimistas).

Estas teologías representaban una calda de la verdadera religión, la cual iba acompañada de la pérdida del verdadero conocimiento, de forma tal que, por ejemplo, el geocentrismo acompañaba a la falsa religión, a diferencia del verdadero conocimiento, oculto en el templo de Salomón, en el cual el fuego central (representando al Sol), rodeado por siete lámparas (representando a los astros), simbolizaba la verdadera estructura del universo.

Para principios de 1690, con motivo de su regreso a Cambridge, inicia su correspondencia con el filósofo John Locke, al cual llegó incluso a confesarle sus heréticas opiniones relativas a la Santísima Trinidad. Cediendo a las peticiones de Locke regresó a sus manuscritos teológicos y redactó *An Historical Account of Two Notable Corruptions of Scriptures*, escrito en la forma de carta a un amigo, que envió a Locke autorizando incluso su publicación en francés, pero finalmente se retractó de esta idea al ver que Locke realmente lo había tomado en serio.

Ya a comienzos del nuevo siglo, retoma su manuscrito *Theologiae gentilis origines philosophicae*, para convertirlo en lo que llegaría a ser su *Chronology of Ancient Kingdoms Amended*. Como ya hemos comentado, esta obra, la única aceptada para su publicación tras la muerte de Newton, aborda la cronología de los pueblos antiguos replanteando la duración de sus culturas apoyado en sus profundos conocimientos astronómicos.

Por esa misma época empezó a escribir *Observations upon the Prophecies* donde realiza cálculos sobre el día del juicio final, ubicándolo no antes del año 2060. Dichos cálculos se basaban en la interpretación de las cifras y los eventos que en los libros proféticos, marcaban el principio del fin. Otros escritos teológicos de su vejez, nunca publicados, fueron también cuidadosamente elaborados. En uno de ellos, llamado *Irenicum*, señala que hay que creer en un Dios y que aunque Jesús era el tanto tiempo esperado Salvador, que representaba la señal para el establecimiento de la segunda alianza de Dios con los hombres, no podía de ninguna manera ser considerado a la altura de Dios.

Podemos en definitiva señalar que la aportación de Newton en torno al planteamiento teológico se centra en tres puntos fundamentales:

En primer lugar, su convicción antitrinitarista. Convencido de que la imposición de los planteamientos ortodoxos de Atanasio sobre las ideas de Arrio no eran más que el resultado de la corrupción de las Sagradas Escrituras, si bien no públicamente, trató desesperadamente de buscar en el estudio de la religión las pruebas que le permitiesen probar su hipótesis. En segundo lugar, y aprovechando sus conocimientos de astronomía, trató de reconstruir la cronología de la

historia, seguro de que la historia deba ser reescrita para encontrar la verdad y el conocimiento de los antiguos.

Finalmente, su preocupación más importante es quizás la más olvidada por la historia de la ciencia. Para Newton la figura de Dios no era la manera de justificar la falta de causalidad del modelo del universo que había planteado sino que era la piedra angular de su esquema. Parece irónico que la ciencia moderna pueda llevarnos a concebir la explicación del universo dada por Isaac Newton como una evidencia de la no necesidad de Dios para comprender al mundo, cuando la idea del filósofo fue exactamente la opuesta. Para él, Dios no sólo había estado presente en el momento inicial de la creación del ahora perfectamente organizado y explicado universo, sino que seguía actuando en cada momento como el ente transformador capaz de transmutar la materia, como planteaban los alquimistas.

El hecho, ya comentado, de no tomar los votos de la iglesia de Inglaterra antes de morir, representan la convicción de un genio que enfocó todo su esfuerzo sintetizador de la lógica del mundo a demostrar la necesidad de un Dios Único presente y actuante en todos los fenómenos de la naturaleza.

Capítulo VI. Los *Principia* y la Óptica.

VI.1 Los *Principia*: Ediciones y Traducciones

A diferencia de los libros de texto de física que hoy empleamos, en los *Principia* no encontramos las tan conocidas fórmulas que ayudan a entender actualmente a la física. A partir, en el mejor de los casos, de complicadas figuras geométricas, Newton redacta intrincadas definiciones y conceptos que exigen varias lecturas para intentar asimilarlos.

En un esquema de este tipo, el idioma y la redacción del texto se vuelven sumamente relevantes. Es importante entonces que hablemos del lenguaje en el que se escriben los *Principia* y aquel en el que hoy podemos leerlos. Coherente con su época, Newton escribe la obra original en latín, el idioma de los clásicos, de los eruditos.

Alcanzan a ser publicadas en vida de Newton, tres ediciones de los *Principia*: la primera en 1687, a cargo de Halley; la segunda en 1713, responsabilidad de Cotes, y la tercera y última en 1726, un año antes de la muerte de Newton, hecha por Pemberton.

La primera edición, 1687, es patrocinada por la Royal Society. En su publicación final pesó mucho la propia brillantez de Edmund Halley y su papel de mediador entre Newton y el conjunto de pensadores de la época. Halley gozaba de una excelente y bien ganada reputación como físico y su detallada supervisión fue de gran ayuda para el autor.

Se trató de unos trescientos o cuatrocientos ejemplares, que se agotaron muy pronto, sin embargo pasaron más de veinte años antes de que se publicara la siguiente edición. Parte de la demora se debió a que Newton abandonó el trabajo en estas áreas de la investigación para dedicarse a otras y a que carecía de algunos elementos que necesitaba para las correcciones o adecuaciones que la segunda edición ameritaban.

En la edición de Cotes, Newton agregó al final de la obra el Escolio General y se abocó a la revisión y corrección de muchos de sus cálculos. Sale a la luz en 1713 y sus ochocientos ejemplares se difundieron rápidamente por toda Europa.

La tercera edición, en 1726, se concentró principalmente en correcciones de forma y estilo, Newton, a sus 83 años, no era capaz de enfrentar el reto de rehacer sus cálculos. Henry Pemberton, por su parte, era de capacidades mucho más modestas que las de sus predecesores.

Después de la muerte de Newton, aparece la primera traducción de los *Principia* al inglés, en 1729. Basada fundamentalmente en la edición de Pemberton, esta traducción estuvo a cargo de Andrew Motte. Tuvo el gran valor de poner en un idioma mucho más accesible y común el tratado, logrando la versión más difundida de la obra.

La lista de traducciones de las que se tiene conocimiento hasta el momento es la siguiente:

Inglés	1729	Motte, Londres (B.Motte, Middle-Temple-Gate)
Francés		Madame de Chatellete. Prólogo de Voltaire
Francés	1966	Reedición con comentarios de Clairaut, Paris (Blanchard)
Alemán	1872	J.Ph.Wolfers, Paris (Oppenheim, Berlín)
Ruso	1916	A.N.Krilov, Petrogrado (Vypusk)
Sueco	1927	Lund (Gleerups Forlag)
Japonés	1952	Kunio Oka, Tokio (Shunjusha)
Rumano	1956	V.Marian, Bucarest (Editura Academiei Republicii Populare)
Italiano	1966	A.Pala, Turín (Editrice Torinese)
Español	1982	A.Escohotado, Madrid (Editora Nacional)

Para el trabajo de esta tesis se ha utilizado como texto la primera traducción al español, de Antonio Escohotado.¹ Esta se basa a su vez en la traducción de Motte principalmente, utilizando para las definiciones críticas el complemento de la edición de Pemberton.

VI.II Los *Principia*: esquema general.

La obra se puede dividir en cuatro grandes partes: Definiciones, Axiomas, los Libros 1,2 y 3, y el Escolio General². Trataremos de revisar cada una de ellas.

El inicio con Definiciones y Axiomas permite a Newton establecer el marco de todo su trabajo posterior y, salvo el postulado de la Gravitación Universal, verido hasta el Libro Tercero, se sientan aquí los planteamientos más importantes de toda la obra, y lo que conocemos como las Leyes de Movimiento.

La Definición I establece qué es la materia: "*La cantidad de materia es la medida de la misma, surgida de su densidad y magnitud conjuntamente*".³ Para tratarse de la primera definición es bastante menos clara de lo deseado. Se define la masa en función de otra magnitud, a su vez no definida previamente, que es la densidad. La expresión "medida de la misma" es una manera de medición, asociada la masa como cantidad medible. Más adelante, cuando se hable del concepto de masa dentro de la teoría gravitacional retomaremos esta idea.

La Definición II se centra en el concepto de cantidad de movimiento: "*La cantidad de movimiento es la medida del mismo, surgida de la velocidad y la cantidad de materia conjuntamente*". Dando por sentada la definición de materia, el incluir el concepto de velocidad permite pasar a la idea de cantidad de movimiento.

¹ Isaac Newton. *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Edit.Nacional. Madrid.1982

² Escolio: Nota que se pone a un texto para explicarlo.

³ Todas las citas de los *Principia* se presentan en letra cursiva.

La Definición III define, valga la redundancia, la idea de fuerza insita o inercial: *"La fuerza insita de la materia es un poder de resistencia de todos los cuerpos, en cuya virtud preservan cuanto está en ellos por mantenerse en su estado actual, ya sea de reposo o de movimiento uniforme en línea recta"*. Esta definición es equivalente al Axioma I o Primera Ley de Movimiento y el texto de ambos es muy similar.

La Definición IV establece qué es esta fuerza impresa que puede sacar a un cuerpo de su estado inercial: *"La fuerza impresa es una acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar su estado, bien sea de reposo o de movimiento uniforme en línea recta"*. Esta fuerza impresa se diferencia de la fuerza insita o inercial en que no permanece en el cuerpo cuando la acción ha concluido.

Las Definiciones V a la VIII establecen qué es la Fuerza Centrípeta y cómo obtener su magnitud. El término de Vis Centrípeta acuñado por Newton es un tributo a la Vis Centrífuga de Huygens. Se plantean tres ejemplos: la gravedad terrestre, el magnetismo y la fuerza por la cual los planetas son continuamente apartados del movimiento rectilíneo. Puede comprenderse entonces como aquella fuerza que se supondría si una piedra girara como si estuviese sujeta por una funda de una honda y dirigida por su cuerda cuando no hay indicio físico alguno de funda, cuerda ni hondero. Newton establece que eso es lo que acontece en los cielos y cuando menos a título de suposición racional puede ser investigada matemáticamente. En palabras de Newton: *"...pertenece a los matemáticos descubrir la fuerza que puede servir exactamente para retener a un cuerpo en una órbita dada con una velocidad precisa"*.

Muy cuidadoso de no establecer hipótesis arbitrarias, Newton abre el espacio para el análisis matemático abstraído de la realidad, capaz de concentrarse en el cálculo de la magnitud de esta fuerza sin poder argumentar la causa ni la veracidad de su existencia.

Entre las Definiciones y los Axiomas aparece un Escolio, donde Newton abre un paréntesis para disertar sobre los conceptos de espacio, tiempo, lugar y movimientos absolutos contra relativos:

"...El tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí y por propia naturaleza sin relación a nada externo fluye uniformemente, y se dice con otro nombre duración. El tiempo relativo, aparente y vulgar es alguna medida sensible y exterior de la duración mediante el movimiento, usada por el vulgo en lugar del verdadero tiempo; hora, día, mes y año son medidas semejantes.

El espacio absoluto, tomado en su naturaleza, sin relación a nada externo, permanece siempre similar e inmóvil. El espacio relativo es alguna dimensión o medida móvil del anterior... por ejemplo, si la Tierra mueve un espacio de nuestro aire, que relativamente y con respecto a la Tierra permanece siempre idéntico, el aire pasará en cierto momento por una parte del espacio absoluto y en otro momento por otra, con lo cual cambiará continuamente en términos absolutos.

El lugar es la parte del espacio que un cuerpo ocupa, siendo relativo o absoluto en razón del espacio... El movimiento del todo es idéntico a la suma de los movimientos de las partes; en otras palabras, la traslación del todo a otro lugar es idéntica a la suma de las traslaciones de

las partes a otro lugar, por lo cual el lugar del todo es idéntico a la suma de los lugares de las partes, y esa es la razón de que sea interno y esté en todo el cuerpo.

El movimiento absoluto es la traslación de un cuerpo desde un lugar absoluto a otro, y el movimiento relativo la traslación de un lugar relativo a otro. En un barco a toda vela... el reposo real, absoluto, es la continuidad del cuerpo en la misma parte de ese espacio inmóvil donde se mueve el barco... por lo cual, si la Tierra esta realmente en reposo el cuerpo que reposa relativamente en el barco se moverá real y absolutamente con la misma velocidad que el barco tiene sobre la Tierra"

Dentro del esquema estricto de la obra no aparece como algo indispensable la existencia de este primer escolio. La diferenciación entre los conceptos de absoluto y relativo, atribuibles al tiempo, el espacio, el lugar y el movimiento no es una consecuencia de las Definiciones ni una premisa para los Axiomas. Incluso la Primera Ley, expuesta posteriormente como Axioma I, establece con el concepto de Inercia, la definición no especulativa de Espacio Absoluto, como el medio donde se puede propagar indefinidamente el movimiento de un cuerpo. ¿Para qué entonces la presentación de estos términos absolutos en este Escolio?

El objetivo de Newton es abrir el camino para establecer la factibilidad de un ente absoluto que justifique la coherencia a todo su sistema: un Dios Absoluto.

El concepto en sí es delineado hasta el Escolio General, que sirve de colofón a los *Principia*. Allí Newton establece: *"Este elegantísimo sistema del Sol, los planetas y los cometas solo puede originarse en el consejo y dominio de un ente inteligente y poderoso. Y si las estrellas fijas son centros de otros sistemas similares, creados por un sabio consejo análogo, los cuerpos celestes deberán estar todos sujetos al dominio de Uno... Este rige todas las cosas, no como alma del mundo, sino como dueño de los universos. Y debido a esta denominación suele llamársele señor dios o amo universal"*.

La brecha entre lo absoluto y lo relativo permite concebir que, pese a que muchos de los fenómenos observables se basan en magnitudes relativas, el trasfondo absoluto del concepto exige la existencia de una figura también absoluta, en este caso Dios. La concepción moderna del sistema del mundo acepta la perfecta coherencia del universo sin exigir la existencia de una figura divina como su gran ordenador, pero para Newton una cosa forzosamente implicaba la otra.

Dentro del marco de pensamiento de Newton, antitrinitarista pero profundamente creyente, el hacer evidente la perfección del esquema del mundo era una manera de mostrar la necesidad de Dios.

La existencia divina no es algo demostrable, y por eso este análisis de los conceptos de absoluto y relativo aparece como un agregado entre definiciones y axiomas, pero es ubicado junto a estos por tratarse de otro de los pilares conceptuales para el desarrollo posterior. Se trata entonces, de un marco más bien especulativo, aquel donde se finca la afirmación de sus tan afamadas tres

leyes, detalladas inmediatamente a continuación. El vínculo teológico de su planteamiento se amarra de manera definitiva hasta el Escolio General.

A continuación vienen los Axiomas, la parte más conocida de toda la obra.

El Axioma I, o Primera Ley de Newton, establece que: *"Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas"*. El concepto de inercia, continuamente intuido por Galileo y expuesto por Descartes, se convierte así en primera ley o axioma.

Newton menciona los proyectiles y la plomada, cuya detención obedece a la resistencia al aire y los cuerpos de planetas y cometas, *"que retienen durante mucho más tiempo sus movimientos en espacios menos resistentes"*. La fortaleza de sus leyes, piedra angular de todo el desarrollo ulterior, presupone la obviedad de algunos fenómenos entonces indiscutibles. Para Newton no se trata de una hipótesis, es evidente que un proyectil preservará su estado de movimiento rectilíneo uniforme de no ser por la acción de rozamiento del aire y la atracción de la gravedad, y por tanto el punto no requiere mayor argumentación.

El Axioma II o Segunda Ley, establece que: *"El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime la fuerza"*. Una vez aceptado el principio de la inercia, se sigue directamente el cuestionamiento sobre esa fuerza capaz de sacar a un cuerpo de su estado actual de movimiento: la fuerza impresa. Consecuente con su esquema, Newton se concentra en la descripción del modelo y plantea que la magnitud del cambio sea proporcional a la fuerza aplicada y en la dirección de esta.

El Axioma III o Tercera Ley termina con el establecimiento de bases, que constituyen las Definiciones y los Axiomas: *"Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de los cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias"*. La trascendental importancia de esta ley en la construcción de los Principia radica en que fundamenta la dinámica gravitacional como sistema de atracciones recíprocas.

Es común la interpretación equivocada, de que acción y reacción se refiere a dos fenómenos independientes que actúan sobre cuerpos distintos. Se trata de un solo fenómeno, la interacción entre dos cuerpos. Y, claro, yendo un paso más allá, se trata de la interacción entre todos los cuerpos, unos respecto de los otros.

Sin embargo, las Leyes del Movimiento, señaladas siempre como una de las aportaciones más importantes de Newton, no eran consideradas como tales por el autor. Para él, se trataba de conceptos ya conocidos y aceptados por los matemáticos más importantes del momento. En un Escolio que sigue a los Axiomas dice: *"Hasta aquí he expuesto principios aceptados por los matemáticos y confirmados por experiencias múltiples. Por medio de las dos primeras Leyes y los dos primeros Corolarios, Galileo descubrió que la caída de los graves variaba como el cuadrado del tiempo"*. Más adelante comenta, en uno de los pocos reconocimientos abiertos a la labor de algunos de sus contemporáneos: *"Partiendo de esas leyes, y de la III, Sir Christopher Wren, el doctor Wallis y el señor Huygens, los mejores geómetras de nuestro tiempo,*

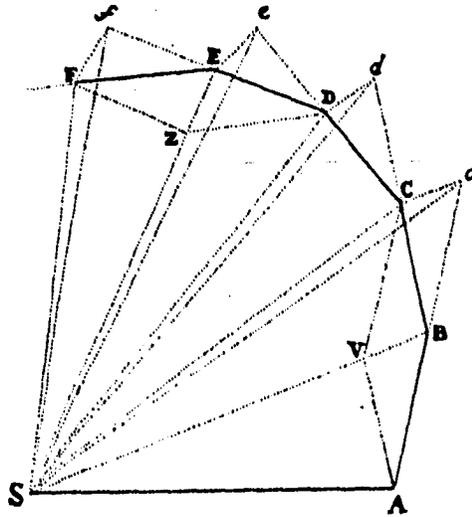
determinaron de diversos modos las reglas de impacto y reflexión de cuerpos duros..."
 Finalmente, establece cómo todas estas investigaciones y planteamientos hechos por otras figuras, reafirman la validez de sus planteamientos: *"Mediante los ejemplos anteriores sólo pretendía mostrar la gran extensión y la certeza de la tercera Ley del movimiento"*.

A continuación se abre el Libro Primero: El movimiento de los cuerpos. Los dos primeros libros, de clara connotación matemática, están divididos en secciones y éstas constan de Lemas y Proposiciones o Teoremas.

Inicia con una serie de Lemas⁴, once en total, algunos con corolarios⁵ y escolios. Se aboca a la descripción de la geometría del movimiento de los cuerpos y todo el libro parte del supuesto de medios no resistentes.

Inicia entonces sus Proposiciones, dedicando las primeras al cálculo de la fuerza centrípeta.

La Proposición I, que hace gala de un gran manejo geométrico, establece que: *"Las áreas que los cuerpos en revolución describen mediante radios trazados hasta un centro de fuerza inmóvil se encuentran en los mismos planos inmóviles y son proporcionales a los tiempos en los que se describen"*. Se trata, ni más ni menos, que de la Ley de las Áreas de Kepler, su segunda ley, que Newton desea aplicar a sus cuerpos en revolución.



⁴ Lema: Proposición preliminar cuya demostración facilita la de un teorema subsiguiente.
⁵ Corolario: Proposición de se deduce por sí sola de lo demostrado anteriormente.

En la demostración Newton divide el tiempo en intervalos iguales y en el primer intervalo tiene un cuerpo que se mueve a lo largo de la recta **AB**. En el segundo intervalo de tiempo, y en caso de no actuar ninguna fuerza sobre el cuerpo, por la Ley Y, el cuerpo llegaría al punto **e** y las trayectorias **AB** y **Be** serían iguales. A continuación, traza los segmentos **AS**, **BS** y **cS** y demuestra que las áreas de los triángulos **ASB** y **BSe** son iguales, por tener un lado común: **SB** y por ser **AB=Be** con **AB** paralela a **Be**.

