

## **Los *Elements de la Philosophie de Newton de Voltaire* y su interpretación de la naturaleza de la luz**

V. Aboites

*Centro de Investigaciones en Optica,  
Loma del Bosque 115, León, Gto., 37150, México,  
e-mail: aboites@cio.mx*

Recibido el 3 de junio de 2011; aceptado el 5 de septiembre de 2011

Se expone el problema de la naturaleza de la luz como es tratado en el libro *Elements de la Philosophie de Newton* de Voltaire y su controversia con la física cartesiana. La propuesta corpuscular para la naturaleza de la luz de Newton, defendida por Voltaire, se enfrentó a la bien aceptada física de Descartes y de sus seguidores, quienes proponían que la luz se comporta como un fluido compuesto por minúsculos torbellinos. Es en este contexto en el cual se encuentra el debate sobre la naturaleza de la luz presentado en el libro de Voltaire y aquí discutido. Es importante señalar que este debate sería histórica y científicamente opacado por la discusión sobre la naturaleza ondulatoria o corpuscular de la luz de Huygens y Newton. Mientras que esta última discusión fue un tanto más objetiva pues estuvo basada en evidencia sólida, la primera fue una discusión con un alto contenido especulativo en donde frecuentemente argumentos físicos, metafísicos y teológicos eran igualmente considerados. Como en seguida se muestra, a pesar de que Newton propuso una teoría de la luz “incorrecta” contó para su defensa con el extraordinario enciclopedismo y sagacidad de Voltaire.

*Descriptores:* Luz; Voltaire; Newton; optica.

The problem of the nature of light as presented in the book *Elements de la Philosophie de Newton* by Voltaire is presented and its controversy with Cartesian physics. Newton corpuscular proposal for the nature of light, defended by Voltaire, had to face the well accepted physics of Descartes and its followers who proposed that light behaves as a fluid made up of small vortex. It is in this context where the debate of light nature is presented in Voltaire book and here discussed. It is worth noting that this debate would historically and scientifically shadowed by the discussion on the ondulatory and corpuscular theories of light of Huygens and Newton. While the last discussion was rather objective since it was based in solid evidence, the first one had a high degree of speculation where physical, metaphysical and theological arguments would be equally considered. As it is shown, even though Newton proposed an “incorrect” theory of light, he had for his defence the extraordinary encyclopaedism and wit of Voltaire.

*Keywords:* Light; Newton; Voltaire; optics.

PACS: 01.65.+g; 01.70.+w; 01.75.+m; 42.90.+m

### **1. Introducción**

Voltaire (1694-1778) es considerado como el más destacado representante de ese movimiento cultural e intelectual del siglo XVIII conocido como “Ilustración” o “Siglo de las Luces”. Mientras que Newton (1642-1727) es uno de los más importantes científicos de la historia de la humanidad. Entender la obra de estos hombres necesariamente implica situarla en su contexto histórico. En este sentido es un hecho que la física de René Descartes estuvo bien arraigada en Europa casi inmediatamente después de la publicación de sus teorías, particularmente de su libro *Principia Philosophiae* [1] en 1644. A esto último contribuyó una exposición de estas dada por el físico francés Jacques Rohault (1620-1672) en su libro *Traite de Physique* publicado en Paris en 1671 [2]. Posteriormente el físico suizo Theophile Bonet (1620–1689) tradujo al latín el texto de Rohault, el cual fue publicado en Ginebra en 1674 y en Londres en 1682. Como podemos ver el texto de Rohault comenzó a ser utilizado cinco años antes de la publicación del libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* de Newton, publicado en 1687. Florian Cajori señala en el Apéndice de los *Principia* [3] que paradójicamente en 1730 -tres años después de la muerte de Newton y cuarenta y tres

años después de la publicación de los “*Principia*”- el texto de Rohault era aún utilizado en la Universidad de Cambridge.