Luego supone que al llegar el cuerpo al punto **B** actúa sobre él una fuerza centrípeta instantánea dirigida hacia **S** y desvía su trayectoria siguiendo la recta **BC**. Trazando una línea que una **Ce**, paralela a **BS** y al completarse el segundo intervalo de tiempo (por el Corolario I de las Leyes⁶) el cuerpo se encontrará en **C**, en el mismo plano que el triángulo **ASB**. Traza ahora el segmento **SC** y como **SB** y **Ce** son paralelas, concluye que el triángulo **SBC** será igual al triángulo **SBe** y por tanto, el área del triángulo **SBC** es igual a la de **SAB**.

Argumentando de manera análoga, si la fuerza centrípeta actúa sucesivamente en **C**, **D**, **E**, etc., haciendo que el cuerpo en cada intervalo de tiempo describa las trayectorias **CD**, **DE**, **EF**, etc., se demuestra que todas ellas estarán en el mismo plano; y el triángulo **SCD** será igual al triángulo **SBC**, y **SDE** a **SCD**, y **SEF** a **SDE**, por tanto concluye que "...en tiempos iguales se describen áreas iguales de un plano inmóvil."

Se produce en este momento un cambio sutil pero trascendental en la demostración. Newton dice "Aumentemos ahora el número de esos triángulos y disminuyamos su anchura hasta lo infinito". El concepto de infinito, los procesos que tienden a, el mostrar una figura y pedirnos luego que nos imaginemos las siguientes, es parte de lo que luego detallaremos como la Geometría de lo Extremo, utilizada como parte de su herramienta matemática. Concluye entonces que "...por el Corolario IV, Lema III, su perímetro último **ADF** será una línea curva, con lo cual la fuerza centrípeta que desvía continuamente al cuerpo de la tangente de esa curva actuará de modo continuo; y cualesquiera áreas descritas **SADS**, **SAFS**, proporcionales siempre a los tiempos de descripción, serán en este caso también proporcionales a tales tiempos"

La Proposición II establece que todo cuerpo que en su giro cumpla la ley de las áreas, es "urgido por una fuerza centrípeta". La fuerza centrípeta como concepto, asociado naturalmente a la mecánica de la realidad que nos rodea, da el brinco hacia los cielos, gracias a las ideas de Kepler. También impresiona la matemática implícita en la demostración. La concepción de la fuerza centrípeta como factor que actúa de manera discreta y provoca pequeños desplazamientos rectos, se acompaña del razonamiento de hacer que este proceso de división de rectas se tienda a infinito dando lugar a un polígono y finalmente a una curva. Los primeros destellos del cálculo diferencial no pueden dejar de reconocerse desde el comienzo del libro.

La Proposición IV se centra en la medición de la fuerza centrípeta. Destaca en ella el Corolario VI que expone el significado dinámico de la Ley de los Periodos de Kepler, la tercera ley de Kepler: "Si los tiempos periódicos son como las potencias $3/2$ de los radios y, por tanto, las

⁶ Corolario Primero: Un cuerpo afectado simultáneamente por dos fuerzas describirá la diagonal de un paralelogramo en el mismo tiempo en que describiría los lados de ser afectado separadamente por esas fuerzas.

velocidades inversamente como las raíces cuadradas de los radios, las fuerzas centrípetas serán inversamente como los cuadrados de los radios."

Se transporta entonces a la mecánica celeste y comenta en un Escolio que sigue a los Corolarios: "*El caso del sexto Corolario se mantiene en los cuerpos celestes (como han observado varias veces Wren, Hooke y Halley)*". El modelo va tomando cuerpo, la ley de las áreas justifica la postulación de la fuerza centrípeta y la ley de los períodos permite medir dicha fuerza.

Las proposiciones posteriores se dedican al análisis de casos particulares en los cuales calcula la fuerza centrípeta y describe sus órbitas, para llegar a la primera ley de Kepler, que establece las órbitas elípticas. Newton trata de ser consecuente con su modelo matemático y no utilizar conceptos físicos en sus demostraciones, partiendo de concebir a las masas como puntos. No puede evitar sin embargo, que el concepto oculto se deje ya entrever en sus palabras. Por ejemplo, en la Proposición III, Libro Primero, refiriéndose a dos cuerpos que en su movimiento cumplen la ley de las áreas, dice: "*Sea L el primer cuerpo y T el segundo...*". ¿Quiénes son L y T? Indudablemente Luna y Tierra en latín. Y es que una vez más, no fue el modelo matemático el que dio la luz sobre el fenómeno físico, sino a la inversa. Newton partía de la base de que la Tierra y la Luna debían cumplir con la regla y luego trató de generalizar la idea y de matematizar el lenguaje para aplicarlo a todos los cuerpos.

En general el Libro Primero no pretende demostrar que los planetas son afectados por fuerzas físicas, sino que, en caso de existir fuerzas y aceptando el principio de la inercia, estas fuerzas serían centrípetas y proporcionales al inverso del cuadrado de la distancia.

El resto del primer libro se dedica a agregar variables al mismo esquema para consolidar la idea inicial. Se revisan los casos en que el centro de la fuerza no está en reposo sino en movimiento y se detalla el llamado problema de los dos cuerpos. El siguiente paso, para tres cuerpos, es, hasta hoy, de compleja resolución y la cadena de Corolarios demostrativos de Newton son bastante oscuros (Proposición LXVI, Corolario XXII). Finalmente se refiere a la interacción entre cuerpos esféricos y no esféricos y el caso particular en que la masa de uno de los cuerpos es despreciable respecto de la del otro. En todos ellos la descripción de órbitas y el cálculo de la fuerza centrípeta es extremadamente riguroso y esencialmente geométrico. Cuesta dimensionar la capacidad de comprensión de una obra de esta magnitud, sobre todo en su época, pero las demostraciones son, hoy en día, realmente difíciles de asimilar.

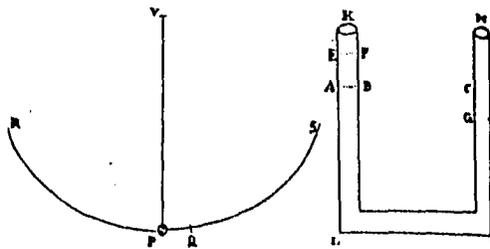
El Libro Segundo está dedicado también al movimiento de los cuerpos, pero ahora en medios resistentes, un sustancial paso de generalización. El aumento en el grado de complejidad del modelo lo acerca mucho más a una descripción de la realidad y se denota un tono mucho más físico y experimental que en el libro anterior.

Las primeras secciones se dedican a la definición y cálculo de la magnitud de la resistencia o rozamiento del medio contrapuesto al movimiento, analizando los factores de proporcionalidad a la velocidad. El tono de las proposiciones y demostraciones se vuelve cada vez más rebuscado: "*Si un cuerpo es resistido en parte en razón de su velocidad y en parte como el cuadrado de esta misma razón, y se mueve en un medio análogo únicamente por su fuerza inata, y los tiempos*

son tomados en progresión aritmética, entonces las cantidades inversamente proporcionales a las velocidades, incrementadas en una cierta cantidad dada, estarán en progresión geométrica". (Prop.XI. Teorema VIII, Libro II).

El análisis de estos medios resistentes lleva a disertar en general sobre densidad y compresión de fluidos, movimiento de cuerpos pendulares y no pendulares en tales medios, superficies de mínima resistencia, propagación de la luz y el sonido, etc., demostrando la fecundidad del método global usado.

Un ejemplo de esto se observa en la Sección VIII: *La propagación del movimiento por los fluidos*, donde Newton se enfrenta al problema de las ondas e investiga entre otros aspectos la velocidad de las olas y del sonido. En la Proposición XLIV establece "Si el agua asciende y desciende alternativamente por los tubos alzados KL, MN de un canal o tubería, y se construye un péndulo cuya longitud entre el punto de suspensión y el centro de oscilación sea igual a la mitad de la longitud del agua que hay en el canal, afirmo que el agua ascenderá y descenderá tantas veces como oscile el péndulo".



Para su demostración, Newton parte por medir la longitud del agua en los ejes y tubos alzados del canal y la hace igual a la suma de dichos ejes, despreciando la resistencia del agua debida al rozamiento con los lados del canal. **AB** y **CD** representan la altura media del agua en ambos tubos. Cuando el agua alcanza la altura **EF** en el tubo **KL**, descenderá a la altura **GH** en el tubo **MN**. Por otra parte, **P** es un cuerpo pendular, **VP** es el hilo, **V** el punto de suspensión, **RPQS** la cicloide que el péndulo describe, **P** su punto más bajo y **PQ** un arco igual a la altura **AE**.

La fuerza con que el movimiento es alternativamente acelerado y retardado es el exceso del peso del agua de un tubo sobre el peso del agua en el otro. Por tanto, cuando el agua sube en un tubo hasta **EF** y baja en el otro hasta **GH**, dicha fuerza es el doble del peso del agua **EABF**, por lo que es al peso de toda el agua como **AE** o **PQ** son a **VP** o **PR**. También la fuerza con que el cuerpo **P** es acelerado o retardado en cualquier punto, por ejemplo **Q**, de una cicloide (por el Corolario de la Proposición LI, Libro Y), es a su peso total como su distancia **PQ** desde el punto más bajo **P** a la longitud **PR** de la cicloide.

Por tanto, "...las fuerzas motrices del agua y el péndulo, al describir los espacios iguales AE , PQ , son como los pesos a mover, por lo que si el agua y el péndulo están inicialmente en reposo, dichas fuerzas los moverán en tiempos iguales, haciendo que vayan y vuelvan juntos con un movimiento recíproco"

La última, Sección IX: El movimiento circular de los fluidos, comienza curiosamente con una hipótesis. Junto a otras dos que aparecen en el Libro Tercero, conforman los únicos enunciados de este tipo en todo el trabajo. Esta primera dice: "*La resistencia debida a la falta de lubricidad de las partes de un fluido es, en igualdad de las demás condiciones, proporcional a la velocidad con que las partes del fluido se separan unas de otras*".

Es una opinión generalizada que esta parte de la obra, sobre todo el final del segundo libro, fue escrita en contraposición a la concepción de materia y extensión de Descartes y a su teoría de los vórtices. Ataca a estos porque no permiten explicar una proporción empírica observada como la del cubo al cuadrado. En el Escolio con que termina el Libro Segundo Newton establece "*Por tanto, es evidente que los planetas no son transportados en vórtices corpóreos. En efecto, según la hipótesis de Copérnico, los planetas que se mueven alrededor del Sol giran en elipses, con el Sol como foco común, y describen áreas proporcionales a los tiempos con radios trazados hasta el Sol...*" y concluye afirmando "*Al comienzo del signo Virgo, donde actualmente se encuentra el planeta Marte, la distancia entre las órbitas de Marte y Venus es a la distancia entre las mismas órbitas al comienzo del signo Piscis como 3 a 2, aproximadamente, por lo que la materia del vórtice entre dichas órbitas debería ser más veloz al comienzo de Piscis que al comienzo de Virgo, en una razón 3 a 2... En consecuencia, la Tierra es más veloz al comienzo de Virgo que al comienzo de Piscis, por lo que la hipótesis de los vórtices es completamente irreconciliable con los fenómenos astronómicos, y confunde más que aclara los movimientos celestes. El primer Libro ayuda a comprender cómo tienen lugar estos movimientos en espacios libres sin vórtices, y ahora lo explicaré de forma más completa en el libro siguiente*"

Una vez más la genialidad de las leyes de Kepler, aunque no especificadas como tales, servían de herramienta para destronar una concepción del universo tremendamente sofisticada, pero no por eso menos aceptada, que explicó por años la geometría planetaria.

Terminado el Libro Segundo, se da por concluido el tratado matemático y se entra a la física en el Libro Tercero: El Sistema del Mundo. Desde el esquema se cambia y comienza con las cuatro Reglas para Filosofar.

La Regla I "*No debemos para las cosas naturales admitir más causas que las verdaderas y suficientes para explicar sus fenómenos*", define un parteaguas en la manera de concebir el hacer ciencia o filosofía. Aquellos que tengan algo que decir en torno al sistema del mundo tendrán que aceptar que el universo se rige por el principio de sencillez, que todas las hipótesis y suposiciones innecesarias en un esquema no sólo lo complican sino que pueden desvirtuar su veracidad. No sólo quedaba atrás la idea de los vórtices de Descartes sino esa manera especulativa de entender la filosofía del mundo.

Es importante resaltar este punto. Las Reglas del Libro Tercero son pautas que sigue la naturaleza y que por tanto deben seguirse al elaborar su discurso. Son los únicos señalamientos explícitos al respecto. Se trata de exigencias concretas, que hoy día reconocemos al hablar sobre ciencia.

La Regla II complementa perfectamente la primera: *"Por consiguiente, debemos asignar tanto como sea posible a los mismos efectos las mismas causas"*. No sólo se establece que los fenómenos de la naturaleza deben ser explicados con la menor cantidad de causas posibles, sino que una vez halladas las causas de un fenómeno no debe volverse a teorizar sobre fenómenos semejantes sino asignar las mismas causas ya conocidas.

La Regla III, tras el apriorismo de las anteriores, establece la regularidad en el cosmos, es una declaración de compromiso con el saber experimental: *"Las cualidades de los cuerpos que no admiten intensificación ni reducción, y resultan pertenecer a todos los cuerpos dentro del campo de nuestros experimentos, deben considerarse cualidades universales de cualesquiera tipos de cuerpos"*.

Se trata de entrada de la legitimación de la observación y la experimentación como única forma de conocer el mundo que nos rodea, dado que "las cualidades de los cuerpos sólo nos son conocidas por experimentos", dice Newton en la argumentación a esta tercera regla. Por otra parte se establece el principio de universalización. La experimentación no puede obviamente agotar el estudio de todos los cuerpos del universo, sin embargo, aquellas leyes aplicables a todos los cuerpos con los que podemos experimentar deben generalizarse a todos los cuerpos.

En un texto tan reducido, como el de esta Regla, las palabras utilizadas son claves y el análisis literal de las expresiones depende mucho de la traducción que se utilice como fuente. En nuestro caso, como ya se ha comentado, hemos trabajado sobre una versión en español basada en la edición inglesa de Andrew Motte (1729).

En la primera parte de esta regla se habla de *"Las cualidades de los cuerpos que no admiten intensificación ni reducción..."*. No es muy claro en los ejemplos que utiliza Newton en su argumentación: inercia, impenetrabilidad, extensión, dureza y movilidad; cuál es esta cualidad que no permite cambio en su intensidad. Por ejemplo, no es evidente que la movilidad o la extensión sean cualidades constantes en grado.

Luego se ejemplifica el caso de la gravitación de los cuerpos unos respecto de otros, distinguiendo que no puede considerarse una cualidad esencial. *"Para nada afirmo que la gravedad sea esencial a los cuerpos"*.

Esta idea ha sido descrita por Maurice A. Finocchiaro, en su artículo *Newton's Third Rule of Philosophizing: A Role for Logic in Historiography*, donde plantea que podríamos distinguir dos subreglas que ayudan a comprender mejor la tercera regla para filosofar y que se podrían definir más o menos así:

- a. Una cualidad es una cualidad *esencial* de cierta clase de objetos sólo si, uno, ésta no admite intensificación ni reducción y dos, pertenece a todos los cuerpos dentro del campo de nuestros experimentos.
- b. Una cualidad puede considerarse presente universalmente o ser *universal*, si pertenece a todos los cuerpos observados.

Esta distinción ayuda a diferenciar la forma en que los diferentes ejemplos utilizados en la argumentación de Newton se ajustan a la regla. La impenetrabilidad y la inercia parecen cumplir la aseveración (a), mientras que la extensión, dureza y movilidad se ajustan más a la (b). El ejemplo particular de la gravitación cumpliría con (b) más que con (a), es decir sería una característica más universal que esencial.

Finalmente encontramos la Regla IV: *"En filosofía experimental debemos recoger proposiciones verdaderas o muy aproximadas inferidas por inducción general a partir de fenómenos, prescindiendo de cualesquiera hipótesis contrarias, hasta que se produzcan otros fenómenos capaces de hacer más precisas esas proposiciones o sujetas a excepciones"*.

Opone a la argumentación hipotética la inductiva. El tema llegó a ser una obsesión para Newton ya célebre, que articuló su filosofía natural como analítica empírica, diametralmente dispar de la aportación teórica kepleriana o cartesiana, por no hacer hipótesis. Dentro del Escolio General, con que terminan los *Principia*, Newton deja establecida su concepción en torno a las hipótesis: *"Pero hasta el presente no he logrado descubrir la causa de estas propiedades de gravedad a partir de los fenómenos, y no finjo hipótesis (Hypotheses non fingo). 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"*.

La forma en que se ha interpretado y traducido la frase *"Hypotheses non fingo"* ha cuestionado el mensaje de fondo que Newton quería transmitir. Para él no se trataba de no hacer hipótesis sino de no inventar o fingir hipótesis; es decir, se puede conjeturar sobre la interpretación de los fenómenos de la naturaleza pero no se pueden tomar estas conjeturas como verdades que sirvan para probar o contradecir las proposiciones derivadas de los experimentos.

Probablemente por esta inadecuada interpretación del rechazo de Newton a las hipótesis, él trató de desaparecer la mayoría de los enunciados que aparecían como hipótesis en su primera edición de los *Principia*, para las ediciones posteriores. Hizo una sistemática caza del término, sin cambiar el contenido pero sustituyendo la palabra por otras varias. La edición inicial abría el Libro Tercero nada menos que con nueve hipótesis. De ellas la tercera desapareció por completo, la cuarta quedó como tal aunque desplazada, las dos primeras se convirtieron en Reglas para Filósofos y las demás en Fenómenos. Aún así, la última edición sigue conteniendo tres enunciados llamados hipótesis⁷.

⁷ Libro Segundo, Sección IX. Hipótesis: *"La resistencia debida a la falta de lubricidad de las partes de un fluido es, en igualdad de las demás condiciones, proporcional a la velocidad con que las partes del fluido se separan unas de otras."*

Libro Tercero, después de la Proposición X. Hipótesis Primera: *"Que el centro del sistema del mundo está inmóvil"*

Libro Tercero, después del Lemma III. Hipótesis Segunda: *"Si las demás partes de la Tierra desaparecieran y el anillo restante fuera trasladado sólo en torno al Sol, en la órbita de la Tierra, por el movimiento anual, mientras el movimiento diario de hacer girar al mismo tiempo en torno*

Regresando al Libro Tercero, y dentro de un esquema metodológico cuidadosamente escogido, los *Principia* no pasan directamente de las Reglas a la tesis principal de su contenido. En lugar de eso, lo que sigue son seis Fenómenos, donde aparecen una vez más las leyes de Kepler, si bien enunciadas de un modo un tanto especial.

Los dos primeros Fenómenos establecen que la proporción 3/2 entre tiempos periódicos y distancias se cumple para los satélites de Júpiter y Saturno, respectivamente. El Fenómeno tercero establece simplemente el heliocentrismo, indicando que "los cinco planetas primarios (con exclusión de la Tierra) giran en órbitas alrededor del Sol. El Fenómeno cuarto constata la proporción del cubo al cuadrado para los planetas primarios, el quinto la vigencia de la ley de las áreas para esos mismos cuerpos y el sexto y último la vigencia de dicha ley para el circuito de la Luna en torno a la Tierra.

Luego inicia propiamente el Libro Tercero, con la Proposición I que establece que las fuerzas que mantienen a los satélites de Júpiter en sus órbitas tienden hacia el centro del planeta y que son inversamente proporcionales a las distancias. Se sustenta en el Fenómeno I y en las Proposiciones II y III del Libro I (que hacían referencia a la Fuerza Centrípeta y a la ley de las áreas de Kepler). Las Proposiciones II y III establecen la misma idea para los planetas primarios y para el sistema Luna Tierra.

Viene entonces La Proposición IV, una de las más conocidas, dice: "*Que la Luna gravita hacia la Tierra y es continuamente apartada de un movimiento rectilíneo y retenida en su órbita por la fuerza de gravedad*" y dentro del Escolio posterior concluye: "*Y, en consecuencia, la fuerza que retiene a la Luna en su órbita es precisamente la misma fuerza que llamamos gravedad*". Y se complementa con la Proposición VI: "*Que todos los cuerpos gravitan hacia todos los planetas, y que los pesos de los cuerpos hacia cualquier planeta, a distancias iguales del centro del planeta, son proporcionales a las cantidades de materia que respectivamente contienen*".

Se establece que esta fuerza de gravedad que mantiene a la Luna en torno a la Tierra es directamente proporcional a las cantidades de materia e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. La idea de la Ley de Gravitación Universal esta ya concebida, aunque se define como tal hasta más adelante.

La gran aportación de Newton al unificar la física terrestre y la física de los cielos parte de la unificación de los conceptos de masa inercial y masa gravitacional. La definición de masa inercial se desprende directamente de la primera Ley, y es propiamente la masa de los cuerpos como medida cuantitativa de su inercia. Para sacar de su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a una bola de boliche, requiero mayor fuerza que para hacerlo con una canica, porque la masa inercial de la bola de boliche es mayor que la de la canica.

Para ilustrarlo vemos la siguiente figura

a su eje inclinado hacia el plano de la eclíptica en un ángulo de 23 1/2 grados, el movimiento de los equinoccios sería igual tanto si el anillo fuera fluido como si consistiera de materia dura y rígida.



Donde los cuerpos 1 y 2 están unidos por un resorte estirado, que se suelta después, haciendo que los cuerpos vayan uno contra otro. La fuerza ejercida sobre ambos cuerpos es la misma, que llamamos F . Si llamamos a_1 y a_2 a las aceleraciones (llamada también aceleración de contacto) y m_1 y m_2 a las masas inerciales de ambos cuerpos, tendremos para el primer cuerpo:

$$F = m_1 a_1$$

y para el segundo

$$F = m_2 a_2$$

esto implica que:

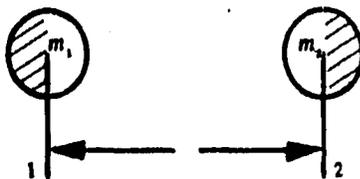
$$m_1 a_1 = m_2 a_2$$

y por tanto:

$$a_1 / a_2 = - m_2 / m_1$$

Ahora, para la física de los cielos Newton establece que la aceleración gravitacional sufrida por un cuerpo en presencia de otro, es directamente proporcional a la masa gravitacional de este último, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambos.

Para ilustrarlo veamos la siguiente figura



Los cuerpos 1 y 2 están separados por una distancia r . La deducción de Newton fue que la aceleración a_1 que sufre el cuerpo 1 debido a la masa gravitacional M_2 del cuerpo 2, vale:

$$a_1 = G M_2 / r^2$$

y que, recíprocamente, la aceleración del cuerpo 2 debida a la masa gravitacional del cuerpo 1 es:

$$a_2 = G M_1 / r^2$$

donde, en ambos casos, G es una constante de proporcionalidad. Dividiendo uno de los resultados anteriores entre el otro obtenemos que:

$$a_1 / a_2 = - M_2 / M_1$$

La semejanza de la relación entre las aceleraciones de contacto y las gravitacionales, que sufren dos cuerpos en presencia uno del otro, sugirió a Newton que ambas situaciones eran semejantes, y que las aceleraciones gravitacionales no eran estados naturales, sino que eran causadas por fuerzas a distancia.

Bastaba con suponer que la masa gravitacional M era la misma de la masa inercial m , con lo que, en ambos casos la relación de masas entre dos cuerpos quedaba perfectamente definida por la de las aceleraciones mutuas experimentadas:

$$m_1 / m_2 = - a_2 / a_1$$

de donde

$$m_1 a_1 = - m_2 a_2$$

o sea:

$$F_1 = - F_2$$

que nos dice que las fuerzas mutuas entre ambos cuerpos son iguales y opuestas. De esta forma Newton llegó a la anhelada síntesis. Ya no había distinción entre las leyes que regían el movimiento de los cuerpos celestes y el de los terrestres.

Continuando con los *Principia*, viene la Proposición X que asienta: "*Que los movimientos de los planetas de los cielos pueden subsistir durante un tiempo desmesurado*". Termina su demostración estableciendo "*En consecuencia, estando las regiones celestes perfectamente libres de aire y exhalaciones, los planetas y cometas, al no encontrar resistencia sensible en dichos espacios, continuarán su movimiento a través de ellos por un periodo inmenso de tiempo*". Se retoma una vez más la idea del espacio vacío (la ausencia incluso del aceptado éter) y se permite hablar de procesos infinitos.

En la Proposición XIII: *"Que los planetas se mueven por elipses que tienen su foco común en el centro del Sol, y que, mediante radios trazados a dicho centro, describen áreas proporcionales a los tiempos de descripción"* se establece el cumplimiento de la primera y segunda ley de Kepler.

Se trata de acabar de consolidar el planteamiento kepleriano como una de las bases de su discurso. Se apoya en la Proposición IV que establece la atracción entre todos los cuerpos planetarios y acepta implícitamente que esta atracción que siente, por ejemplo, cualquier planeta que gira en derredor del Sol, por parte de los otros, alterara su movimiento y lo sacará de una órbita elíptica perfecta, incumpliendo la primera ley de Kepler y por tanto la segunda o ley de las áreas.

Para este momento Newton concibe las descripciones hechas por Kepler como ideas aproximadas, que no desvirtúan el concepto de fondo, como se establecía, bastante antes, en la Proposición LXV del primer libro: *"Aquellos cuerpos cuyas fuerzas decrecen como el cuadrado de las distancias desde sus centros pueden moverse entre sí en elipses, y por radios trazados hasta los focos describir áreas muy aproximadamente proporcionales a los tiempos"*.

Las leyes keplerianas del movimiento planetario son leyes fenomenológicas, descriptivas, no factores causales. Lo fundamental ya no es, como en Galileo o Kepler, la figura (elíptica, circular) ni el tipo de movimiento (de rotación, orbital), sino la ecuación de masas y distancias.

En la argumentación de esta proposición Newton dice *"Demostramos en la última Proposición el caso donde los movimientos se realizarán exactamente en elipses. Cuanto más se aleje la ley de las fuerzas de la ley en ese caso, más se perturbarán unos a otros sus movimientos los cuerpos; y tampoco es posible que cuerpos que se atraen unos a otros con arreglo a la ley supuesta en esta Proposición se muevan exactamente en elipses, salvo manteniendo cierta proporción de distancias entre sí. Sin embargo, en los casos siguientes las órbitas no diferirán mucho de las elipses."*

La parte restante del Libro Tercero se dedica a la teoría lunar y en su última parte a los cometas. El desarrollo de esta parte fue una de las mayores obsesiones de Newton, ya que si podía describir a la perfección el fenómeno de atracción con el cuerpo celeste más cercano a la Tierra, la generalización sería evidente, se apoyó en las observaciones de Halley para tratar de acabar sus cálculos, pero los resultados finales nunca acabaron por convencerlo.

La teoría gravitatoria no logra explicar con exactitud los complicados movimientos lunares. Newton, por ejemplo, atribuye las mareas a la atracción lunar y solar, siendo más marcada la primera en razón de su cercanía a la Tierra. A causa de la traslación de la Luna, los dos influjos se producen, según Newton, con un retraso medio de casi cincuenta minutos, resultado acorde con las observaciones, y al sumarse ocurren las máximas mareas. Con todo, al comparar las fuerzas de levantamiento de las mareas debidas al Sol y la Luna, los *Principia* exponen un cálculo de la masa lunar casi dos veces mayor al hoy aceptado.

La última parte de la obra se refiere a los cometas. Newton fue realmente el primer astrónomo que los consideró "una especie de planetas", y utilizó con éxito para determinar los elementos de sus órbitas una aproximación parabólica, tanto en el caso de los cometas periódicos (con trayectoria elíptica) como en el de los no periódicos (con trayectorias parabólicas). Newton establece que los movimientos de estos cuerpos son regulares y "están gobernados por las mismas leyes que el movimiento de los planetas". La gran excentricidad de sus órbitas prueba, adicionalmente, que su curso por el espacio exhibe una libertad incompatible con la idea de los vórtices.

Se cierran los *Principia* con el Escolio General, agregado en la segunda edición. Convencido de haber dado una descripción del universo, Newton acepta su incapacidad para explicar las causas de su coherencia. En un momento establece *"Este elegantísimo sistema del Sol, los planetas y los cometas solo podría proceder del consejo y dominio de un ser inteligente y poderoso. Y si las estrellas fijas son centros de sistemas semejantes, estarán bajo el dominio de Uno al estar construidas a partir del mismo consejo"*.

Los *Principia* pueden considerarse hoy uno de los discursos más acabados para explicar la coherencia del universo y para Newton se trataba de un tratado que no solo exigía sino probaba, la existencia de Dios como el único orquestador capaz de concebir este orden perfecto.

VIII La matemática de los *Principia*.

¿De qué herramientas matemáticas disponía Newton a mediados del siglo XVII?

La educación tradicional que recibió Newton en Cambridge se sustentaba, desde el punto de vista matemático, en los postulados de Euclides. Ya hemos comentado que tuvo dificultades cuando Barrow lo examinó en torno a la geometría euclidiana, pero indudablemente llegó a estudiarla con detenimiento.

Entre de sus contemporáneos la figura sobresaliente es sin lugar a dudas René Descartes (1596-1650). *La Philosophiæ Naturalis* y *El discurso del Método* se volvieron dos libros de cabecera para el filósofo inglés.

El discurso de Descartes estableció aportaciones sin precedente al pensamiento matemático del momento. La notación empleada hoy en día, que usa la x , y , z para variables y a , b , c para constantes son algunas de sus herencias.

Descartes, así como la mayoría de los más aventajados pensadores del momento partía siempre de un criterio geométrico para definir a una curva. Este criterio podía incluso aceptar la idea de movimiento. Por ejemplo, una curva dada por la trayectoria seguida por un punto fijo de un círculo, que se desplaza rodando por el interior una parábola, sin resbalar. Una vez que la descripción era suficientemente clara, entonces se podía pasar a deducir para ella una ecuación. Newton no se sujetó a este esquema, pudo darse cuenta de que una ecuación podía decir todo lo necesario de una curva por más difícil que resultara describirla geoméricamente.

Hasta este momento, la nueva geometría analítica que surgía se limitaba a ser practicada sobre curvas existentes y previamente definidas de manera clásica. Había realmente pocas curvas en las cuales ensayar estos nuevos postulados. Newton dio el paso cualitativo de concebir que cualquier ecuación de dos variables define una curva. Esto abrió enormemente el espectro de estudios. No era necesario encontrar una curva donde aplicar la nueva geometría analítica, ahora toda ecuación en sí era una curva, aunque no pudiésemos verla en un papel antes de analizarla. Hoy esta idea es perfectamente natural para nosotros. Podemos no tener idea de la forma geométrica de una curva y sabemos que está completamente descrita por su ecuación.

¿Qué matemática aplica Newton en sus *Principia*?

El lenguaje utilizado no es la geometría clásica hasta ese momento conocida. Si bien el contexto de desarrollo de la mayoría de sus proposiciones es geométrico, el planteamiento va mucho más allá de la concepción euclidiana clásica. Por otro lado tampoco podemos hablar de cálculo infinitesimal, que implicaría reglas de escritura y de manipulación así como un conjunto de algoritmos. No se plantea siquiera la idea del teorema fundamental del cálculo. A este punto

punto medio se le ha dado en llamar "geometría de lo extremo"¹ y se basa en partir de una figura geométrica y analizar las proporciones que aparecen para inducir reglas, aportando la innovación de extrapolar estas figuras a posiciones límites o a intervalos infinitamente pequeños.

El primer elemento que podemos detallar, y que marca una diferencia con la concepción clásica de la geometría, es la idea de introducir el movimiento dentro de las descripciones geométricas que se deben analizar. Lo nítido y palpable que puede ser una descripción geométrica se puede complementar con otro razonamiento también perfectamente natural y por tanto aceptable, que consiste en concebir trayectorias definidas por puntos o curvas que se desplazan.

Por ejemplo ¿de qué forma podemos describir una circunferencia a una persona que no conozca esta figura geométrica? Una manera sería hacerlo imaginar la trayectoria que describe un lápiz que gira atado a una cuerda, fija por el otro extremo a un punto. La única trayectoria posible describiría una circunferencia. Esta cadena de razonamientos es una secuencia que ya aceptamos como muy natural dentro de una descripción matemática, pero que representaba una concepción completamente innovadora al momento de la edición de los *Principia*. La geometría había sido siempre estática, la limitante de lo dibujable daba la pauta de lo describible. Abrir la óptica de lo que podemos ver en una figura geométrica implicó extender el campo de trabajo de las matemáticas de manera exponencial.

Otra aportación al lenguaje matemático moderno y que representaba un paso enorme sobre la geometría clásica era la idea de los intervalos infinitamente pequeños o las cantidades que tendían a un valor. ¿cómo podemos explicar el proceso de "rectificación de una curva" (su aproximación sucesiva por segmentos rectilíneos) sin recurrir a hablar de infinitos? En sí, el hablar de cantidades no finitas implicaba una concepción completamente separada de la mayoría de los discursos filosóficos y científicos de la época. El razonamiento lógico ya estaba maduro desde entonces para este tipo de esquemas. Ahora con unas cuantas imágenes de una figura geométrica es posible imaginar un proceso que incluye un número infinito de ellas.

Aproximemos primero el perímetro de un círculo por el de un cuadrado inscrito en él. Es claro que se logrará una mejor aproximación del perímetro si se inscribe un pentágono y una aún mejor si el polígono inscrito tiene seis lados, y luego siete, y ocho y así sucesivamente. Podemos aún sofisticar mucho más el proceso sin grandes dificultades. Aceptemos que una mejor aproximación para el perímetro del círculo vendrá dada por la media del perímetro de dos polígonos, uno inscrito en el círculo y el otro mayor, con el círculo inscrito en él. Extendamos nuevamente el proceso, aumentando el número de lados de los polígonos, de manera infinita. Esto, en sí, es un paso enorme de abstracción y de racionalización de la realidad. Se renuncia a la concepción geométrica, clásicamente estática; se deja de ver cada figura por separado para verlas todas en un contexto distinto, en un proceso en el que "se tiende" a algo.

Los *Principia* van bastante más allá. A partir de una forma de concebir figuras de trayectorias y movimientos, pasamos a aceptar un razonamiento, una propiedad o característica de una figura puede resultar evidente aun cuando no se compruebe en todas las figuras subsecuentes de una

¹ El término es utilizado por F. De Gandt en "El estilo matemático de los *Principia* de Newton". *Mathesis* Vol. VI (1990)

progresión, si en cualquier punto en que se decida hacerlo, ésta se cumple. Ésta es una base sentada para todo el discurso que delimita hasta dónde se considera necesario probar una aseveración y se dan por aceptadas proporciones en sentido general, por el hecho de mostrarlas en casos discretos y finitos.

La idea de las cantidades infinitamente pequeñas había sido expuesta paralelamente por Leibnitz, como ya hemos comentado. Definitivamente mas rigurosa y delineada, la notación de Leibnitz ha perdurado hasta nuestro calculo diferencial e integral, pero esto no demerita un ápice, la magnitud del aporte hecho por Newton con este velado cálculo infinitesimal utilizado en los *Principia*.

Revisemos el Lema 1: "*Las cantidades, y las razones de cantidades, que en cualquier tiempo finito tienden continuamente a la igualdad, y antes de terminar ese tiempo se aproximan una a otra más que por ninguna diferencia dada, acaban haciéndose en última instancia iguales.*"

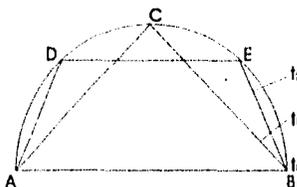


Fig. I

Por ejemplo, en la figura, la longitud del arco AB, respecto de la suma de las longitudes de las rectas AB en el tiempo t_0 , AC y CB en el tiempo t_1 ; AD, DE y EB en el tiempo t_2 y así sucesivamente, tiende a la igualdad. La relación de sus razones, AB/AB para t_0 , $AB/AC+CB$ para t_1 ; $AB/AD+DC+CB$ para t_2 y así sucesivamente, tiende también a la igualdad. Entonces, "en última instancia" (*ultimement*, en el original) esas cantidades o relaciones serán iguales. Esta argumentación sirve de justificación para todos los lemas posteriores. (Ésta es la manera velada de lo que ahora es la argumentación con límites de la derivada de una función)

Allí está la concepción de que a partir de un criterio geométrico y con un razonamiento basado en la sencillez, se puede mostrar una relación y ésta se hace evidente. No es necesario mostrar cada caso para que una afirmación sea general, si se cumple el principio cuando ésta "tiende a...". Las demostraciones puntuales llevan a implicaciones generales.

El tiempo aparece como un elemento esencial en la concepción newtoniana. Vemos dos clases de tiempo en el manejo de Newton: discreto y continuo. El tiempo discreto corresponde al instante que escoge el matemático para observar y demostrar una proporcionalidad. El tiempo continuo, simultáneamente, corresponde a esa variable en continuo cambio, que en cada momento define

magnitudes independientes. No es necesario presentar a priori la figura geométrica para obtener una ecuación, sino que toda ecuación algebraica de dos variables define una curva.

Esta frase del lema I "en última instancia", permite pasar por encima de la infinidad de las etapas de aproximación y extrapolar a partir de cierto número de situaciones finitas hasta el estado extremo de las relaciones entre magnitudes. Se rompe entonces con la concepción de la matemática antigua que sólo habla de cantidades fijas, para pasar a aquellas que pueden "tender a..." y "aproximarse infinitamente".

Una vez aceptada esta idea, el resto de los lemas que abren el primer libro se centran en el análisis de la aproximación de figuras curvilíneas por proporciones rectilíneas y las relaciones entre los elementos geométricos en la vecindad de un punto de una curva. No se trata propiamente de un trabajo de cálculo diferencial e integral como hoy lo conocemos, pero demarca dos de los principios que hoy aceptamos como su base: que para calcular el área bajo la curva debemos hacerlo a través de la aproximación (otra vez un proceso que tiende a infinito) de la suma de áreas bajo rectas; y que el estudio de la continuidad de una curva está determinado por la variación de la tangente en la vecindad de un punto.

Dos concepciones del tiempo afloran. El tiempo discreto permite al matemático calcular el área de un paralelogramo, dado por la aproximación de una curva por rectas. Es un cálculo discreto porque se toma para un tiempo dado, una cantidad fija de rectas, para calcular el área del paralelogramo. El tiempo continuo establece que el estudio de la curvatura en la vecindad de un punto está dado en el desplazamiento continuo de un punto de la curva hacia cualquiera en su vecindad.

Sin especificarlo puntualmente, Newton va incluso un paso más allá. Para él, el análisis importante es la continuidad de la curvatura de una figura (es decir, su segunda derivada), cuando hoy aceptamos que basta con que la primera derivada sea constante, para que una curva se pueda considerar continua.

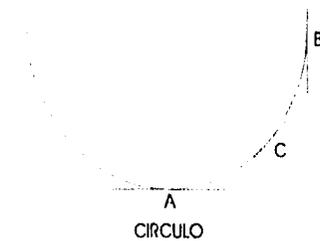


Fig2

En la figura 2, la variación de la tangente entre cualesquiera dos puntos equidistantes, es constante (por ejemplo, entre los puntos A y C la tangente varía 45, de 0 a 45, y entre los puntos C y B, de 45 a 90 la variación es la misma). Esta es una curva continua en el esquema de Newton.

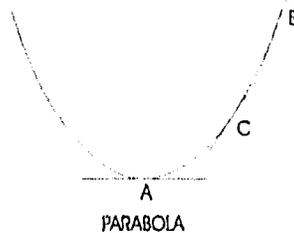


Fig3

En la figura 3, la variación de la tangente entre dos puntos equidistantes cualesquiera no es constante (por ejemplo, y al margen de los valores exactos, podemos aceptar que de A a C el ángulo de la tangente varía más que de C a B). Esta es para nosotros una curva continua.

Si ya aceptamos descartar la acepción de geometría clásica, euclidiana, para la matemática de Newton, por el planteamiento temporal y los valores que tienden a infinito, debemos descartar ahora que se trate de un cálculo infinitesimal establecido y reglamentado como tal. La "soltura" en sus implicaciones y demostraciones se sale de la rigurosidad que hoy exigimos para el cálculo moderno.

Ahora bien, las proposiciones de los *Principia* se basan en figuras geométricas fijas. ¿cómo se hacen perceptibles el movimiento y lo infinitesimal? Lo que se emplea es el concepto de señales finitas² para ideas infinitas. Newton hace lo que hoy llamaríamos un Zoom en sus figuras. A través de prolongar sus rectas o curvas, Newton deja una copia visible y fija, finita, de un proceso que se irá desvaneciendo al hacer tender, por ejemplo un punto a otro. La semejanza entre estas dos figuras, que se deforman pero se mantienen semejantes en todo instante permite que "veamos" una amplificación permanente de un proceso que por extenderse al infinito es imposible apreciar directamente.