Sabemos que Voltaire visitó Inglaterra en 1727, el mismo año de la muerte de Newton, pero no logró encontrarse con él. Sin embargo se entrevistó con la mayoría de los grandes pensadores ingleses de la época incluyendo a Hume y a Clarke, este último amigo de Newton. Al regresar a Francia en 1731, Voltaire redactó sus “*Lettres Anglaises*” o “*Lettres Philosophiques*” en donde se muestra plenamente convencido y comprometido con la difusión de la filosofía newtoniana. Fue el segundo gran admirador francés de ésta después del matemático Pierre-Louis Moreau de Maupertuis.

Convencido Voltaire de la importancia de la difusión de la filosofía newtoniana, publicó en Amsterdam en 1738 los “*Eléments de la philosophie de Newton*” [4], cuya portada se muestra en la Fig. 1, libro que se convirtió en el verdadero vulgarizador de la filosofía newtoniana y que le abrió a ésta las puertas de gran parte del mundo científico europeo del siglo XVIII. Desde luego que al abogar por Newton y difundir su pensamiento, Voltaire se hizo odiar por la Academia de Ciencias, por la Universidad de la Sorbonne, así como por una parte importante de los intelectuales europeos de la época que aceptaban el pensamiento de Descartes como la más

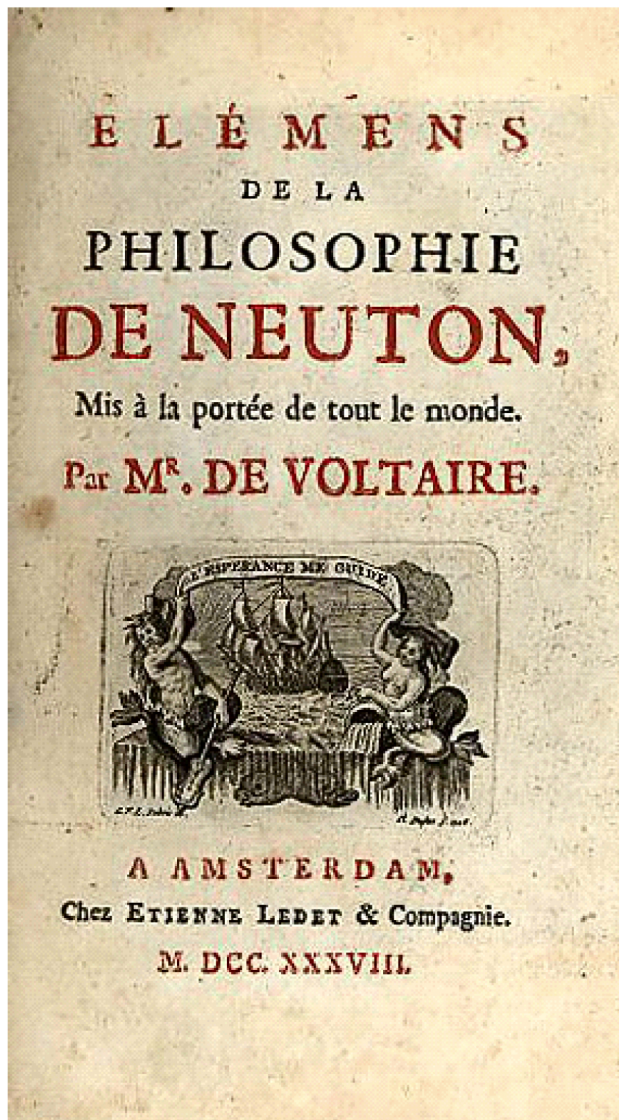


FIGURA 1. Portada de la primera edición de los *Eléments de la philosophie de Newton* (nótese los errores en “Elemens” y “Neuton”).