Este acercarse a una figura, ampliándola cuanto se quiera, le permite pasos de generalización o sofisticación de un problema que a simple vista no parecerían evidentes, como cuando analiza en las proposiciones 49 y 59, la rectificación de la epicicloide.

² El término también es de F. De Gundl. Ibid.

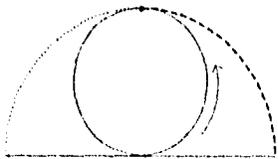


Fig4

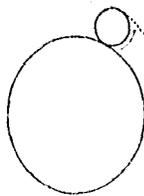


Fig5

Del caso de la figura 4, donde Wren ya había encontrado la manera de hallar la longitud del arco descrito por un punto de un círculo que gira sin resbalar sobre una superficie plana, de por sí un desarrollo extenso y tedioso, Newton pasa a la descripción de la figura 5, donde el círculo se desplaza sin resbalar por el exterior de otro círculo mayor. La demostración de un problema más simple, y luego su concepción como un caso particular de uno más complejo que cumple la misma relación, es un truco mental que hoy seguimos. Cuando no recordamos con seguridad un teorema, aplicamos lo que creemos como la postulación posible a un caso sencillo, si éste la cumple "lo más probable" es que se trate de la regla general. Obviamente si no se cumple, no puede tratarse de la postulación correcta.

Esta manera de presentación vía señales finitas permite descifrar a ratos descripciones que parecen completamente incomprensibles, más aún para las mentes matemáticas modernas que poseemos porque... ¿cómo leemos hoy la matemática newtoniana de los *Principia*?

La simplificación que implica el uso de los modelos matemáticos y su notación hacen que estemos muy acostumbrados, por ejemplo, a pensar en fórmulas. A lo largo de los *Principia* sufrimos al no encontrarlas y una de las tendencias naturales para tratar de dar por entendida una demostración es tratar de encontrar la fórmula moderna a la que se refiere. Leemos la Definición 2: "La cantidad de movimiento es la medida del mismo, surgida de la velocidad y la cantidad de materia conjuntamente" y creemos entenderla al recordar que $Cm = m \times v$

El principio de la geometría clásica de usar las figuras geométricas como fuente de la inducción y generalización que permite enunciar proposiciones, no deja de ser oscuro y difícil de leer, pero representa el método y estilo general de toda la obra de Newton. Es por eso que hoy día no usamos los *Principia* como un libro de texto adecuado para estudiar mecánica clásica, pese a ser la obra que establece todas las leyes universales de la mecánica. Estamos tan acostumbrados a pensar en términos del cálculo diferencial moderno que se ha conjeturado mucho sobre la posible existencia de una versión paralela de los *Principia*, escrita en el lenguaje de fluxiones que Newton ya manejaba en ese entonces.

Realmente no hay ninguna evidencia seria de este segundo documento y parece más bien ilógico pensar en la existencia de un trabajo que habría sido de la magnitud del conocido, sin que se tenga rastro alguno de sus existencia ni razón para pensar que Newton lo hubiese destruido. Más bien cabe pensar que Newton se decidió por esta matemática que se ubica en el justo punto medio de la geometría clásica y el cálculo infinitesimal y que hemos denominado "geometría de lo extremo", porque lo creyó el lenguaje más comprensible para su época. Sabía que el marco de

la geometría clásica se quedaba chico para sus planteamientos, pero renunciar a él por completo habría significado un choque muy duro para los matemáticos contemporáneos. Parecería que Newton no se atrevió a develar todo el poder de su esquema matemático y lo amalgamó con el lenguaje de los clásicos buscando su aprobación. Siempre defendió que su obra estaba destinada a una élite de pensadores de la época pero sabía que incluso para ellos asimilar su trabajo sería una ardua labor.

VI.IV La teoría de gravitación universal.

La ley de gravitación universal de Newton en los *Principia* es, sin duda, una de las mayores aportaciones de la obra. No se trata de un concepto construido de la nada sino el resultado de conjuntar una serie de elementos ya perfilados en el discurso filosófico de la época.

Mucho se ha hablado sobre el peso de cada una de las contribuciones que aportaron a su planteamiento. Indudablemente, dentro de las ideas más importantes deben contarse las tres leyes de Kepler y la concepción de Robert Hooke de descomponer la fuerza que genera un movimiento orbital en una fuerza que genera un desplazamiento tangencial al movimiento y una fuerza central.

La polémica sobre la paternidad de esta ley con el propio Robert Hooke es un tema delicado y del que se ha dicho suficiente. Lo que parece realmente meritorio del aporte de Newton y que indudablemente debemos a él, es justamente la habilidad de conformar un discurso coherente y acabado a partir de un sinnúmero de conceptos tan sólo intuidos por Hooke o muchos de sus contemporáneos.

La Ley de Gravitación Universal como tal, sale a la luz pública con la publicación de los *Principia* en 1687. Podemos vislumbrarla desde el *De Motu*, en 1684 pero no hay elementos concluyentes para pensar que pudiese haber sido concebida con mucha anterioridad, pese a algunas pistas que el propio Newton trató de establecer en este sentido. Analizar la forma en que esta idea debió ir madurando en la mente del genio inglés y su base en conceptos preexistentes, debe servir como una forma de dimensionar la verdadera magnitud de tan colosal aporte al entendimiento de la mecánica del mundo.

La primera base importante para llegar a la gravitación son las tres leyes de Kepler. Denominadas como hipótesis y no como leyes por parte de Newton, no debemos verlas a las tres como un sólo cuerpo conceptual, sino analizarlas por separado. A continuación sus enunciados:

1a. ley o Ley de las Órbitas: Los planetas describen, en su movimiento, órbitas elípticas con el Sol en uno de sus focos.

2a. ley o Ley de las Áreas: El radio vector que une al planeta con el centro del Sol, describe áreas iguales en tiempos iguales.

3a. ley o Ley Armónica¹: La relación entre el cuadrado del período de rotación de un planeta, respecto al cubo de su distancia al Sol, es constante.

En la época de Newton, el manejo que se tenía de estas tres leyes era muy relativo. La Ley Armónica era sin duda la más conocida y aceptada, en buena medida porque era la que más fácilmente podía contrastarse con datos experimentales. La Ley de las Órbitas, si bien era

¹ Se llama Armónica porque Kepler deseaba encontrar las armonías del universo, en analogía con las armonías musicales.

conocida, no era verdaderamente utilizada para sus cálculos por los astrónomos del momento. La Ley de las Áreas era prácticamente desconocida. Muy pocos textos la citaban y era frecuente, por ejemplo, utilizar el foco vacío de la elipse (aquel donde no está el Sol) para el trazado de los radios.

Dentro del proceso de maduración que sufrieron las ideas de Newton, lo primero que es necesario destacar es la manera en la que se llega a la idea de fuerza centrípeta, elemento básico desde el inicio de los postulados de los *Principia*. La concepción de una fuerza que tiende hacia el centro, en un movimiento circular, no era clara en 1660, cuando Newton comienza sus primeros trabajos en el tema. Este concepto vino a sustituir una idea mucho más antigua y profundamente arraigada, incluso en el propio Newton, la de fuerza centrífuga.

René Descartes y Christian Huygens habían analizado el movimiento curvilíneo en función de esa fuerza. Habían observado, por ejemplo, el movimiento de una bola en la superficie interna de un hueco cilíndrico y el movimiento del agua en un caldero movido circularmente. La bola y el agua parecen huir del centro del sistema, de ahí la idea de fuerza centrífuga. Hoy día aceptamos que esta fuerza no existe, porque la interacción de los objetos físicos no da indicios de una fuerza que se aparte del centro y decimos que se trata de una "fuerza ficticia", cuya ilusión se provoca porque observamos a un objeto en movimiento desde un sistema de referencia en rotación. Esta manera de entender el fenómeno no era nada clara para el propio Newton a principios de 1670 y muchos de sus primeros análisis de órbitas se basan en esta fuerza centrífuga. Cabe señalar lo difícil que era deshacerse de esta idea, dada la polémica de la acción a distancia.

La transformación de esta concepción dentro del pensamiento de Newton parece coincidir, quizás hasta haberse a, la manera en que Robert Hooke planteaba el movimiento orbital. Influido o no por la correspondencia de su colega, Newton reconstruye su interpretación para fines de la década de los setentas y habla entonces, de descomponer esta fuerza en dos: una fuerza tangencial al movimiento, que tendería a mover al cuerpo en línea recta y otra que lo jala hacia el centro y que Newton denominaría como *vis centrípeta*, fuerza centrípeta.

La aceptación de la componente tangencial de esta fuerza tiene la tremenda importancia de casar la idea de movimiento orbital con el de fuerzas inerciales o ficticias, planteado en la primera Ley de Newton o Axioma I de los *Principia*. Se trata justamente de que la fuerza que jala al cuerpo hacia el centro es la fuerza que lo saca de su estado de movimiento, que tendería a ser tangencial a la trayectoria.

Newton comienza sus *Principia* apoyado en la Segunda Ley de Kepler o Ley de las Áreas. Dice, en la Proposición I, Teorema I, Libro Primero: "*Las áreas que los cuerpos en revolución describen mediante radios trazados hasta un centro de fuerza inmóvil se encuentran en los mismos planos inmóviles y son proporcionales a los tiempos que describen*".

Utiliza su matemática de procesos que tienden a, y va calculando áreas de triángulos, que conforman un polígono. Al disminuir progresivamente el tamaño de los lados de este polígono se puede demostrar la ley de las áreas.

La proposición siguiente hace entonces el vínculo con su concepción de la fuerza centrípeta. Proposición II, Teorema II, Libro Primero: *"Todo cuerpo que se mueva en cualquier curva descrita en un plano y - mediante un radio trazado hasta un punto inmóvil o que progresa con movimiento rectilíneo uniforme - describa alrededor de ese punto áreas proporcionales a los tiempos es urgido por una fuerza centrípeta dirigida hacia ese punto"*. En manos de Newton, la ley de las áreas de Kepler suministra una condición necesaria y suficiente para la existencia de una fuerza centrípeta.

Finalmente el círculo se cierra con la Proposición III, Teorema III, Libro Primero: *"Todo cuerpo que mediante un radio trazado hasta el centro de otro cuerpo, movido como se quiera, describe alrededor de ese centro áreas proporcionales a los tiempos, es urgido por una fuerza compuesta por la fuerza centrípeta tendente hacia ese otro cuerpo y por toda la fuerza acelerativa con la cual es impelido ese otro cuerpo"*. Aquí se ratifica la concepción de Hooke sobre la composición de fuerzas en un movimiento orbital.

Desde este momento, Newton utilizará el mismo término "vis", fuerza, para referirse a dos conceptos distintos. Por un lado las fuerzas inerciales, inherentes al cuerpo, que forman parte de su esencia y permanecen siempre en el cuerpo. Por otro, las fuerzas impresas, ajenas al cuerpo, que son: percusión, presión y fuerza centrípeta y que sirven para provocar un cambio de estado en el cuerpo pero no permanecen en él.

En este análisis de movimientos orbitales, Newton da el salto de comenzar su estudio del movimiento desde el caso particular de los círculos, para rápidamente llegar al caso general de elipses. Esto queda de manifiesto al contrastar la Proposición IV, Teorema IV, Libro Primero: *"Las fuerzas centrípetas de los cuerpos que mediante movimientos regulares describen diferentes círculos tienden hacia los centros de esos círculos, y son entre sí como los cuadrados de los arcos descritos en tiempos iguales divididos respectivamente por los radios de esos círculos"*; con la Proposición XI, Problema VI, Libro Primero: *"Si un cuerpo gira en una elipse: encuéntrase la ley de la fuerza centrípeta que tiende hacia el foco de la elipse"*.

Este paso de generalización se había escapado del alcance de sus predecesores. Kepler primero y Hooke después, habían perdido el hilo conductor del análisis al establecer como postulado general la proporción inversa entre velocidad del cuerpo en rotación y su distancia al centro. En una carta de enero de 1679 Hooke comentaba a Newton: *"...La atracción se halla siempre en una proporción duplicada con la distancia del centro recíprocamente, y por consiguiente la velocidad se hallará en una proporción sub-duplicada con la atracción y, por ende, como supone Kepler, recíprocamente con la distancia"*²

Realmente esta aseveración sólo se cumple en una región de la elipse (afelio y perihelio) donde la distancia del Sol al planeta es casi igual a la distancia perpendicular que media entre el Sol y la línea trazada a través de la posición del planeta tangente a la órbita. Pudiendo detectar este error, Newton complementó su Proposición I del Libro Primero con un Corolario I: *"La velocidad de un cuerpo atraído hacia un centro móvil, en espacios libres de resistencia, es inversamente como*

² I.B. Cohen. *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Alianza Edit. España. 1983 p.269

la perpendicular desde ese centro a la línea recta que toca (es decir es tangente a) la órbita". (Ver figura de la página 64).

Afinado este punto para generalizar desde círculos hacia elipses, Newton construye en la ya citada Proposición IV, Teorema IV, Libro Primero, una cadena de corolarios que lo llevan a asentar el elemento que faltaba para completar el esquema kepleriano, la Tercera Ley o Ley Armónica. En el Corolario VI de esta proposición dice: "*Si los tiempos periódicos son como las potencias 3/2 de los radios y, por tanto, las velocidades inversamente como las raíces cuadradas de los radios, las fuerzas centripetas serán inversamente como los cuadrados de los radios*". Ha asociado la última ley de Kepler con la ley del inverso del cuadrado.

Pero, no contento con armar un modelo que diese cabida a las tres leyes de Kepler, al pasar en el Libro Tercero al Sistema del Mundo, Newton se encarga de demostrar que realmente, en sentido estricto, estas leyes no se cumplen (1). Apoyándose en este caso en la fortaleza de su tercera ley o Axioma III, Libro Primero, que plantea el principio de acción y reacción, Newton hace notar que las leyes de Kepler son realmente la simplificación de un esquema mucho más complicado.

El esquema se desarrolla sobre todo en la Proposición V, Teorema V, Libro Tercero, con sus corolarios y Escolio, vale la pena leer la secuencia completa³.

La tercera ley o Axioma III, Libro Primero, ha permitido el paso de sofisticación que permite adecuar las leyes de Kepler al sistema del mundo. Esta adecuación o transformación la podemos ver en dos pasos:

1. La relación entre el Sol (o el planeta central) y el planeta que gira en su derredor es recíproca. El planeta atrae al Sol tanto como el Sol lo atrae a él y realmente ambos giran describiendo una elipse en torno al centro de masa del sistema.

2. Llegamos a que no sólo se atraen mutuamente Sol y planeta sino que todos los cuerpos del universo unos a otros, afectando la atracción de cada uno sobre el movimiento orbital de los otros y justificando que realmente no podamos hablar de elipses para describir dichas órbitas.

Una vez especificado el sentido parcial de cumplimiento de las leyes de Kepler y la interacción universal que debe tomarse en cuenta para calcular realmente las órbitas y las fuerzas que experimenta cada planeta, Newton acepta que este grado de complejidad es inalcanzable. Como

³Proposición V: "*Que los planetas circun jovianos gravitan hacia Júpiter. los que circundan Saturno hacia Saturno, los que circundan el Sol hacia el Sol, siendo apartados del movimiento rectilíneo y retenidos en órbitas curvilíneas por las fuerzas de la gravedad*".
Corolario I: "*Existe, en consecuencia, un poder de gravedad que tiende hacia todos los planetas, pues es indudable que Venus, Mercurio y los demás son cuerpos de la misma especie que Júpiter y Saturno. Y puesto que toda atracción (por la Ley III) es mutua, Júpiter gravitará, en consecuencia, hacia todos sus satélites, Saturno hacia los suyos, la Tierra hacia la Luna y el Sol hacia todos los planetas primarios*".
Corolario II: "*La fuerza de la gravedad que tiende hacia cualquier planeta es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de los lugares al centro de dicho planeta*".
Corolario III: "*Todos los planetas gravitan unos hacia otros, por los Corolarios I y II. A ello se debe que Júpiter y Saturno, al acercarse a su conjunción, perturben sensiblemente sus movimientos con su atracción mutua. Igualmente perturba el Sol los movimientos de la Luna, y tanto el Sol como la Luna perturban nuestro mar, como más adelante explicaremos*".
Escolio: "*La fuerza que retiene a los cuerpos celestes en sus órbitas ha sido hasta ahora denominada fuerza centripeta. Sin embargo, tras haber demostrado que no puede ser sino una fuerza gravitatoria, desde este momento la llamaremos gravedad. Pues la causa de la fuerza centripeta que retiene a la Luna en su órbita se extenderá a todos los planetas, según las Reglas 1. 2 y 4*".

expresó en el borrador revisado del *De Motu*: "Los planetas ni se mueven exactamente en elipses ni giran dos veces en la misma órbita". Llegando más adelante al siguiente resultado: "De manera que hay tantas órbitas para un planeta cuantas revoluciones posee, como en el movimiento de la Luna, dependiendo la órbita de cualquier planeta del movimiento combinado de todos los planetas, por no hablar de la acción de todos ellos unos sobre otros. Ahora bien, si no me equivoco, la consideración simultánea de todas estas causas del movimiento y la definición de todos ellos mediante leyes exactas que permitan cálculos convenientes excede la capacidad del entendimiento humano".⁴

En definitiva, si aceptamos que el centro de masa del Sistema Solar se encuentra casi en el centro del Sol, porque casi toda la masa de aquél se encuentra en esta estrella, la aproximación kepleriana es bastante exacta. Nótese que esto no quiere decir que todos los cálculos adicionales realizados por Newton hayan sido inútiles, sino que fue capaz de justificar hasta qué punto las Leyes de Kepler son una buena aproximación y cuál sería la forma de obtener el cálculo real de la interacción y las órbitas planetarias.

Finalmente, debemos destacar también, dentro del camino hacia el concepto de la gravitación universal, la forma en que se maneja a lo largo de los *Principia* el concepto de masa. Se pueden reconocer varias acepciones y maneras de definir el término a lo largo de la obra.

En la Definición I, Libro Primero (primer enunciado de todo el texto de los *Principia*) se dice: "La cantidad de materia es la medida de la misma, surgida de su densidad y magnitud conjuntamente". Manejado como sinónimo de cuerpo o cantidad de materia, la definición supedita el concepto a otro no expuesto anteriormente: el de densidad.

Así de ambiguo, el término se conserva hasta el Libro tercero, donde ante la necesidad de armar los eslabones que llevan a la Ley de Gravitación Universal, debe volver a retomarse, ahora directamente como cantidad de materia, refiriéndola ahora al concepto de peso. En la Proposición VI, Teorema VI, Libro Tercero: "Que todos los cuerpos gravitan hacia todos los planetas, y que los pesos de los cuerpos hacia cualquier planeta, a distancias iguales del centro del planeta, son proporcionales a las cantidades de materia que respectivamente contienen".

Una vez establecido el concepto de cantidad de materia o masa, la cadena de Proposiciones I a VII del Libro Tercero permiten finalmente armar la Ley de Gravitación Universal como hoy la conocemos: $F = GM m/r^2$

Realmente Newton no escribe en ningún momento una fórmula de este tipo. El lenguaje matemático de hoy nos permite condensar en unos cuantos términos toda una madeja de conceptos que encontramos dispersos en una serie de proposiciones.

Conjuntando su Ley de Gravitación Universal con el Axioma II del Libro Primero o Segunda Ley, Newton logra demostrar el viejo resultado obtenido por Galileo; dos cuerpos lanzados desde alturas iguales, caen en tiempos iguales, al margen del peso; es decir que el valor de la fuerza de

⁴ Bernard Cohen. *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Op.cit. p.288

gravedad no depende más que de la masa de la Tierra (o del planeta del que se trate) y de la distancia al centro donde se calcule.

VI.V La *Óptica*: ediciones y traducciones.

Para principios del siglo XVIII Newton es un filósofo mucho más vinculado al mundo que cuando publica los *Principia* en 1687. Por otro lado sabe que su nueva obra tiene un carácter sustancialmente distinto a la anterior. En el caso de los *Principia* se trataba de un discurso mucho más completo y acabado, que representaba una síntesis de la cual vanagloriarse.

Si en los *Principia* la herramienta matemática fue la base fundamental de desarrollo, ahora, en la *Óptica*, se trata de una disertación en torno al método experimental y tiene una premisa muy distinta: los experimentos deben poder reproducirse, la matemática necesita entenderse. Newton abandona el latín, el lenguaje de los clásicos y trata de llegar a un núcleo más grande de filósofos y pensadores. De ahí que la primera edición aparece en inglés, en 1704. De todos modos, se publica una primera traducción al latín en 1706 a cargo de Samuel Clarke.

Newton quiere que su trabajo sea leído, sabe que será convincente en la medida en que se puedan entender y repetir sus experimentos. La difusión de las teorías en torno a la luz y los colores es mucho más amplia para este momento de lo que eran las bases de la mecánica al momento de publicar los *Principia* y de ahí la idea de exponer el trabajo a la consideración del mundo.

Consciente del carácter inconcluso de esta obra, Newton estructura la segunda edición del trabajo en 1717 donde, básicamente, agrega nuevas *Cuestiones* (*Cuestiones* o *Quærys*, en inglés). Esta segunda edición se traduce también al latín, en 1719.

La tercera edición de la *Óptica*, la última en vida de Newton, aparece en 1721 con correcciones y agregados mínimos respecto de la anterior. Posteriormente a la muerte de Newton, se aprovecharon sus últimas anotaciones y comentarios al calce para producir una cuarta edición del libro en 1730 (recuérdese que Newton muere en 1727).

El trabajo que aquí se presenta se basa en la edición en español de Carlos Solís, Ediciones Alfaguara, Madrid, 1977. Ésta, a su vez, está principalmente traducida de la edición en inglés de 1730 y apoyada en la traducción latina de Samuel Clarke de 1706.

VI.VI Esquema general.

La *Óptica* está dividida en tres libros y cada uno en varias partes. Observamos que los libros no tienen nombre o título, a diferencia de lo que pasa con los *Principia*. Esto puede deberse a lo variado de los temas que se cubren en cada uno y que hace difícil, incluso para el autor, encontrar un título descriptivo de todo lo que se trata en cada uno.

El Libro I, dividido en dos partes, inicia con una declaración extremadamente importante: "En este libro no pretendo explicar mediante hipótesis las propiedades de la luz, sino presentarlas y probarlas mediante la razón y los experimentos. Para ellos, propongo como premisas las siguientes definiciones y axiomas."

¿Cuál es el objetivo y trasfondo de un enunciado de este tono? Primero que todo, definir el objetivo central de la obra: enunciar las propiedades de la luz. En segundo término, establece la metodología de trabajo a utilizar, presentando a la experimentación como la contraparte correcta a la mera formulación de hipótesis. Recordemos la preocupación de Newton, reflejada desde los *Principia*, de no inventar o fingir hipótesis que sustituyeran la demostración directa de los fenómenos que trata de explicar. Finalmente, se delimitan las bases de su discurso, enunciando un conjunto de Definiciones, que usará como punto de partida en la construcción de todo su trabajo y un grupo de axiomas que describen *el estado de la óptica en ese momento*, para desde ahí arrancar sin tener que demostrar lo comúnmente aceptado.

En la Definición I se enuncia: "*Por rayos de luz entiendo las partes menores de la misma, tanto las sucesivas en la misma línea como las contemporáneas en diversas líneas.*"¹ Dejando para más adelante la discusión sobre ¿qué es la luz?, Newton trata de arrancar de un concepto más tangible, los rayos de luz. Se trata de establecer un término para poder empezar a hablar de sus propiedades: "*Es claro que la luz consta de partes, tanto sucesivas como contemporáneas, puesto que en un mismo lugar se puede tener la luz que llega en un momento dado y dejar pasar la luz que viene inmediatamente después.*"

Las dos definiciones siguientes establecen las dos características observables que se utilizan para describir a estos rayos: refrangibilidad y reflexibilidad. La Definición II dice: "*La refrangibilidad de los rayos de luz es su disposición a refractarse o desviarse de su camino al pasar de un cuerpo o medio transparente a otro. La mayor o menor refrangibilidad de los rayos es su disposición a desviarse más o menos de su camino, dadas iguales incidencias en el mismo medio.*" Por su parte, la Definición III establece: "*La reflexibilidad de los rayos es la disposición que estos tienen a reflejarse o retornar al mismo medio desde cualquier otro medio sobre cuya superficie caigan. Son más o menos reflexibles aquellos rayos que retornan más o menos fácilmente.*"

Las tres definiciones posteriores enuncian parámetros medibles de estas características observables: ángulos y senos de ángulos. La Definición IV dice: "*Ángulo de incidencia es aquel ángulo contenido entre la línea descrita por el rayo incidente y la perpendicular a la superficie reflejante o refractante en el punto de incidencia.*" Luego, la Definición V establece: "*Ángulo de reflexión es aquel ángulo contenido entre la línea descrita por el rayo reflejado o refractado y la perpendicular a la superficie reflejante o refractante entre los puntos de incidencia.*" Se complementan finalmente con la Definición VI que enuncia: "*Los senos de incidencia, reflexión o refracción son los senos de los ángulos de incidencia, reflexión y refracción.*"

Con base en la refrangibilidad y la reflexibilidad, se establecen entonces los conceptos de luz y colores homogéneos y heterogéneos. En la Definición VII se dice: "*Llamo luz simple, homogénea y similar a aquella cuyos rayos son igualmente refrangibles, y llamo compuesta, heterogénea o disimilar a aquella luz algunos de cuyos rayos son más refrangibles que otros.*"

¹Todas las citas de la *Óptica* se ponen en letra cursiva, todos son de la misma edición: Ediciones Alfaguara. Madrid. 1977

Por último, Newton da el salto de la concepción de rayos de luz a colores, contentándose en este caso con sólo establecer algunas de sus características, más que definirlos. En la Definición VIII leemos: "*Llamo primarios, homogéneos y simples a los colores de la luz homogénea; y a los de la heterogénea los denomino heterogéneos y compuestos.*"

De aquí se da el paso hacia los axiomas, ocho en total. Los primeros cinco no tienen comentario alguno en la obra y se da cierta discusión sobre los últimos tres. El objetivo de esta parte se refleja al final de la misma, cuando Newton declara: "*He dado aquí, en forma de axiomas y sus explicaciones todo cuanto hasta ahora ha sido tratado en óptica. Me conformo con suponer como principios aquello que hasta ahora se ha aceptado comúnmente, con vistas a lo que voy a desarrollar a continuación. Además, esto bastará a modo de introducción para aquellos lectores de inteligencia rápida y de buen entendimiento que no estén versados en óptica, si bien quienes ya están familiarizados con dicha ciencia y hayan manejado cristales captarán más fácilmente cuanto sigue.*"

Axioma I: "*Los ángulos de reflexión y refracción están en el mismo plano que el ángulo de incidencia.*"

Axioma II: "*El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.*"

Axioma III: "*Si el rayo refractado se hace retornar directamente al punto de incidencia, se refractará siguiendo la línea descrita anteriormente por el rayo incidente.*"

Axioma IV: "*La refracción de un medio más raro a otro más denso tiene lugar hacia la perpendicular; es decir, el ángulo de refracción es menor que el de incidencia.*"

Axioma V: "*El seno de incidencia y de refracción están entre sí en una razón exacta o casi exacta.*"

Los predecesores de Newton, al desestimar la dispersión de los colores, debían medir la parte central del haz refractado. Por esta razón, con los métodos tradicionales de medición, Newton establece que esta relación entre senos de incidencia y refracción es casi exacta. En la Proposición VI. Teorema V del Libro I retoma el tema, pero considerando cada uno de los rayos de manera independiente.²

Axioma VI: "*Los rayos homogéneos que parten de diversos puntos de un objeto y que caen perpendicularmente o casi perpendicularmente sobre un plano o superficie esférica reflectante o refractante divergirán luego de otros tantos puntos, serán paralelos a tantas otras líneas o convergirán a tantos otros puntos, sea exactamente o sin ningún error sensible. Lo mismo ocurrirá si los rayos se reflejan o refractan sucesivamente en virtud de dos, tres o más planos o superficies esféricas.*"

² Prop. VI. Teorema V: "*El seno de incidencia de cada uno de los rayos, independientemente considerados, está en una razón dada con su seno de refracción.*"

En este axioma existe cierto detalle posterior al analizar el caso de superficies planas, esféricas y luego el caso general, para evidenciar que en todas ellas se aplica dicho axioma.

Axioma VII: "Dondequiera que los rayos provenientes de todos los puntos de un objeto cualquiera se encuentren de nuevo en otros tantos puntos, tras haber sido obligados a converger por reflexión o refracción, formarán una representación del objeto sobre cualquier cuerpo blanco sobre el que caigan."

Para explicar este Axioma Newton comenta que: "Así pues, si *PR* (ver figura) representa cualquier objeto sin aperturas y *AB* es una lente situada en un agujero practicado en el postigo de una habitación oscura, los rayos provenientes de cualquier punto *Q* de dicho objeto se verán obligados a converger y encontrarse de nuevo en el punto *q*. Si sostenemos una hoja de papel blanco en *q*, para que recoja la luz, aparecerá sobre él la representación del objeto *PR* con su forma y colores propios. Del mismo modo que la luz proveniente del punto *Q* confluye en el punto *q*, la luz proveniente de otros puntos, *P* y *R*, del objeto confluirá hacia otros tantos puntos, *p* y *r*, como pone de manifiesto el axioma sexto, de manera que cada uno de los puntos del objeto ilumine un punto correspondiente de la representación, contribuyendo a formar una representación semejante al objeto en forma y color, con la excepción de que estará invertida. Esta es la explicación de ese experimento tan popular, consistente en proyectar las formas de los objetos del exterior sobre una hoja de papel blanco o sobre la pared de una habitación oscura."

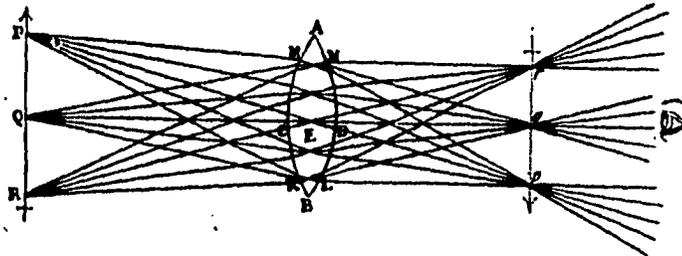
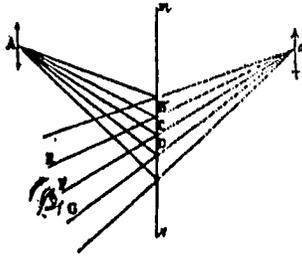


FIG. 3

Axioma VIII: "Un objeto visto por reflexión y refracción aparece allí de donde divergen los rayos, al caer sobre el ojo del espectador, tras su última reflexión o refracción." Para explicar este axioma comenta: "Si el objeto *A* (ver figura) se ve por reflexión en un espejo *mn*, no aparecerá en su lugar propio, *A*, sino en *a*, tras el cristal, que es donde divergen los rayos *AB*, *AC*, *AD*, procedentes del mismo punto del objeto tras su reflexión en los puntos *B*, *C*, *D*, camino de los puntos *E*, *F*, *G*, en los que inciden sobre los ojos del expectador"



Para estos últimos dos axiomas se utilizan un par de dibujos, para que la vista geométrica ayude a entender el significado de los mismos.

Vale la pena analizar el contraste con el conjunto de axiomas con los que abren los *Principia*. En aquella obra se trata ni más ni menos que de hacer la gran presentación de las ideas de Newton. Para el caso de la mecánica, Newton tiene todos los elementos para establecer sus tan conocidas tres leyes. Sienta las reglas que rigen el movimiento mecánico del universo como nadie lo había hecho hasta entonces. Los axiomas de la *Óptica* no son, ni pretenden ser, nada por el estilo.

Newton está consciente de que su trabajo en esta materia no está acabado, no puede en este caso crear sus propias bases del discurso sino que tiene que partir de los conceptos y apreciaciones que se tenían de la óptica en la época. Eso de "Me conformo con suponer como principios aquello que hasta ahora se ha aceptado comúnmente" es una manera mucho más modesta de partir que la utilizada en los *Principia* y permite evitar mayores fundamentaciones.

Este punto de partida hace a la *Óptica* más accesible para el lector que los *Principia* y es un excelente compendio de los conceptos que sobre la materia se tenían al inicio del siglo XVIII.

Una vez aclarado lo que se da por sentado, Newton da paso a las Proposiciones. Otra vez la diferencia con los *Principia* es notoria. En aquel caso se inicia el desarrollo de la herramienta matemática para construir un modelo del mundo. En este caso se trata de una colección de experimentos que transmiten una idea.

A partir de este punto el lenguaje se vuelve más concreto. El texto de las proposiciones es corto y probablemente más entendible que en los *Principia*.

Prop. 1: "*La luz que difiere en color, difiere también en grado de refrangibilidad.*" Para demostrar esto, Newton establece, incluso a modo de título, que lo que se hará es una "Demostración experimental". En este caso se detallan dos experimentos, cada uno con una ilustración y al final un escolio. Hay que destacar la escritura en primera persona, que contrasta con el tono impersonal de los *Principia*.

La primera oración puede tomarse como ejemplificadora de todo el trabajo: "Tomé un papel rígido de forma oblonga, limitado por lados paralelos, y lo dividí en dos partes iguales mediante una línea recta perpendicular, trazada de uno a otro lado." Si las demostraciones de los *Principia* eran un reto al duro trabajo de la abstracción, en la *Óptica* Newton pretende describir sus experimentos como una cordial invitación a reproducirlos.

En el discurso mecánico las figuras hacen gala del manejo geométrico y la noción de movimiento. En este caso se trata de descripciones de la realidad tangibles y reproducibles. En este primer experimento comienza la descripción de la ilustración diciendo "En la figura onceava, MN representa la ventana, y DE el papel limitado por los lados paralelos DJ y HE." Al leer esto parece que viéramos a Newton trabajando en su laboratorio, describiéndonos paso a paso lo que hace. La conjugación en primera persona será utilizada a lo largo de toda la obra. Siguiendo la misma pauta, establece cada proposición seguida de uno o varios experimentos para demostrarla y, si es necesario, algunas ilustraciones que faciliten entender la explicación.

La Proposición II, Teorema II es probablemente una de las más conocidas: "La luz del Sol consta de rayos de diferente refrangibilidad." Para su demostración se proponen una serie de experimentos (cinco en total, numerados del 3 al 7). Newton nos lleva de la mano para que sigamos paso a paso su trabajo. Se fija el escenario en una habitación oscura, donde se permite la entrada de un rayo de luz que se hace pasar por uno o varios prismas en diferentes arreglos.

El experimento 6 fue diseñado por Newton para ser absolutamente concluyente al demostrar que la luz solar es una composición de rayos y es conocido como el *Experimentum Crucis*. En él, la luz que entra por el agujero de la ventana se dispersa mediante un prisma móvil, capaz de proyectar sobre el orificio de una pantalla uno u otro de los colores espectrales. A determinada distancia de esta primera pantalla, se sitúa una segunda, con otro orificio, detrás de la cual se coloca un segundo prisma fijo. De este modo se experimenta cómo refracta este segundo prisma los rayos de luz de diverso color e igual incidencia, provenientes de la refracción del primer prisma.

Este experimento, reproducido innumerables ocasiones por seguidores y detractores de Newton, demuestra experimentalmente las proposiciones I y II que servirán de partida a todo el desarrollo ulterior. La luz blanca del Sol es un espectro de colores compuestos y cada color es un rayo con distinto índice de refracción.

Las seis proposiciones siguientes, III hasta VIII, definen las características de estos rayos, por ejemplo, la Prop. III dice "La luz del Sol consta de rayos que difieren en reflexibilidad, siendo más reflexibles los que son más refrangibles" y en la Prop. V establece "La luz homogénea se refracta regularmente, sin ninguna dilatación, división o ruptura de los rayos, y la visión confusa de los objetos contemplados a través de cuerpos refractantes, debida a la heterogeneidad de la luz, surge de la diferente refrangibilidad de los diversos tipos de rayos". Después de esta secuencia de proposiciones se da por terminada la primera parte del Libro I.

La segunda parte sigue con la misma estructura. Una serie de proposiciones, en este caso once, y para cada una de ellas varios experimentos para demostrarlas. En algunos casos los

planteamientos, sin embargo, rompen un poco este esquema, como en la proposición VII. Aquí, más que proponer un nuevo experimento se demuestra que a partir de las proposiciones anteriores se puede inducir ésta. El rigor demostrativo dista mucho de la maquinaria matemática usada en los *Principia*, evidenciando el tono ambiguo con el que se emiten algunas afirmaciones. En una parte leemos *"Todos los colores del universo producidos por la luz (no los que dependen de la imaginación) son o los colores de las luces homogéneas o los que resultan de componerlas, de acuerdo exactamente o casi con la regla del problema precedente."*

Establecidas de esta forma las propiedades de la luz, con mayor o menor rigor, concluye el Libro I de la *Óptica*

El Libro II está concebido de una manera muy distinta al anterior. Se adentra en la investigación de la estructura del microcosmos y se divide en cuatro partes, con diferente esquema incluso una respecto de otra.

En la primera parte se hacen una serie de observaciones, veinticuatro en total, relativas a las reflexiones, refracciones y colores de los cuerpos delgados y transparentes. Sin el compromiso de establecer una proposición y tener que demostrarla con experimentos, Newton hace una serie de observaciones, que son en definitiva experimentos también. Se describen fenómenos que ha observado en la experimentación en su laboratorio y trata de hacerse de manera sencilla, de forma que sus colegas lectores del trabajo pudiesen reproducir muchos de estos.

Es destacable que Newton no pretende sacar conclusiones iniciales sobre estas observaciones, hablará sobre ellas en la siguiente parte del libro. Por ahora, se contenta con tratar de ser muy claro en sus descripciones. Veamos por ejemplo la Obs.12: *"Estas observaciones (las comentadas hasta antes de esta) se realizaron al aire libre. Mas, a fin de examinar también los efectos de la luz de colores sobre los cristales, oscurecí la habitación y los observé mediante la reflexión de los colores que un prisma proyectaba sobre una hoja de papel blanco. Coloqué el ojo de manera que pudiese ver la reflexión del papel de colores en los cristales, como si de un espejo se tratase. De este modo, los anillos se hacían mucho más distintos y visibles en un número muchísimo mayor que al aire libre. Pude ver a veces más de veinte de ellos, mientras que al aire libre no podía distinguir más allá de ocho o nueve."* o la Obs.24: *"Cuando ambos objetivos estaban uno sobre otro, haciendo que apareciesen los anillos de colores, aunque no me era posible distinguir más de ocho o nueve a simple vista, con un prisma podía ver un número de ellos mucho mayor. Pude contar más de cuarenta, sin tener en cuenta unos que eran tan diminutos y estaban tan juntos que me resultaba imposible mantener fija la mirada sobre cada uno de ellos por separado a fin de contarlos. Con todo, por su extensión total, llegué a veces a estimar su número en más de un centenar."*

La segunda parte del Libro II trata las conclusiones de las observaciones precedentes en lo que Newton llama consideraciones. Se intentan obtener anchos espectrales de cada color, con valores numéricos. A partir de la idea de que los grados de refrangibilidad van necesariamente acompañados de determinados colores, se permite un tratamiento matemático para estos últimos y se propone incluso una tabla de valores.

planteamientos, sin embargo, rompen un poco este esquema, como en la proposición VII. Aquí, más que proponer un nuevo experimento se demuestra que a partir de las proposiciones anteriores se puede inducir ésta. El rigor demostrativo dista mucho de la maquinaria matemática usada en los *Principia*, evidenciando el tono ambiguo con el que se emiten algunas afirmaciones. En una parte leemos "*Todos los colores del universo producidos por la luz (no los que dependen de la imaginación) son o los colores de las luces homogéneas o los que resultan de componerlos, de acuerdo exactamente o casi con la regla del problema precedente.*"

Establecidas de esta forma las propiedades de la luz, con mayor o menor rigor, concluye el Libro I de la *Óptica*

El Libro II está concebido de una manera muy distinta al anterior. Se adentra en la investigación de la estructura del microcosmos y se divide en cuatro partes, con diferente esquema incluso una respecto de otra.