acertada expresión del conocimiento humano. Entre los filósofos anti-Newtonianos más destacados se encuentra el abad Marchi [5] autor de *Réflexions sur la philosophie de Newton mise à la portée de tout le monde* publicado en 1738, Noël Regnault [6] profesor de física y matemática en París y autor de un notorio tratado cartesiano sobre estos temas que fue reimpresso ocho veces entre 1729 y 1755 así como autor de *Lettre d'un physicien sur la philosophie de Newton* publicado en 1738 y Jean Banières [7] autor del *Examen et réfutation des Eléments de la philosophie de Newton de M. de Voltaire*, publicado en París en 1739. Sin embargo pocos años después de la publicación de los *Eléments*, la obra de Voltaire fue reconocida por la Sociedad Real de Londres y la Sociedad Real de Edinburgo las cuales lo nombraron miembro extranjero en 1743 y 1745 respectivamente, ante esto la Academia Francesa (entonces, Real Academia de Ciencias) lo aceptó como miembro en 1746.

Voltaire, como en el caso Calas<sup>2</sup>, actuó como convencido defensor de la razón, la verdad y la libertad de pensamiento científico. Actitud tanto más admirable pues el “caso Newton” a diferencia del caso Calas implicó una difícil visión científica y no solo ética o jurisprudencial. Es decir, lo sorprendente fue que la inteligencia que difundió el pensamiento científico más original y más fecundo de esos tiempos – el de Newton- fue la de un “hombre de letras” y el público hasta entonces encantado por ensayos filosóficos y tragedias pseudo-Racinianas, recibió de un golpe la más magistral lección de física del siglo. O tal como Orioux [8] lo expresa:

*“Que esfuerzo! Que tenacidad! A los cuarenta años entrar a los rudimentos de la física y de la matemática, leer y traducir a Newton para elevarse al nivel sublime del sabio para después descender y tomar el papel de vulgarizador, sin cesar de ser tan inteligente como el sabio y tan elegante como el autor de Zaire”*

Confirmando lo anterior la edición de los *Eléments de la philosophie de Newton* publicados en 1827 por Luis Du Bois [9], contiene las siguientes notas del editor:

*“En la época en que Voltarie publicó sus Eléments de la philosophie de Newton los descubrimientos de la filosofía inglesa eran poco conocidos en Francia, a pesar de que las Lettres Philosophiques llamaron la atención de los sabios y hombres de letras sobre el estado de la iluminación científica en Inglaterra [...] Cuando el Sr. Voltaire escribe sus Eléments, casi todos los sabios franceses eran cartesianos: Maupertuis y Clairault, dos géómetras de la academia de ciencias, pero entonces muy jóvenes, eran los únicos newtonianos conocidos del público. [...] La obra de Voltaire contribuyó a hacer la filosofía de Newton inteligible a todos aquellos que no eran géómetras. [...] El Sr. Voltaire contribuyó posiblemente más que cualquier otra persona al fin de la filosofía cartesiana.”*

Para Voltaire la difusión de la ciencia era una forma más de luchar contra la superstición, la ignorancia y la intolerancia, lo cual sería resumido en su convocatoria a “*ecraser l'infame*”. En este esfuerzo vale señalar que Voltarie recibió el apoyo moral y científico incondicional de su amante Emilie du Châtelet (Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil, marquise du Châtelet, 1706-1749), quien comparte con Voltaire sus experiencias de laboratorio y le asesora en temas de física. Este reconocimiento es evidente en la dedicatoria de este libro: “A MADAME LA MARQUISE DU CHATELLET”. La Mecánica y la Óptica de Newton fueron considerados como un modelo de racionalidad ajeno a opiniones y prejuicios y era por tanto importante para Voltaire difundir y popularizar estos ejemplos de discurso científico a pesar de las dificultades técnicas o matemáticas. Sobre estas últimas en la Introducción a los *Eléments de la philosophie de Newton* Voltaire presenta la siguiente analogía con un ministro:

*“Trataremos de poner estos Eléments a la mano de aquellos que no conocen de Newton ni de filosofía más que su nombre. La ciencia de la naturaleza es un bien que pertenece a todos los hombres. Todos desearían adquirir conocimiento de este bien pero pocos tienen el tiempo o la paciencia de*

*hacer los cálculos que Newton ha hecho. Deberemos conformarnos aquí con el resumen de esos cálculos. Todos los días un hombre público, por ejemplo un ministro, adquiere una idea correcta a partir de cálculos que él mismo no ha podido hacer; otros ojos han visto por él, otras manos han trabajado y lo mantienen al tanto con un resultado fiel para guiar su juicio. Todo hombre de espíritu está aproximadamente en el mismo caso de ese ministro”*

## 2. La naturaleza de la luz

Es importante señalar que hubo una intensa discusión acerca de la naturaleza de la luz entre los seguidores de Descartes y de Newton que en la actualidad es poco recordada. El debate posterior entre los seguidores de Newton y de Huygens notablemente opaca al primero en interés científico e histórico. Brevemente, en el primero se cuestionaba si la luz es un fluido compuesto por minúsculos torbellinos o si esta formada por partículas, ésta era una discusión con un alto contenido especulativo en donde argumentos físicos, metafísicos y teológicos frecuentemente se mezclaban complicando enormemente el razonamiento. Es en este debate en el que se encuentra el libro *Eléments de la philosophie de Newton* de Voltaire y no en el segundo sobre las teorías ondulatoria y corpuscular.

La primera edición del libro *Opticks* [10] de Newton fue impresa en 1704 y contiene 16 asuntos (*queries*). La edición en latín de 1706 contiene 7 nuevos asuntos (los asuntos 25-31 de posteriores ediciones en inglés). En la segunda edición en inglés de 1717 se añaden los asuntos 17-24 en donde Newton discute la naturaleza del éter. Por otra parte la primera edición de los tres libros del *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, datan de 1687. Dos ediciones posteriores se publicaron en 1713 y 1726. En los *Principia* Newton establece los fundamentos de la mecánica clásica. Sobre esta obra Clairaut [11] expresó en 1745:

*“Este libro marcó la época de una gran revolución en la física en la que la matemática iluminó a una ciencia que hasta entonces había permanecido en la oscuridad de las conjeturas y las hipótesis”*

Por otra parte, el libro *Opticks* de Newton es uno de los libros más comprensibles de entre los grandes libros de la ciencia, este libro puede ser leído por una persona no experta y seguramente captará su atención, mientras que los *Principia* son un libro cuya lectura requiere de esfuerzo y atención aún para un físico con formación contemporánea. Recordemos que Newton realizaba muchos de sus cálculos usando el “cálculo de fluxiones” (cálculo diferencial e integral) sin embargo sus resultados los redactaba utilizando la herramienta matemática geométrica común de su época que ahora es arcaica. Una persona sin una sólida formación matemática no puede seguir con facilidad los *Principia* pero seguramente si podrá comprender el *Opticks*. Puede ser por tanto incomprendible que durante más de un siglo el libro *Opticks* no fue re-impreso mientras que los *Principia* siempre lo fueron. Algunos autores, como I. Bernard Cohen en el Prefacio del *Opticks* [3], han señalado que esto fue debido a que Newton ex-

puso la teoría de la luz “incorrecta” (la corpuscular) a pesar de que contiene muchos otros principios básicos “correctos”.

Aparte de la evidente dificultad matemática de los *Principia* en relación con el *Opticks*, otra importante diferencia entre ambos libros es que el *Opticks* de Newton es una obra dominada por una desbordante imaginación que con mucho excede la evidencia experimental presentada. Esto a pesar de que en el Primer Libro del *Opticks* Newton afirma que tiene el propósito de:

*“no explicar las propiedades de la luz por hipótesis sino probarlas a partir de la razón y la experimentación”*

Es claro que los *Principia* y el *Opticks* son fundamentalmente diferentes. El primero con sus demostraciones matemáticas evita toda ambigüedad, mientras que el segundo presenta un contenido ampliamente especulativo. Esto refleja también el hecho de que el libro *Principia* es el punto de culminación de una investigación mientras que el *Opticks* es el inicio de otra.