En la primera parte se hacen una serie de observaciones, veinticuatro en total, relativas a las reflexiones, refracciones y colores de los cuerpos delgados y transparentes. Sin el compromiso de establecer una proposición y tener que demostrarla con experimentos, Newton hace una serie de observaciones, que son en definitiva experimentos también. Se describen fenómenos que ha observado en la experimentación en su laboratorio y trata de hacerse de manera sencilla, de forma que sus colegas lectores del trabajo pudiesen reproducir muchos de estos.

Es destacable que Newton no pretende sacar conclusiones iniciales sobre estas observaciones, hablará sobre ellas en la siguiente parte del libro. Por ahora, se contenta con tratar de ser muy claro en sus descripciones. Veamos por ejemplo la Obs.12: "*Estas observaciones (las comentadas hasta antes de esta) se realizaron al aire libre. Mas, a fin de examinar también los efectos de la luz de colores sobre los cristales, oscurecí la habitación y los observé mediante la reflexión de los colores que un prisma proyectaba sobre una hoja de papel blanco. Coloqué el ojo de manera que pudiese ver la reflexión del papel de colores en los cristales, como si de un espejo se tratase. De este modo, los anillos se hacían mucho más distintos y visibles en un número muchísimo mayor que al aire libre. Pude ver a veces más de veinte de ellos, mientras que al aire libre no podía distinguir más allá de ocho o nueve.*" o la Obs.24: "*Cuando ambos objetivos estaban uno sobre otro, haciendo que apareciesen los anillos de colores, aunque no me era posible distinguir más de ocho o nueve a simple vista, con un prisma podía ver un número de ellos mucho mayor. Pude contar más de cuarenta, sin tener en cuenta unos que eran tan diminutos y estaban tan juntos que me resultaba imposible mantener fija la mirada sobre cada uno de ellos por separado a fin de contarlos. Con todo, por su extensión total, llegué a veces a estimar su número en más de un centenar.*"

La segunda parte del Libro II trata las conclusiones de las observaciones precedentes en lo que Newton llama consideraciones. Se intentan obtener anchos espectrales de cada color, con valores numéricos. A partir de la idea de que los grados de refrangibilidad van necesariamente acompañados de determinados colores, se permite un tratamiento matemático para estos últimos y se propone incluso una tabla de valores.

"De acuerdo con todo ello, he confeccionado la siguiente tabla, en la que se expresa el grosor del aire, agua y cristal en el que cada color es más intenso y específico, medido en millonésimas de pulgada.

Grosor de las partículas y láminas de colores de

		Aire	Agua	Cristal
Sus colores en el primer orden,	Muy negro	1 1/3	3/6	10/31
	Negro	1	3/4	20/31
	Comienzo del negro	2	1 1/2	1 2/5
	Azul	2 2/3	1 4/8	1 11/20
	Blanco	3 1/3	3 2/8	3 2/3
	Amarillo	7 1/6	5 1/8	4 2/3
	Naranja	8	6	5 1/6
	Rojo	9	6 3/6	5 4/3
	En el segundo orden,	Violeta	11 1/6	8 2/6
Azul		12 2/6	9 2/6	8 2/11
Azul		14	10 1/3	9
Verde		15 1/6	11 2/3	9 2/5
Amarillo		16 2/6	12 1/3	10 2/5
Naranja		17 1/6	13	11 1/6
Rojo brillante		18 1/6	13 2/6	11 2/6
En el tercer orden,	Escarlata	19 2/3	14 2/6	12 2/5
	Púrpura	21	15 2/6	13 11/20
	Azul	22 1/6	16 4/6	14 1/6
	Azul	23 2/6	17 1/2	15 1/10
	Verde	25 1/6	18 2/6	16 1/6
	Amarillo	27 1/6	20 1/6	17 2/6
	Rojo	29	21 2/6	18 2/6
En el cuarto orden,	Rojo amulado	32	24	20 2/6
	Verde amulado	34	25 1/2	22
	Verde	35 2/3	26 1/2	22 2/6
	Verde amarillento	36	27	23 2/6
En el quinto orden,	Rojo	40 1/3	30 1/6	26
	Azul verdoso	46	34 1/3	29 2/3
En el sexto orden,	Rojo	52 2/3	39 2/6	34
	Azul verdoso	58 2/6	44	38
En el séptimo orden,	Rojo	63	48 2/6	42
	Azul verdoso	71	53 1/6	45 4/6
	Blanco rojizo	77	57 2/6	49 2/6

Termina esta segunda parte del Libro II diciendo "Desde esta perspectiva, la ciencia de los colores se convierte en una teoría tan genuinamente matemática como cualquier otra parte de la óptica. Digo esto, en tanto en cuanto los colores dependan de la naturaleza de la luz y no se generen o alteren por el poder de la imaginación o por presiones o golpes sobre el ojo."

En la tercera parte se vuelve otra vez al esquema de las proposiciones, veinte en total, pero a diferencia del Libro I no se utilizan los experimentos para demostrarlas sino que se conforma Newton con dar una explicación de cada una. Se habla sobre los colores permanentes de los cuerpos naturales y su analogía con los colores de las láminas delgadas y transparentes. Se trata de averiguar cómo la constitución de los cuerpos hace que se reflejen unos rayos más que otros.

Vemos por ejemplo la Prop. IV: *"Las partes de los cuerpos y sus intersticios no han de ser menores que una magnitud determinada, si es que han de volverlos opacos y de colores."* Que Newton explica de la siguiente forma: *"Efectivamente, si se dividen finamente las partes de los cuerpos más opacos (como cuando se disuelven los metales en menstros ácidos, etc), se vuelven completamente transparentes. Se ha de recordar también que en la observación octava no se percibía ninguna reflexión en las superficies de los objetivos cuando estaban muy próximos, aunque no se tocasen en absoluto. En la observación décimo séptima, la reflexión donde la pompa se tornaba máximamente delgada era casi imperceptible, produciendo la aparición de la mancha negra en la cúspide de la pompa por la ausencia de la luz reflejada."*

Veo que es esta la razón por la que son transparentes el agua, la sal, el vidrio, las piedras y sustancias similares. Por diversas consideraciones, parecen estar tan llenas de poros o intersticios entre sus partes como los demás cuerpos, si bien estas partes e intersticios son demasiado pequeños como para causar reflexiones en sus superficies comunes."

La cuarta y última parte se centra nuevamente en una serie de observaciones, en este caso relativas a reflexiones y colores de las láminas gruesas, transparentes y pulidas. En la Obs. 10 señala: *"Cuando el haz de luz solar se reflejaba en el espejo, no directamente hacia el agujero de la ventana, sino hacia un lugar ligeramente distante de él, entonces el centro común de dicha mancha y de todos los anillos de colores caía a medio camino entre el haz de luz incidente y el haz de luz reflejada y, por tanto, en el centro de la concavidad esférica del espejo, siempre que el plano sobre el que incidían los anillos de colores estuviese situado en el centro."*

Al final de estas observaciones se da por terminado el Libro II. Cabe señalar la diferencia de estos finales que son, simplemente la terminación de una sucesión de ideas, respecto de los recurrentes escolios que en los *Principia* aparecen a modo de conclusión de muchos de los bloques de la obra.

El Libro III tiene nada más una parte, aunque claramente se ven dos conjuntos de enunciados. Se inicia con un inconcluso examen de los fenómenos de difracción. A través de once observaciones analiza las inflexiones de los rayos de luz y los colores así producidos. En la Obs. 11 señala: *"Cuando el sol brillaba en mi habitación oscura a través de un pequeño agujero redondo practicado en una placa de plomo con un alfiler delgado, como anteriormente, puse un prisma tras el agujero a fin de que refractase la luz y proyectase sobre la pared opuesta el espectro de colores descrito en el tercer experimento del primer libro. Hallé entonces que la sombra de todos los objetos colocados entre el prisma y la pared, en la luz de colores, estaba bordeada por franjas del color de la luz que los iluminaba."*

Esta es, quizás, la parte más dispersa de la obra y por ende la adecuada introducción al planteamiento final de ideas del trabajo, las famosas *Cuestiones*. Newton da paso a ellas como la manera de anunciar todas las ideas inconclusas que no acabó de desarrollar en la óptica y que deben ser investigadas hacia el futuro. Este bloque de preguntas abiertas es uno de los segmentos más ricos y variados de toda la obra y son un reflejo de las enormes aspiraciones englobadoras del autor y su incapacidad de demostrarlas de manera satisfactoria con su riguroso modelo experimental.

VI.VII La composición de la luz y los colores.

Para fines del siglo XVII, la visión predominante sobre la luz y los colores era la teoría cartesiana. La luz era considerada cierto tipo de presión, una tendencia al movimiento a través de un fluido y los colores como una modificación de dicho pulso. En ausencia de tal modificación se tiene luz blanca.

Descartes (1596-1650) representaba para la época la contrapartida a los planteamientos aristotélicos y no aceptaba la concepción de los colores como "cualidades" de la luz. Para él las propiedades son puramente geométricas y sólo es válido aceptar explicaciones basadas en extensión, forma, tamaño y movimiento.

No dejaba de ser bastante informal en muchas de sus aseveraciones, por ejemplo su obra *Au traité de la lumière*, es más una fábula de un mundo posible, que un riguroso tratado sobre el tema. En un ensayo posterior al *Discours de la Méthode*, llamado *La Dioptrique* se evitan las afirmaciones muy contundentes al respecto definiendo que el autor no se propone "explicar" la naturaleza de la luz sino la manera en que ésta se comporta, "cómo entran en el ojo sus rayos y como se desvían ante los diversos cuerpos con que tocan." Dentro del esquema de su teoría de los vórtices y del universo "lleno", compuesto de una materia única y uniforme, la luz se propaga por la presión que se ejerce sobre esta materia sutil, el éter. Descartes fue el primero en señalar la ley de la refracción, que luego detallaría Snell (1591-1629) y consideraba que los cambios en las velocidades de la luz, al pasar de un medio a otro, producían los colores.

Es en este contexto de ideas, que Newton estructura su teoría de la luz y los colores, que cristaliza en la *Óptica*, en su *experimentum crucis*, donde establece la relación entre grado de refrangibilidad y los colores. Deja claro que la luz blanca incidente no es homogénea. Está formada por rayos de diferente refrangibilidad y no es afectada por los cuerpos por donde pasa. Así mismo, demuestra que cada color corresponde a un grado de refrangibilidad distinto. Es decir, los colores son propiedades originales o innatas de los rayos y esto equivale a afirmar el carácter corpuscular de los rayos.

La implicación es contundente y se va madurando a lo largo de la obra. Al comienzo, en la Definición I, no encontramos la palabra cuerpo como tal: "*Por rayos de luz entiendo las partes menores de la misma...*" En la Proposición VI (Libro I, parte II) se establece la relación con los colores: "*... la blancura de la luz del sol está compuesta por todos los colores...*"

La idea se mantiene latente hasta el final, donde se desarrolla en las *Cuestiones*, con las que termina el trabajo. En la Pregunta 29 dice "*¿Acaso los rayos de luz no son cuerpos pequesísimos emitidos por la sustancia luminosa?*" y en la siguiente se inquiere "*¿Acaso los cuerpos grandes y la luz no son convertibles unos en otros, y no pueden recibir los cuerpos gran parte de su actividad de las partículas de luz que entran en su composición?*"

Este modelo corpuscular de la luz de Newton, encontró inmediatamente opositores, entre ellos destacan Hooke, Huygens y Pardies. Ellos en general aceptan como tales los experimentos de

Newton pero no los consideran suficientemente concluyentes como para desechar la concepción ondulatoria de la luz.

Se exigía una explicación mecánica al concepto. Esto era, mal que bien, lo que había establecido Descartes y ahora Newton aparecía regresando a características no tangibles de la luz, las cualidades ocultas abandonadas ya en filosofía natural. Se aceptaba su enfoque como una manera más de describir el fenómeno. El presentar una Proposición seguida de un Experimento no era claramente aceptado como una forma irrefutable de demostración. Se cuestionaba mucho la validez generalizadora de su discurso.

Newton no aceptaba estos cuestionamientos y para él no se estaba tomando en cuenta la evidencia experimental, basándose tan sólo en hipótesis. Si bien sus opositores le concedían haber probado que para cada color hay un índice de refrangibilidad, las concepciones de la luz blanca seguían difiriendo.

Para Newton la luz blanca era una sustancia, un arreglo heterogéneo de haces, que en definitiva no eran otra cosa que partículas. Los colores en general, son características o cualidades de estas partículas y, algunos colores en particular, como el azul y el rojo son cualidades primarias, colores primarios, no compuestos.

Para Hooke, que representaba la concepción ondulatoria cartesiana, la luz blanca era un pulso o movimiento de propagación a través de un medio homogéneo, uniforme y transparente. Los colores en general son perturbaciones de estos movimientos causados por refracción y algunos colores en particular, como el azul y el rojo, son perturbaciones simples, no compuestas respecto de otros colores.

Tanto Pardies como Huygens tenían planteamientos cercanos a los de Hooke, aunque no tuvieron un enfrentamiento tan directo con Newton y tampoco acabaron aceptando la explicación corpuscular como consecuencia de los experimentos detallados.

Si bien Newton utilizó en la *Óptica* un lenguaje mucho más accesible para sus lectores, de lo hecho en anteriores trabajos, muchas de sus afirmaciones no son del todo claras, máxime si no se trataba de mentes tan avezadas en estos temas como las de Hooke o Huygens. Preocupado por basarse tan sólo en los resultados directos de sus experimentos lo único que era claramente asentado en la *Óptica* era que para cada color que componía la luz blanca existía un distinto índice de refrangibilidad. La implicación delicada, donde se perdían muchos de sus seguidores, era el establecer que como los colores son una cualidad innata de la luz blanca, esta debía tener estatus corpuscular, dado que sólo los cuerpos tienen este tipo de propiedades intrínsecas.

En la interpretación de su trabajo, era frecuente que se hiciesen implicaciones que el propio Newton no establecía y que se empleaban para cuestionar su planteamiento. Se argumentaba entonces, por ejemplo, que si la luz blanca era una composición de colores entonces la composición de todos los cuerpos coloreados, mezclar digamos una serie de sustancias líquidas que tuviesen la mayoría de los colores espectrales, debía llevarnos a una sustancia blanca.

Entonces, si esto no ocurría, se habría probado la falsedad de toda la teoría. Nada más alejado de la realidad.

Para Newton era claro que el paso de la luz blanca a un cuerpo blanco era intransitable. Los colores no residían en los cuerpos sino que estos reflejaban más un color que otro de los que recibían en un haz de luz blanca y por eso aparecían coloreados. Mezclar cuerpos o sustancias de diferentes colores no asegura que la sustancia resultante refleje la composición de todos los colores y por tanto se pueda ver blanca. Al explicar la Prop X del Libro I Parte II Newton dice: *"Dichos colores surgen del hecho de que algunos cuerpos naturales reflejan unos tipos de rayos (y otros, otros tipos) más copiosamente que los restantes. El minio refleja más abundantemente los rayos menos refrangibles o productores del rojo, por lo que aparece de ese color. Las violetas reflejan más abundantemente los rayos más refrangibles, por lo que tienen su color y así con los demás cuerpos. Todo cuerpo refleja los rayos correspondientes a su color más abundantemente que los restantes, presentando su color por ese exceso y predominancia en la luz reflejada."*

Así como los *Principia*, con su lenguaje oscuro y su elevada matemática parecieron indescifrables para la mayoría de sus lectores, la *Óptica*, mucho más accesible para su público, creó rápidamente infinidad de opiniones, entendidas y equivocadas, en pro y en contra.

Como una manera de enfrentar a sus críticos, Newton argumentó la independencia de sus resultados netamente experimentales, la diferente refrangibilidad de los rayos que forman la luz blanca, de las teorías en torno a la constitución de dicha luz como tal. No acepta que su concepción corpuscular de la luz sea considerada una simple hipótesis en torno a la luz, pero acepta que no es un elemento necesario en su construcción experimental. Le parecía más importante que primero fueran aceptados los resultados de sus experimentos antes de lograr imponer su explicación de los mismos. En una respuesta a las Consideraciones de Hooke, Newton declara:

*"Es verdad que de mi teoría argumento la corporeidad de la luz, pero lo hago sin estar positivamente convencido, aunque la sola palabra la haga parecer una consecuencia plausible de la Doctrina más que una suposición fundamental (básica) para /en cualquiera de sus partes."*¹

También en esta búsqueda conciliatoria Newton reconstruye su planteamiento a partir del enfoque ondulatorio de Hooke. Ahora la luz blanca es una onda y los colores están dados por diferentes vibraciones que existen en dicha onda (es decir, no se trata de deformaciones sino de elementos constitutivos). Esto le permite, nuevamente, definir a la luz blanca como compuesta, heterogénea. Sin embargo, la polémica se mantiene porque para Hooke no es aceptable que los colores formen parte de la luz blanca. Para él son generados en el prisma.

¹ *"Tis true that from my theory I argue the corporeity of Light, but I doe it without any absolute positiveness, as the word perhaps intimates & make it a must but a very plausible consequence of the Doctrins, and not a fundamentall suposition, nor so much as any part of it."* A. Sabra. *Theories of Light, from Descartes to Newton*. London, 1967. p.173

Si bien Newton trató de adoptar una actitud distante en torno a la disyuntiva onda partícula para explicar la luz, a medida que pasaban los años se fue convenciendo cada vez más de la concepción corpuscular. Probablemente uno de los peros más contundentes a la explicación ondulatoria era la dificultad para explicar la propagación rectilínea de la luz cuando pasa más allá de una obstrucción.

Este fenómeno había sido observado desde mediados del siglo XVII por Grimaldi y no era claramente explicable en términos de ondas que se dispersaban en todas direcciones. Hubo que esperar a que Fresnel, en el siglo XIX, con una poderosa matemática, pudiese explicar la propagación rectilínea en medios isótropos homogéneos, para eliminar la principal objeción impuesta por el modelo newtoniano.

VI.VIII La visión experimental de Newton.

Si bien hemos comentado algunas de las ideas más importantes desarrolladas en la *Óptica*, ésta es una obra donde la forma debe destacarse tanto como el contenido. El cuerpo del discurso se basa en el método experimental y la manera de instrumentarlo es uno de los mayores legados del trabajo.

Como dijimos en el análisis del esquema general, este difiere enormemente del utilizado en los *Principia*. En aquella ocasión se presentaban Proposiciones seguidas de su correspondiente Demostración. Ahora las Proposiciones son seguidas de Experimentos que demuestran la validez de las mismas. En otras partes se tienen colecciones de Observaciones seguidas de Consideraciones al respecto.

Lo primero digno de señalarse es que las Proposiciones aparecen antes de los Experimentos que las evidencian. Es común aceptar que en el método experimental se hacen experimentos y después se obtienen conclusiones de sus resultados. Esta es una manera elegante de presentar la idea, pero normalmente ocurre a la inversa. Primero se concibe una idea o postulado, probablemente resultado de un análisis teórico y luego se busca una secuencia de experimentos que lo demuestren.

En este esquema, entonces, lo crucial es que como un experimento puede dejar algo realmente demostrado. Tratemos de analizar este nudo del discurso y veamos el *Experimentum Crucis* del que ya hemos hablado. Como señalamos, el desarrollo experimental como tal, fue aceptado por la mayoría de los contemporáneos de Newton pero se discutía si, en este caso, el experimento dejaba indiscutiblemente demostrada, no la Proposición II que estaba sustentando, sino la conclusión no escrita que implicaba la constitución corpuscular de la luz.

Revisemos un poco más a fondo este experimento. La Proposición II (Libro I, o sea la segunda de todo el trabajo) dice: "*La luz del Sol consta de rayos de diferente refrangibilidad.*" (el término refrangibilidad ya había sido tratado en la Definición II). Sigue a esta proposición una secuencia de ocho experimentos, numerados del 3 al 10 donde el *Experimentum Crucis* aparece con el número 6. Esta técnica de los experimentos concatenados se utiliza a lo largo de toda la obra.

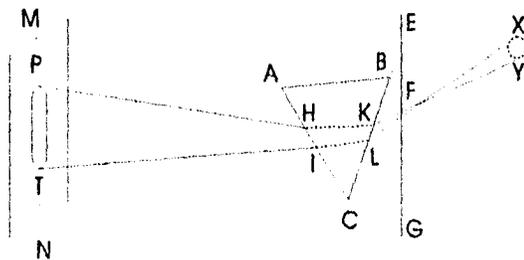
¿Por qué varios experimentos? Simplemente porque es difícil diseñar un experimento que, solo, demuestre terminantemente un postulado. La cadena experimental va sentando ideas, poco a poco vamos construyendo un concepto. Esto habla de una cuidadosa planeación de su trabajo experimental y, al menos, de una concienzuda selección de los experimentos más ilustrativos de los muchos que seguramente realizaba entre cada uno de los que detalla la obra.