La más reciente edición de los *Eléments de la philosophie de Newton* fue publicada por la Fundación Voltaire (<http://www.voltaire.ox.ac.uk>) [4]. Esta es la más importante institución del mundo dedicada al estudio de Voltaire y del siglo XVIII. Sin embargo no deja de ser sorprendente notar que en los cientos de volúmenes publicados entre 1955 y 2010 en *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century* de dicha Fundación, no hay un solo artículo dedicado exclusivamente a los *Eléments*.

El libro, *Eléments de la philosophie de Newton* de Voltaire consta de tres partes; la primera de nueve capítulos dedicada al análisis de cuestiones metafísicas, la segunda parte de catorce capítulos dedicada a exponer la óptica de Newton y la tercera parte de trece capítulos dedicada a exponer la mecánica newtoniana.

Para un lector contemporáneo el índice de esta obra pone de manifiesto tanto los intereses científicos del momento como la mezcla de temas que en nuestra época caen dentro de campos académicos claramente diferentes como la teología, la filosofía y la física. Sabemos que esta distinción, evidente en la actualidad, tomo siglos en realizarse.

En seguida en este artículo concentraremos nuestra atención en el contenido de los Capítulos I y II de la Segunda Parte de los *Eléments*, en donde se discute la naturaleza de la luz y su rapidez. El punto de referencia necesariamente es el *Opticks* de Newton, el asunto 29 del Libro III dice:

*Query 29* ¿No son los rayos de luz muy pequeños cuerpos emitidos por sustancias brillantes? Esas partículas pasarán a través de medios uniformes en líneas rectas sin curvarse en la sombra, lo cual es la naturaleza de los rayos de luz. Ellos también serán capaces de varias propiedades, y ser capaces de conservar sus propiedades sin cambios al pasar a través de varios medios, lo cual es otra condición de los rayos de luz.

### 2.1. Capítulo I de la segunda parte de los Eléments

Se debe reconocer que el libro *Eléments de la philosophie de Newton* frecuentemente nos dice más sobre Voltaire y su épo-

ca que sobre el pensamiento de Newton. En este texto es clara la defensa de la racionalidad filosófica e indudablemente Voltaire ve en Newton a un notable exponente de esta racionalidad. Sin embargo esta obra, como todas las de Voltaire, esta inmersa en un intenso contexto intelectual y cultural en el que Voltaire con sagacidad expone sus puntos de vista a la vez que ridiculiza y se mofa de sus oponentes. Por ejemplo en el capítulo primero de la segunda parte de los *Eléments* en donde aborda el tema de la naturaleza de la luz leemos:

*“Descartes ha dicho: La luz es una materia fina y delicada que toca nuestros ojos. Los colores son las sensaciones que Dios produce en nosotros de acuerdo a los diversos movimientos que produce esta materia en nuestros órganos.”*

En seguida con ironía Voltarie afirma:

*“Aquí Descartes propone el primer fundamento de su filosofía que no debemos creer sin alguna evidencia [...] Entre más imaginativo e ingenioso es ese sistema, más siente usted que es indigno de un filósofo, puesto que nada de lo que dice se puede probar [...] Debemos reconocer que a pesar de su gran genio él sabía pocas cosas de verdadera filosofía pues le faltaba la experiencia del siglo que le seguiría. Un siglo tan superior a Descartes, como Descartes lo fue de la antigüedad”*

Es interesante el hecho de que aunque Voltaire critica en Descartes la ausencia de evidencias y pruebas científicas, reconoce su gran importancia filosófica. Pareciera que ve en Descartes a un pensador importante pero anticuado, alejado de la modernidad en la cual el conocimiento proviene de certezas y realidades, *i.e.* un pensador del siglo XVII y no del moderno siglo XVIII. A la afirmación cartesiana de que la luz se comporta como un fluido Voltaire responde con los siguientes cuatro contra-argumentos:

- 1° *Si la luz fuera un fluido esparcido en el aire veríamos la noche iluminada pues el Sol tras el hemisferio recibiría siempre ese fluido de luz en todas direcciones. La luz circularía como el sonido. Podríamos ver objetos atrás de montañas.*
- 2° *Los rayos desviados por un prisma son obligados a tomar diferentes caminos, demuestran que la luz efectivamente se mueve y que no es un montón de glóbulos simplemente empujados. La luz sigue tres caminos distintos al entrar en un prisma, estas tres rutas, en el aire, en el prisma y al salir del prisma, son diferentes, mas aún, en el interior del prisma acelera su movimiento. ¿No sería pues un poco extraño afirmar que no se mueve un cuerpo que cambia visiblemente tres veces de lugar y que aumenta su movimiento? Y sin embargo acaba de aparecer un libro en el que se osa afirmar que la progresión de la luz es un absurdo.*
- 3° *Si la luz fuera un puñado de glóbulos, un fluido que existe en el aire y en todo lugar, un pequeño agujero en una cámara oscura sería suficiente para iluminarla completamente. Como presiona en todos los sentidos a través de ese pequeño agujero la luz actuaría en todas*

*direcciones, al igual que las bolas de marfil, ordenadas en círculo o en cuadrado, se apartan completamente cuando una sola de ellas es golpeada fuertemente. Sin embargo ocurre lo contrario, la luz que entra por un pequeño orificio solo permitirá pasar un pequeño cono de rayos, no ilumina más que un pequeño espacio del lugar donde incide.*

- 4° *Sabemos que la luz que nos llega del Sol realizó este trayecto en aproximadamente ocho minutos, un camino inmenso que una bala de cañón, conservando su velocidad, lo recorrería en veinticinco años.*

Sobre el segundo punto, es interesante la errónea mención de que la luz “en el interior del prisma acelera su movimiento”, esto debido a la “atracción” del prisma sobre la luz. En relación al cuarto punto Voltaire añade lo siguiente:

*El autor del “Espectáculo de la naturaleza” [12] obra muy estimable, ha caído en este punto en un descuido que puede extraviar a los principiantes a quienes va dirigido su libro. Afirma que según Newton, la luz llega en siete minutos desde las estrellas, tomando las estrellas por el Sol. De acuerdo con cierto cálculo fundado en hipótesis muy precarias, la luz de las estrellas más próximas llega en seis meses. No es Newton, sino Huygens y Hartsoecker quienes hicieron esta suposición. Para probar que Dios creó la luz antes que el Sol. Afirma también que la luz se encuentra esparcida por toda la naturaleza y que se manifiesta cuando los astros luminosos la empujan, mas esta demostrado que llega de las estrellas fijas en un tiempo muy grande, ahora bien, si recorre ese camino, la luz no estaría previamente esparcida. Conviene precaverse contra estos errores repetidos a diario en muchos libros que se hacen eco unos de otros.*

Voltaire se refiere al hecho de que aunque el Sol es también una estrella, el tiempo que le toma a la luz viajar de las estrellas a la Tierra es mucho mayor que el que le toma en viajar del Sol a nosotros. Como en seguida se muestra, los resultados de Romer le eran perfectamente conocidos. El siguiente fragmento hace referencia a la Fig. 2.

*He aquí en pocas palabras lo sustancial de la notable demostración de Romer de que la luz emplea entre siete y ocho minutos en su camino desde el Sol a la Tierra. Se observa desde un punto C en la Tierra el satélite de Júpiter que se eclipsa regularmente una vez cada cuarenta y dos hora y media. Si la Tierra fuera inmóvil, el observador en C vería treinta emersiones de ese satélite en treinta veces cuarenta y dos horas y media, pero transcurrido dicho tiempo, la Tierra se encuentra en D, luego el observador no verá la emersión precisamente al final de treinta veces cuarenta y dos horas y media, pues hay que agregar el tiempo que la luz tarda en moverse de C a D, y este tiempo es lo suficientemente largo como para ser observado con precisión. De otra parte, la distancia C D es todavía más pequeña que la distancia G H en el círculo que representa el gran orbe descrito por la Tierra, el Sol está en el centro, al venir del satélite de Júpiter, la luz atraviesa C D en diez minutos, y G H en quince o dieciséis*

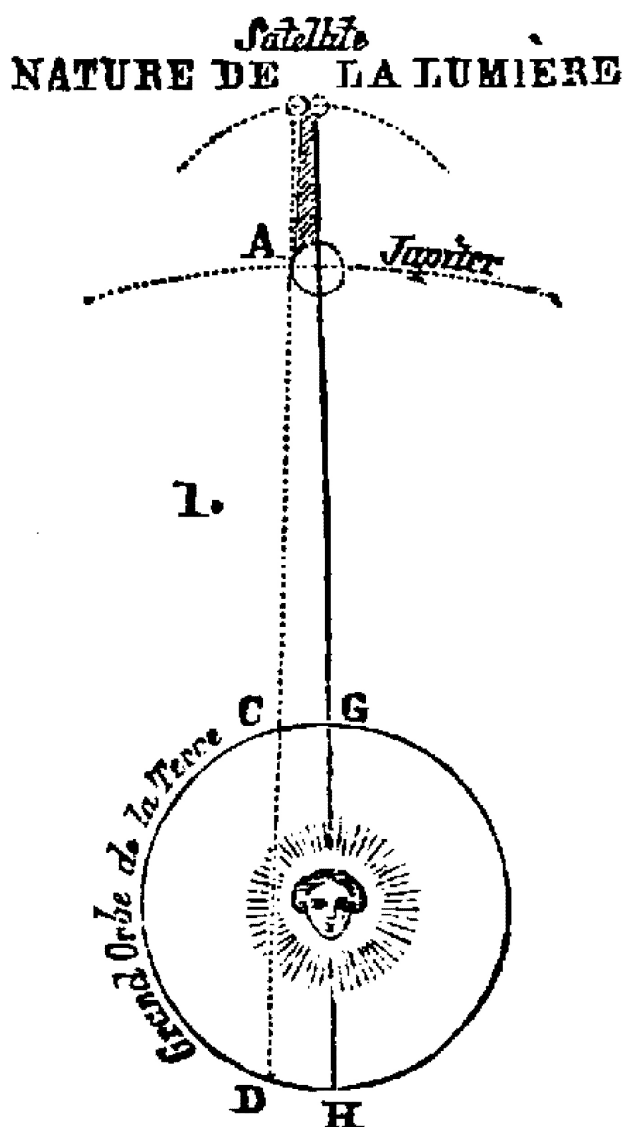


FIGURA 2. Diagrama descriptivo de las observaciones de O. Romer (figura tomada de la Ref. 4).

minutos. El Sol está entre G y H, luego la luz llega del Sol en siete u ocho minutos.

Las observaciones de Romer [13] publicadas en 1676 fueron presentadas por Newton en su *Optiks*, paradójicamente, como comenta Voltaire, la explicación de estos resultados fue impugnada y tuvo diversas interpretaciones.