Por otro lado, la secuencia es una invitación a que sigamos el camino. Debemos ir demostrando cosas paso a paso para que, al final, caiga por su propio peso la conclusión que propone Newton. En la medida en que cada experimento utiliza como base el anterior, cada eslabón de la cadena ayuda a consolidar el siguiente. Consciente el autor de lo trascendental de las conclusiones a obtener, trata de capturar en la magia de sus secuencias para que sigamos paso a paso su desarrollo. Casi podemos adivinar a Newton trabajando como su propio abogado del diablo: "después de demostrar esto para un caso determinado surgirá la duda en tomo al caso más general..." entonces diseñaba un experimento para el caso más general; "...si ahora variamos tal parámetro...¿qué pasaría?", y armaba el siguiente experimento.

La primera fortaleza de su esquema la apreciamos ante la dificultad para, siguiendo el razonamiento expuesto, encontrar un pero, que se desprenda de un experimento, que no sea resuelto en el siguiente.

El Experimento 3, el primero de la secuencia que justifica esta Proposición, describe una de las herramienta más usadas por Newton en sus experimentos: el prisma. Este se detalla en una argumentación al Axioma V: "*...si tenemos un prisma de cristal (es decir, un cristal limitado por dos extremos triangulares, iguales y paralelos, y por tres lados planos y bien pulimentados que se encuentren en tres líneas paralelas que vayan de los tres ángulos de un extremo a los tres ángulos del otro)...*".

Una vez establecida la herramienta, se definen las condiciones. En una habitación oscura, se permite el paso de un rayo... , se trata de un solo rayo de luz, la idea de la habitación oscura descarta cualquier confusión. Este rayo se refracta (para esta parte de la obra ya se ha definido con anterioridad el término) en el prisma y proyecta un espectro en la pared opuesta. Ya que tenemos clara la disposición general, se nos lleva a variar la posición del prisma hasta el punto en que las refracciones en sus dos caras son iguales entre sí.



¿Qué es lo que vemos? Vemos un espectro oblongo. Es la observación que Newton quiere destacar: que la imagen en la pared no es circular! ¿En qué momento de distorsionó la imagen? El objetivo hasta aquí es que aceptemos que hay algo que no está dentro de lo previsto.

Probablemente un pero que se podría argumentar es cuestionar la posición del prisma, ¿qué hace entonces Newton? Propone el Experimento 4, donde varía la posición del prisma obteniendo el mismo resultado. Termina este afirmando: "Así pues, estos dos experimentos muestran que, para incidencias iguales, hay una considerable desigualdad de refracciones. Pero estos experimentos no demuestran todavía, como lo harán los que siguen, de donde surge esta desigualdad..."

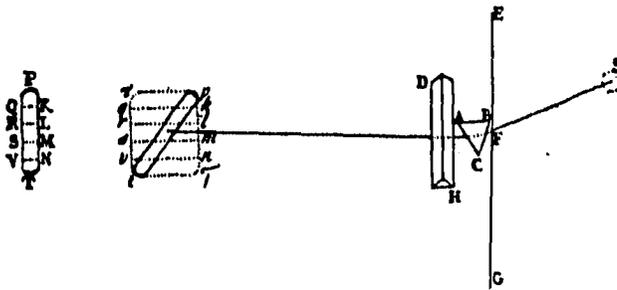
¿Qué ha hecho ahora Newton? Primero que todo, ha derrumbado nuestro primer pero y, además, va a llevarnos de la mano a resolver los demás. La meta siguiente es establecer qué es lo que se está definiendo: "...si es que unos rayos se refractan más y otros menos, de modo constante o aleatorio, o si uno y el mismo rayo se ve perturbado, quebrantado, dilatado por difracción, o dividido y disperso en muchos rayos divergentes..."

De pronto, Newton nos da a escoger tan sólo entre dos opciones y nos ofrece llevarnos a analizar ambas para escoger la correcta. La pregunta es ¿es la luz homogénea y está simplemente sufriendo una alteración o deformación provocada por el prisma o...es heterogénea y el prisma tan sólo separa a sus componentes?

Una vez definida la meta se plantea el Experimento 5, para evidenciar que no se trata (en el caso del espectro oblongo) de una deformación provocada por el prisma. Para demostrarlo se agrega un segundo prisma al arreglo. No hay que demostrar que el rayo es heterogéneo sino que la divergencia de los rayos de colores no es culpa del prisma.

La teoría (por no decir hipótesis) es que de tratarse de una deformación provocada por el prisma, entonces debería repetirse esta deformación en el paso por un segundo prisma. El resultado concluyente es que no se observa una segunda deformación del rayo.

Se explica el fenómeno observado considerando al espectro como una fila de círculos de diversos colores. Se está dando implícitamente el gran paso de asociar la diferente refrangibilidad de los rayos que forman la luz blanca, con los diferentes colores. Para consolidar el concepto se varían algunas circunstancias y número de prismas.



La idea ya está delineada pero ahora viene el paso magistral. Newton ofrece el Experimento 6, que es un compendio de los resultados anteriores, estableciendo como generalización la variante de la movilidad del primer prisma. Se reconstruye entonces lo evidenciado en los tres últimos experimentos, como *la gran demostración*.

Nuevamente el rayo que utiliza está aislado y penetra por un agujero de la ventana para ser dispersado por el primer prisma que ahora es móvil. Proyecta sobre una pantalla, que a su vez tiene también un orificio, uno u otro de los colores espectrales. El objetivo del segundo orificio es dejar pasar sólo un color del espectro, que por eso no vuelve a descomponerse. El contra argumento de sus principales críticos es que este segundo prisma, que Newton ubica después de la pantalla agujerada, corrige la deformación provocada en el primer prisma. Probablemente era discutible en la época qué es lo que hacía realmente el segundo prisma y por eso se cuestionaban sus conclusiones.

Lo que Newton trataba de demostrar, colocando una segunda pantalla, sin agujero y sólo diseñada para ver el espectro, a determinada distancia de la primera, era cómo el segundo prisma, colocado entre pantalla y pantalla, refracta los rayos de diverso color e igual incidencia, sin la descomposición que provoca el primer prisma en la luz blanca. El quid de la discusión es que para Newton el haz que incide en el segundo prisma es sustancialmente distinto del que incide en el primero, de hecho es una parte de él. Para Hooke y los defensores de los postulados cartesianos, se trata del mismo rayo que, en el primer prisma se deforma y en el segundo se corrige.

Los Experimentos 7, 8 y 9, con los que se cierra la justificación de la Proposición II tratan de ratificar la misma idea, de cómo un rayo de luz blanca se descompone en el prisma, mientras que rayos ya descompuestos en este primer prisma no sufren nuevas descomposiciones en prismas subsecuentes.

No cabe menos que admirar la rigurosidad del procedimiento experimental de Newton y su afán por la demostración de sus afirmaciones, evitando siempre el calificativo de hipótesis para sus postulados, preocupación que había revelado ya en los *Principia*. Un postulado dejaba de ser una hipótesis y se convertía en una ley en la medida que la experimentación podía demostrarlo y eso fue lo que intentó hacer a lo largo de todo el trabajo.

Newton estaba convencido de la explicación corpuscular de la luz, sobre todo por los peros que él tenía al esquema ondulatorio, pero estaba consciente de que sus experimentos no demostraban este postulado. Es por esto que el planteamiento literal sobre su corporeidad aparece, como ya dijimos, hasta las *Cuestiones*, al final de la obra, no como una Proposición. En esa medida su aceptación a muchas de las objeciones de Hooke, no porque dudase de su planteamiento o porque evitara el enfrentamiento, sino porque era tremendamente congruente con su riguroso método y sabe que todo lo que no pueda demostrar experimentalmente no puede afirmarse como cierto.

Una de las facetas más notables a lo largo de la *Óptica* es la manera de exponer su idea ante el lector. Newton asume su compromiso de demostrarnos todo lo que afirma para convencernos y además nos da la posibilidad para reproducir su cadena de razonamientos para involucrarnos en

su demostración. Más que nunca, al analizar su método experimental, resaltan las palabras con las que inicia todo el libro: "Este libro no pretende explicar mediante hipótesis las propiedades de la luz, sino presentarlas y probarlas mediante la razón y los experimentos."

VI.IX Las ideas inconclusas. Las Cuestiones (Preguntas)

Como ya dijimos, la *Óptica* es una obra no acabada y al finalizar su tercera y última parte Newton se encontró con una serie de ideas que deseaba exponer pero que no podían ser demostradas como para estar al nivel de las proposiciones. Estas ideas son expuestas entonces como las famosas *Cuestiones* o *Querys*.

La introducción a esta última parte de la obra es una clara definición de su alcance. Téngase presente que hacen las veces de Conclusiones de toda la *Óptica* Newton dice: "Cuando realicé las observaciones precedentes, me hice el propósito de repetir la mayoría de ellas con más cuidado y exactitud, así como de realizar otras nuevas para determinar el modo en que los rayos de luz se doblan al pasar junto a los cuerpos para producir las bandas de colores con sus líneas oscuras intermedias. Pero, habiendo interrumpido entonces mi trabajo, no puedo pensar en ocuparme ahora de estas cosas con mayor detalle. Puesto que no he dado término a esta parte de mis proyectos, concluiré proponiendo simplemente algunos interrogantes para que otros emprendan ulteriores investigaciones."

No hay una clara relación o sucesión de ideas expresadas a lo largo de las *Cuestiones* y no es fácil asociarlas, aunque se pueden identificar algunos grandes conjuntos de ideas. Las primeras de ellas, digamos de la 1 a la 5, son muy concisas y giran en torno a características de los rayos de la luz en diferentes condiciones y en relación a los cuerpos.

Cuest. 1: "¿Acaso los cuerpos no actúan a distancia sobre la luz y, con su acción, doblan los rayos? ¿No es esta acción más fuerte a menor distancia?"

Cuest. 2: "¿Acaso los rayos que difieren en refrangibilidad no difieren también en reflexibilidad? ¿No se separan entre sí por sus diferentes inflexiones, para producir, tras tal separación, los colores de las tres franjas anteriormente descritas? ¿De qué modo se inflexionan para producir estas franjas?"

Cuest. 3: "Acaso los rayos de luz no se doblan varias veces hacia adelante y hacia atrás, con un movimiento como el de una águila, cuando pasan por los bordes y costados de los cuerpos?"

Cuest. 4: ¿Acaso los rayos que caen sobre los cuerpos para reflejarse o refractarse no comienzan a doblarse antes de llegar a los cuerpos? ¿Acaso no se reflejan, refractan e inflexionan por uno y el mismo principio, que actúa diversamente y en distintas circunstancias?"

Cuest. 5: "Acaso los cuerpos y la luz no actúan mutuamente unos sobre otros? Es decir ¿no actúan los cuerpos sobre la luz al emitirla, reflejarla, reflectarla o inflexionarla y, la luz sobre los cuerpos al calentarlos y provocar en sus partes un movimiento vibratorio que es en lo que consiste el calor?"

La manera en que se redactan todas las preguntas es el primer elemento a destacar. Eso de "¿Acaso no es esto así...?" es mucho más una afirmación que una pregunta. El punto es que Newton no tenía los recursos experimentales para afirmarlas y quitándoles el signo de interrogación y el "Acaso" serían más bien hipótesis expuestas por el autor.

En particular las primeras cinco *Cuestiones* se centran en algunas ideas bastante desarrolladas en la obra, al hablar de los rayos de luz doblándose al pasar junto a los cuerpos y concluyen con una asociación de estos rayos de luz con vibraciones (energía cinética) que dan lugar al calor.

A continuación se define, más o menos, un segundo conjunto de *Cuestiones*. En él colocaríamos las que van de la 6 a la 11 junto con la 18. En ellas el común denominador es el calentamiento de los cuerpos, que se revisa en general al absorber luz (*Cuest.6*); hasta el caso de las estrellas que conservan más tiempo su calor debido a que sus partes se calientan mutuamente (*Cuest.11*), pasando por cosas tan dispares como la emisión de luz provocada por procesos de fermentación y el caso de los fuegos fatuos (*Cuest.10*).

Si bien las primeras *Cuestiones* de este bloque siguen el esquema de las anteriores, al sólo estar compuestas de una o dos preguntas cada una, ya vemos en algunas, comentarios adicionales más detallados como en las *Cuestiones* 8, 10 y 11. Newton no puede exponer todas sus ideas como simples preguntas sino que se ve obligado a hacer afirmaciones que no demuestra.

Las *Cuestiones* siguientes, donde podemos tratar de agrupar de la 12 a la 17 establecen el esquema que las vibraciones que provoca la luz dan lugar a la visión y a la sensación de los colores. En la *Cuest.12* habla realmente de fisiología cuando parte preguntando "¿Acaso los rayos de luz no excitan vibraciones de la única retina cuando inciden sobre el fondo del ojo? Tales vibraciones al propagarse hasta el cerebro por las fibras sólidas de los nervios ópticos, producen el sentido de la visión", y en la siguiente se da el paso al argumento para distinguir los colores "¿Acaso los diversos tipos de rayos no producen vibraciones de diversas magnitudes y, de acuerdo con ellas, existan sensaciones de diversos colores...?"

En la última *Cuestión* de este bloque, la 17, dice: "Si se arroja una piedra al agua estancada, las ondas extendidas por ella continúan durante algún tiempo en el lugar en que cayó la piedra y se propagan a partir de ahí por la superficie del agua en círculos concéntricos hasta grandes distancias. Así mismo, las vibraciones y temblores excitados en el aire por percusión continúan durante un cierto tiempo, moviéndose a partir del lugar de percusión en esferas concéntricas que se extienden a grandes distancias. De manera semejante, cuando un rayo de luz cae sobre la superficie de un cuerpo transparente, refractándose o reflejándose, ¿no puede ocurrir que existe en el medio refractante o reflectante ondas de vibraciones o temblores que surtan en el punto de incidencia y que continúen surgiendo y propagándose a partir de ahí, del mismo modo que continúan surgiendo y propagándose cuando se excitan en el fondo del ojo debido a la presión o movimiento del dedo o por la luz que viene del ascua en el experimento anteriormente mencionado?..."

Se establece la analogía, o se abre la posibilidad de que ocurra algo semejante al esquema de una piedra al caer al agua que excita ondas o una percusión que produce vibraciones en el aire. Para la luz, Newton plantea que el rayo incidente en un cuerpo refractante o reflejante excita en él vibraciones u ondas que se propagan a grandes distancias. Este es un punto delicado. No se habla de que los rayos de luz sean vibraciones sino que son capaces de provocarlas.

A medida que siguen las *Cuestiones*, estas comienzan a ampliarse en longitud y a cubrir ideas más diversas. Comienza a tejerse una cadena de razonamientos que parten de la relación entre refracción y la densidad de un medio. En la *Cuest.19* se dice: "*¿Acaso la refracción de la luz no se debe a la diferente densidad que presenta este medio etéreo en distintos lugares, al apartarse siempre la luz de las partes más densas de dicho medio?*". Se enfoca entonces al análisis de este medio, el éter, y llega a una afirmación importante en la *Cuest.21*.

En ella comienza hablando en general: "*¿Acaso este medio no es mucho más raro en el interior de los cuerpos densos del Sol, estrellas, planetas y cometas que en los espacios celestes vacíos que se hallan entre ellos?*", para luego concretar "*¿Acaso al alejarse a grandes distancias de ellos no se torna continuamente más y más denso, causando con ello la gravedad de esos grandes cuerpos entre sí y de sus partes hacia los cuerpos, al intentar cada uno de los cuerpos alejarse las partes más densas del medio hacia las más raras?*". Newton regresa ahora en la *Óptica* a su idea no establecida en los *Principia* sobre la causa de la gravedad. Se plantea que una causa posible sería esta diferencia de densidad del medio que llena el universo.

Se es menos categórico en el vocabulario empleado: "*Así pues, si supusiésemos que el éter (como nuestro aire) contiene partículas que tratan de apartarse unas de otras (pues no sé que cosa sea éste Éter)... entonces, la ingente pequeñez de sus partículas puede contribuir a la gran magnitud de la fuerza con que se apartan unas de otras...*".

Newton se suelta entonces a disertar sobre los temas más diversos, no sólo dentro de la rama de investigación de la *Óptica*. Ya ha expuesto una explicación para su siempre misteriosa fuerza de gravedad, ahora habla, por ejemplo, del movimiento de los animales. En la *Cuest.24* dice: "*¿Acaso el movimiento animal no se debe a las vibraciones de este medio excitadas en el cerebro por el poder de la voluntad y propagadas desde ahí a través de los capilamentos sólidos, transparentes y uniformes de los nervios hasta los músculos, a fin de contraerlos y dilatarlos?*".

Las *Cuestiones 27 y 28* son afirmaciones tajantes de Newton contra el esquema ondulatorio de la luz. La primera de ellas es muy breve y plantea "*¿Acaso no son erróneas todas las hipótesis que se han inventado hasta ahora para explicar los fenómenos de la luz mediante nuevas modificaciones a los rayos? Realmente, esos fenómenos no dependen de nuevas modificaciones, como se ha supuesto, sino de propiedades originales e inmutables de los rayos.*".

La siguiente es bastante más extensa. La pregunta inicial en sí es breve: "*¿Acaso no son erróneas todas las hipótesis en las que se supone que la luz consiste en una presión o un movimiento propagado a través de un medio fluido? En efecto, en todas estas hipótesis, los fenómenos de la luz se han explicado hasta el presente suponiendo que surgen de nuevas modificaciones de los*

rayos, lo que constituye una suposición errónea." Es la justificación y los comentarios en torno a esta idea lo que hace que Newton se extienda en el desarrollo.

Para él es claro que la luz entraña desplazamiento de materia porque de lo contrario, se exigiría una fuerza infinita para propagar presión a todas las distancias. Afirma: *"Si consistiese en una presión o movimiento propagado instantáneamente o en el tiempo, entonces se doblaría hacia las sombras, pues la presión o movimiento no se puede propagar por un fluido en línea recta, tras un obstáculo que detenga parte del movimiento..."*. En este sentido lo compara con el comportamiento de los fluidos típicamente ondulatorios como el agua y el aire.

Newton se debate entre su dificultad para aceptar el concepto del vacío absoluto y lo difícil de definir a ese medio etéreo que podría llenar dicho vacío, comportándose como un fluido. Escribe: *"Una importante objeción que se levanta contra la idea de llenar los cielos con medios fluidos, a menos que sean extremadamente raros, debido a los movimientos regulares y tan duraderos de los planetas y cometas que siguen todo tipo de trayectorias a través de los cielos. De ahí se sigue que los cielos están vacíos de toda resistencia perceptible y, por tanto, de materia perceptible."*

Y es que la resistencia se debe al rozamiento de las partes y a la inercia. Se revisan algunos ejemplos de este esquema y se ve la disminución de la resistencia con la disminución del aire. Es así como los movimientos que se conservan exigen el vacío, excepción hecha de "...un medio etéreo extremadamente raro."

Este medio raro, no claramente definido por Newton, por lo menos implica que no puede tratarse de un fluido denso. Si bien es temerario aún plantear que no exista nada en absoluto en el vacío. Retona a los clásicos al afirmar *"Para el rechazo de tal medio, disponemos de la autoridad de aquellos de los más ancianos y célebres filósofos de Grecia y Fenicia, quienes hicieron del vacío, los átomos y la gravedad de los átomos los primeros principios de su filosofía, atribuyendo tácitamente la gravedad a una causa distinta de la materia densa"*, de donde llega a una idea que da razón de ser a su discurso *"el objetivo básico de la filosofía natural es argumentar a partir de los fenómenos (...) y deducir las causas a partir de los efectos hasta alcanzar la primerísima causa que ciertamente no es mecánica."*

¿Cuál es esta causa no mecánica? Pues, el argumento último del discurso newtoniano, la figura divina; dice *"¿no se sigue de los fenómenos que hay un ser incorpóreo, viviente, inteligente, omnipresente que ve íntimamente las cosas mismas en el espacio infinito, como si fuera en su sensorio, percibiéndolas plenamente y comprendiéndolas totalmente por su presencia inmediata ante él?"*

Una vez estructurada su crítica a la teoría ondulatoria, Newton expone su concepción corpuscular en las Cuestiones 29 y 30. En la primera de estas se pregunta *"¿Acaso los rayos de luz no son cuerpos pequesísimos emitidos por las sustancias luminosas?"* Esta concepción le permite explicar uno de los peros mayores que él ponía a la teoría ondulatoria *"En efecto, tales cuerpos habrán de pasar por los medios uniformes en línea recta sin doblarse hacia la sombra, tal como ocurre con la naturaleza de los rayos de luz."*

Se explica que las sustancias actúan sobre los rayos a distancia y estos agitan y calientan dichas sustancias. Esta interacción es comparada con la de la gravedad. Se concentra en solucionar o explicar muchos fenómenos que anteriormente expuso como indescritibles con la teoría ondulatoria, para explicar los diferentes colores y sus diferentes grados de refrangibilidad basta que la luz sea un conjunto de cuerpos de diverso tamaño, donde cada tamaño corresponde a determinado color. Se argumenta también la doble refracción en función de la existencia de una virtud atractiva de ciertos lados de los rayos y de las partículas del cristal. Se dice que esta no es una virtud magnética sino de otro tipo y que es independiente de la posición respecto al espacio o medio por el que viaja.

En la *Cuest.30* se retoma la concepción corpuscular de la luz "*¿Acaso los cuerpos grandes y la luz no son convertibles unos en otros y no pueden recibir los cuerpos gran parte de la actividad de las partículas de luz que se encuentran en su composición?*". Se destaca esta idea de que la actividad de los cuerpos depende de las partículas de luz que entran a formar parte de su composición. Una interpretación de esto es que Newton está hablando de diferentes formas de manifestarse de la energía y de la capacidad de la naturaleza de transformar una en otra.

En una parte de su explicación dice: "*La transformación de los cuerpos en luz y de la luz en cuerpos se compece muy bien con el curso de la naturaleza, que parece deleitarse con las transmutaciones*", y luego agrega "*Al lado de todas estas transmutaciones diversas y extrañas, ¿por qué no habría la naturaleza de cambiar cuerpos en luz y la luz en cuerpos?*"

Finalmente, se concluye la *Óptica* con la famosísima *Pregunta 31*, que merece mención especial por lo extenso, variado y profundo de sus planteamientos. La pregunta inicial de esta *Pregunta* engloba gran parte de la discusión posterior: "*¿No poseen las pequeñas partículas de los cuerpos ciertos poderes, virtudes o fuerzas con las que actúan a distancia no sólo sobre la luz, reflejándola, refractándola o inflexionándola, sino también unos sobre otros, para producir una gran parte de los fenómenos de la naturaleza?*".

Para Newton la moraleja fundamental de todo el trabajo no es aquello descubierto y demostrado sino aquello que no ha podido demostrar. Él creó el concepto de la Gravitación Universal y, sin dar sus causas, demostró su existencia. Pero ahora...¿qué ocurre dentro de la materia? Ese es el gran cuestionamiento no resuelto. Newton quiere realmente lograr la gran síntesis del universo y este eslabón no acaba de quedar. Para él es claro, sin embargo, que tiene que existir una fuerza que rija el comportamiento de la interacción entre sustancias a nivel atómico. Escribe "*Del mismo modo que la gravedad hace que el mar fluya hacia las partes más densas y pesadas del globo terráqueo, así la atracción puede hacer que el ácido acuoso fluya hacia las partículas terreas más densas y compactas para formar las partículas de sal.*"

Aparte de su amplia experiencia como alquimista y como químico, recurre a innumerables ejemplos de experimentos con sustancias. Sin emplear estos términos, cita casos de adhesión entre sustancias, de capilaridad, de tensión superficial, como evidencia de la existencia de estas fuerzas aún por descubrir. La necesidad del calor en muchas reacciones químicas para destilar una sustancia y separarla de otra es mostrado como una prueba de que hace falta energía para romper una atracción que tiene que estar dada por fuerzas.

Está concentrado en la composición de la materia y las leyes que la rigen. Sabe que debe haber un principio unificador e intenta encontrarlo por todos los medios. Es el mismo Newton alquimista, que enfocaba su trabajo en esta rama no a la obtención de oro a partir de otros metales, sino de descifrar el secreto de la composición de la materia.

En otra parte de esta última *Cuestión* afirma: "*Todos los cuerpos parecen estar compuestos por partículas duras, pues, de lo contrario, no se congelarían los fluidos, tal como ocurre si se hiela el agua, el aceite, el vinagre y el espíritu de aceite de vitriolo.*" Y luego complementa "*Incluso los rayos de luz parecen ser cuerpos duros, pues, de lo contrario, no podrían retener distintas propiedades en sus diferentes lidos*".²

Se construye así la plataforma de un esquento "*...las menores partículas de materia pueden adherirse con las mayores atracciones para formar partículas mayores de menor poder... y así durante muchas sucesiones hasta que la progresión termine en las partículas mayores de las que dependen las operaciones de la química y los colores de los cuerpos naturales y que, al adherirse, forman cuerpos de magnitud perceptible.*"

Sin embargo esta fuerza atractiva no sigue eternamente, una vez que cesa la atracción aparece la repulsión como una manera de equilibrar nuestro sistema "*Puesto que los metales disueltos en ácidos sólo atraen una pequeña cantidad de ácido, su fuerza atractiva puede alcanzar una pequeña distancia de ellos. Del mismo modo que en Álgebra, donde se desvanecen y cesan las cantidades positivas comienzan las negativas, así en Mecánica donde cesan las atracciones ha de aparecer una virtud repulsiva. La existencia de semejante virtud parece desprenderse de las reflexiones e inflexiones de los rayos de luz, pues en ambos casos los rayos son repelidos por los cuerpos sin contacto inmediato del cuerpo reflectante o inflexionante.*"

Las leyes de conservación son un elemento en general aceptado pero... ¿cómo inició el movimiento? Y entonces, la razón última vuelve a ser la misma razón no mecánica: Dios.

"*Tras considerar todas estas cosas, me parece muy probable que Dios haya creado desde el comienzo la materia en forma de partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y móviles, con tales tamaños y figuras, con tales otras propiedades y en una proporción tal al espacio que resulten lo más apropiadas al fin para el que fueron creadas.... Tan duras, incluso, como para no gastarse ni romperse nunca en pedazos, pues ningún poder ordinario es capaz de dividir lo que el mismo Dios ha hecho uno en la primera creación.*"

Estas leyes que rigen el microcosmos deben tener el mismo carácter universal que las que rigen el macrocosmos. "*No considero que estos principios sean cualidades ocultas, supuestamente derivadas de las formas específicas de las cosas, sino que son leyes generales de la naturaleza por la que se forman las cosas mismas y cuya verdad se nos aparece por los fenómenos, aún cuando sus causas aún no hayan sido descubiertas.*"

² Unos pocos años antes, Huygens hablaba de cuerpos duros para referirse a colisiones elásticas.

Ya sabemos que el Dios que plantea Newton en su discurso no es un elemento posible sino necesario dentro de la coherencia del universo. Este elemento del discurso puede aceptarse o no como la causa última de todo, pero esto no afecta para nada la coherencia del sistema. En esta parte de la obra, Newton va un paso más allá. Dios no es tan sólo el creador del universo sino su regulador. Es decir, deberá seguramente corregir o reformar nuevamente el esquema en un momento dado"

"Aún cuando los cometas se mueven por órbitas muy excéntricas en todas direcciones y posiciones, el ciego destino nunca podría haber hecho que todos los planetas se moviesen en una y la misma dirección, siguiendo órbitas concéntricas, exceptuando algunas Irregularidades inconsiderables que podrían deberse a las acciones mutuas de los planetas y cometas entre sí y que pueden aumentar hasta el punto de que el sistema necesite una reforma."

Es extremadamente delicada esta afirmación. En buena medida, la figura de Dios ha sido propuesta por Newton como la causa última de todo, pero no sólo porque no tuviese una mejor explicación. La idea es ¿cómo puede ser tan perfecto el universo y responder a todo un esquema exacto de leyes si no fue creado divinamente?. Hasta ahí el razonamiento podría defenderse pero, si la necesidad de la creación divina es una exigencia de la perfección del universo, ¿cómo es que ahora puede ser tan imperfecto que llegue a requerir una compostura?. ¿Cómo es que Dios tendrá que venir a corregir elementos del universo?

Para terminar, el párrafo final de la Pregunta 31 es la mejor explicación que se puede dar de la metodología de toda la *Óptica*, cualquier comentario sería menos claro que las palabras del propio Newton:

"En los dos primeros Libros de esta Óptica, he procedido con este análisis al descubrimiento y demostración de las diferencias originales de los rayos de luz respecto a la refrangibilidad, reflexibilidad y color, así como de sus accesos alternativos de fácil reflexión y transmisión y de las propiedades de los cuerpos tanto opacos como transparentes de las que dependen sus reflexiones y colores. Demostrados estos descubrimientos, se pueden tomar por supuestos en el método de composición para explicar los fenómenos que surgen de ellos. He expuesto un ejemplo de esto al final del primer Libro. En este tercero, sólo he comenzado el análisis de lo que queda por descubrir sobre la luz y sus efectos en la trama de la naturaleza, surgiendo diversas cosas al respecto para que las examinen y mejoren los espíritus inquisitivos con nuevos experimentos y observaciones. No sólo la filosofía natural se perfeccionará en todas sus partes siguiendo este método, sino que también la filosofía moral ensanchará sus fronteras. En la medida en que conozcamos por filosofía natural cuál es la primera causa, qué poder tiene sobre nosotros y qué beneficios obtenemos de ella, en esa misma medida se nos aparecerá con la luz natural cuál es nuestro deber hacia ella, así como hacia nosotros mismos. No cabe duda de que, si el culto a falsos dioses no hubiese cegado a los paganos, su filosofía moral habría ido más lejos de las cuatro llamadas virtudes cardinales y, en lugar de enseñar la transmigración de las almas y adorar al Sol, la Luna y los héroes muertos, nos habrían enseñado el culto al verdadero Autor y Benefactor, del mismo modo que lo hicieron sus antecesores bajo el gobierno de Noé y sus hijos, antes de que se corrompiesen."

Conclusiones Generales

Una exposición de la vida de Newton como la hasta aquí llevada a cabo, dista mucho de ser exhaustiva pero trata de dar una idea bastante acabada sobre los diferentes factores que conformaron las bases de su discurso.

En los primeros capítulos se muestra al gran científico, como un hombre con virtudes y defectos dentro de una perspectiva histórica. Le tocó vivir una época decisiva y de grandes cambios en la historia inglesa, la consolidación del imperio británico en el principio del desarrollo del capitalismo. Así, Newton no es el único, es uno de muchos hombres que, en su interacción, cambiaron la historia de las ideas y las acciones.

Sin embargo en su entorno inmediato el papel jugado por el eminente científico de Cambridge fue de tal envergadura, que muy pocos se le pueden comparar en la historia de la ciencia.

Newton aparece en escena cuando la actividad de aquellos interesados en la naturaleza había arrojado y arrojaba ideas y recuentos de experimentos que difícilmente consideraríamos como tales en nuestros días. Lo que hacía falta era no sólo descripciones e ideas sino criterios y teorías que consolidaran los que hasta entonces eran tan sólo cabos sueltos. Ese fue precisamente el papel que jugó Newton.

En él se conjugaban la habilidad temprana para copiar y fabricar diseños de diversos aparatos, con el interés por la naturaleza, la tenacidad de su persona y una enorme capacidad de síntesis, que le permitieron configurar un discurso intuido por muchos de sus contemporáneos. Entre ellos hemos destacado particularmente el papel relevante de las figuras de Robert Hooke, Flamsteed, Halley, Leibnitz y tantos otros, que prepararon el terreno para la gran revolución del planteamiento newtoniano.

Destaca también el significado de la Royal Society como la instancia aglutinadora de las mentes más claras del momento y las *Philosophical Transactions*, que como publicación fueron una de las formas de establecer y comunicar los descubrimientos y conocimientos entre el mundo científico. No resulta raro desde esta perspectiva que Newton haya sido proclamado presidente de la Royal Society y que ésta haya consolidado su auge bajo su guía.

Concentrándonos más ahora en sus ideas, es posible confirmar a Newton como el padre del cálculo y la teoría de la fuerza central, no tanto por haberlos concebido sino por haberlos concretado en una forma funcional, operacional, donde ideas y conceptos antes aislados se entranan coherentemente, matemáticamente, haciendo posibles cuantificaciones nunca antes logradas. Él es el gran unificador de lo que hoy en día llamamos ciencia y el gran desterrador de lo que no se apegaba a ese esquema.

Conclusiones Generales

Una exposición de la vida de Newton como la hasta aquí llevada a cabo, dista mucho de ser exhaustiva pero trata de dar una idea bastante acabada sobre los diferentes factores que conformaron las bases de su discurso.

En los primeros capítulos se muestra al gran científico, como un hombre con virtudes y defectos dentro de una perspectiva histórica. Le tocó vivir una época decisiva y de grandes cambios en la historia inglesa, la consolidación del imperio británico en el principio del desarrollo del capitalismo. Así, Newton no es el único, es uno de muchos hombres que, en su interacción, cambiaron la historia de las ideas y las acciones.

Sin embargo en su entorno inmediato el papel jugado por el eminente científico de Cambridge fue de tal envergadura, que muy pocos se le pueden comparar en la historia de la ciencia.

Newton aparece en escena cuando la actividad de aquellos interesados en la naturaleza había arrojado y arrojaba ideas y recuentos de experimentos que difícilmente consideraríamos como tales en nuestros días. Lo que hacía falta era no sólo descripciones e ideas sino criterios y teorías que consolidaran los que hasta entonces eran tan sólo cabos sueltos. Ese fue precisamente el papel que jugó Newton.

En él se conjugaban la habilidad temprana para copiar y fabricar diseños de diversos aparatos, con el interés por la naturaleza, la tenacidad de su persona y una enorme capacidad de síntesis, que le permitieron configurar un discurso intuido por muchos de sus contemporáneos. Entre ellos hemos destacado particularmente el papel relevante de las figuras de Robert Hooke, Flamsteed, Halley, Leibnitz y tantos otros, que prepararon el terreno para la gran revolución del planteamiento newtoniano.

Destaca también el significado de la Royal Society como la instancia aglutinadora de las mentes más claras del momento y las *Philosophical Transactions*, que como publicación fueron una de las formas de establecer y comunicar los descubrimientos y conocimientos entre el mundo científico. No resulta raro desde esta perspectiva que Newton haya sido proclamado presidente de la Royal Society y que ésta haya consolidado su auge bajo su guía.

Concentrándonos más ahora en sus ideas, es posible confirmar a Newton como el padre del cálculo y la teoría de la fuerza central, no tanto por haberlos concebido sino por haberlos concretado en una forma funcional, operacional, donde ideas y conceptos antes aislados se entranan coherentemente, matemáticamente, haciendo posibles cuantificaciones nunca antes logradas. Él es el gran unificador de lo que hoy en día llamamos ciencia y el gran desterrador de lo que no se apegaba a ese esquema.

Los Principia son sin duda su obra cúlpe y el cálculo y la teoría de la gravitación universal sus puntos más relevantes. Netamente demostrativos, son la pauta de la manera de construir un discurso acabado, donde cada teorema es seguido de su correspondiente demostración. La unificación de la mecánica terrestre y la mecánica celeste en lo que conocemos como la mecánica newtoniana trascienden hoy el ámbito de lo científico y son la manera cotidiana de explicar el mundo que nos rodea.

La Óptica, expositiva y sin grandes síntesis, aporta la estructuración del método experimental, como la forma de estructurar el trabajo científico, colocando en su verdadera dimensión la diferencia entre un planteamiento demostrado indiscutiblemente por un experimento y una idea meramente intuitiva.

Hemos descrito también sus trabajos sobre alquimia, el discurso olvidado, la parte no difundida del pensamiento y trabajo filosófico de Newton. En ellos, tan o más extensos y detallados que sus trabajos en mecánica y óptica, aparece la búsqueda de la esencia última y la estructura de la materia y de las leyes que rigen su comportamiento.

Finalmente, el hilo inspirador de todas sus ideas, el planteamiento teológico, el discurso censurado. Opuesto al planteamiento científico moderno que no exige la figura de Dios y enfrentado al planteamiento religioso tradicional y a la Iglesia por su férrea convicción antitrinitarista, Newton encontraba en sus creencias religiosas toda la causa de la coherencia del mundo, de las fuerzas celestes descritas y demostradas pero no explicadas, de la tan buscada esencia última de la materia.

Bibliografía

- Christianson, G.E. **Newton**. Dos volúmenes. Ed. Salvat. México. 1986.
- Copleston, F. **Historia de la Filosofía**.
- Cohen, I.B. **El descubrimiento newtoniano de la gravitación**. Ciencia y Desarrollo. México. 1982
- Cohen, I.B. **Pemberton's translation of Newton's Principia**. Isis. 1963
- Cohen, I.B. **Las primeras evaluaciones críticas de los Principia**. Mathesis. Mayo 1990
- Cohen, I.B. **La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas**. Alianza Edit. España. 1983
- Craig, J. **Isaac Newton, crime investigator**. Nature. Julio 1958.
- De Gandt, F. **El estilo matemático de los Principia de Newton**. Mathesis. Mayo 1990
- Finocchiaro, M. **Newton's third rule of philosophizing: a role for logic in historiography**. Isis. 1973
- Forbes, R.J. **Was Newton an alchemist?** Chymia. II. 1949
- Geoghegan, P. **Some indications of Newton's attitude towards alchemy**. Ambix, VI, 102-106. 1957
- Halliday, F.E. **England (a concise history)**. Thames and Hudson. Londres. 1994.
- Hellingman, C. **Newton's third law revisited**. Phys.Educ. UK. 1992
- Hessen, B. **The social and economic roots of Newton's Principia**. Kinga. Londres. 1931 (traducido y publicado por la Facultad de Ciencias, UNAM)
- Koyré, A. **Newtonian studies**.
- Koyré, A. **An unpublished letter of Robert Hooke to Isaac Newton**. Isis, XLIII, 312-337. 1952
- Kuhn, T.S. **La estructura de las revoluciones científicas**. Fondo de Cultura Económica. México. 1985
- Kuhn, T.S. **Newton's 31st Query and the degradation of gold**. Isis, XLII, 296-8
- Macaulay, G.T. **Historia política de Inglaterra**. Fondo de Cultura Económica. México. 1984

- Macaulay, G.T. Historia social de Inglaterra.** Fondo de Cultura Económica. México. 1984
- Manuel, F.E. The Lad form Lincolnshire.** Texas Quarterly, X, No.3, 10-29. 1967.
- Marquina, J.E. Jeova Sanctus Unus. Teólogo y Alquimista.** Mathesis. Mayo 1990
- Marquina, J.E.; Ridaura, R; Alvarez, J.L. y Gómez, R. Philosophiae Naturalis Principia Mathematica: Su estructura matemática.** Facultas de Ciencias, UNAM. México. 1996
- Newton, Isaac. Principios matemáticos de la filosofía natural.** Edit.Nacional. Madrid.1982
- Newton, Isaac. Óptica.** Ediciones Alfaguara. Madrid. 1977
- Newton, Isaac. El sistema del mundo.** Alianza editorial. México. 1988
- Richards, S.G. Introduction to british government.** MacMillan Press. Londres. 1978
- Rickey, F. Diario de la Royal Society. Isaac Newton: hombre, mito y matemáticas.** Mathesis. mayo 1990
- Sabra, A. Theories of Light, from Descartes to Newton.** Oldbourne. Londres. 1967
- Somon, G. El verdadero Newton.** Vuelta 88. Marzo, 1984
- Taylor, F.S. An alchemical work of Sir Isaac Newton.** Ambix, V, 61-82. 1956
- Taylor, F.S. Los alquimistas, fundadores de la química moderna.** Fondo de Cultura Económica. México. 1957
- Travelyan, G.M. La revolución inglesa, 1688-1689**
- Voltaire. Cartas filosóficas.** Alianza Editorial. México. 1988
- Westfall, R.S. Never at Rest, a biography of Isaac Newton.** Cambridge University Press. 1980.
- Westfall, R.S. Short-Writing and the State of Newton's Conscience.** Notes and Records of the Royal Society of London. Junio 1963
- Westfall, R.S. Isaac Newton's Index Chemicus.** Ambix, Noviembre, 1975
- Westfall, R.S. Newton and the fudge factor.** Science. Febrero, 1973
- Whiteside, D.T. The mathematical papers of Isaac Newton.** Inglaterra. 1980