Tan hermosa observación fue largo tiempo objetada, finalmente se ha impuesto el acuerdo con la experiencia, pero el prejuicio ha tratado de eludir la experiencia misma. Ella prueba a lo sumo, se dice, que la materia de luz que existe en el espacio y contigua desde el Sol hasta nuestros ojos emplea de siete a ocho minutos en transmitirnos la impresión del Sol. ¿No debería observarse, no obstante, que una respuesta como esa, hecha al azar, contradice manifiestamente todos los principios de la mecánica? Descartes sabía mucho, y había afirmado que si la materia luminosa fuese presionada, como en un largo bastón, por el Sol en un extremo, la impresión se comunicaría instantáneamente al otro extre-

mo, luego si un satélite de Júpiter presionara una materia luminosa supuestamente considerada como un rígido hilo de glóbulos extendido hasta nuestros ojos, no veríamos nunca la emersión de ese satélite tras varios minutos sino en el instante mismo de la emersión. Si como último subterfugio se insiste en decir que la materia luminosa debe extenderse, no como un cuerpo rígido, sino como un fluido, se cae entonces en un error impropio de un físico, pues se ignoraría la acción de los fluidos, ya que ese fluido actuaría en todos los sentidos y jamás habría como se ha afirmado, ni noches ni eclipses. El movimiento en el fluido por el contrario sería muy lento, requiriéndose siglos en vez de siete minutos para que percibiésemos la luz del Sol.

Del párrafo anterior es interesante tanto el hecho de que la luz i.e. la "materia luminosa", no podría formar un "rígido hilo de glóbulos" pues esto implicaría la propagación instantánea de una señal, como el hecho de que siendo un fluido "actuaría en todos los sentidos". Como en seguida leemos Voltaire interpreta, correctamente, los resultados de Bradley [14] como una corroboración de los resultados de Romer. En seguida Voltaire presenta una detallada explicación de los experimentos de Bradley.

El descubrimiento de Romer probaba entonces incuestionablemente la propagación y progresión de la luz. Si todavía se debate el antiguo prejuicio contra tal verdad, que ceda al menos a los nuevos descubrimientos de M. Bradley, que la confirman de una manera tan admirable. La experiencia de Bradley es tal vez el más hermoso esfuerzo realizado en astronomía.

Se sabe que los ciento noventa millones de leguas que por lo menos recorre la Tierra en su año, solo son un punto en relación con la distancia entre las estrellas fijas y la Tierra. La vista no podría percibir si una estrella situada en los límites de esta órbita inmensa ha cambiado de lugar con respecto a nosotros. Sin embargo es muy cierto que después de seis meses, entre nosotros y una estrella situada cerca del polo hay alrededor de sesenta y seis millones de leguas de diferencia, y ese camino, que una bala de cañón recorrería en cincuenta años manteniendo su velocidad es casi nada para la prodigiosa distancia entre nuestro globo y la estrella más próxima. Porque cuando el ángulo visual se hace muy pequeño ya no es medible, se hace nulo.

Encontrar el secreto de la medición de este ángulo, conocer la diferencia cuando la Tierra está en Cáncer y cuando está en Capricornio, disponer por este medio de lo que se llama la paralaje de las estrellas fijas, es un problema insoluble si sólo empleamos los instrumentos hasta ahora conocidos. El famoso Hooke<sup>ii</sup> [15] tan conocido por su micrografía, se propuso resolverlo, fue seguido por el astrónomo Flamsteed<sup>iii</sup> [16] quien había encontrado la posición de tres mil estrellas, después el caballero Mollieux, con ayuda del célebre instrumentalista Graham, inventó una máquina útil para la operación sin ahorrar esfuerzos, ni tiempo, ni gastos, finalmente, el doctor Bradley dio el último retoque a tan gran obra.

*La máquina empleada se denominó telescopio paraláctico. Se puede ver su descripción en un excelente tratado de óptica de M. Smith. Un largo antejo suspendido, perpendicular al horizonte, estaba dispuesto de tal forma que se podía fácilmente situar el eje de la visión en el plano del meridiano, ya fuese levemente hacia el norte o hacia el sur, y conocer con la mayor exactitud, por medio de una rueda y un índice, cuánto se había desplazado el instrumento al sur o al norte. Se observaron varias estrellas con este telescopio, entre otras la estrella del dragón, que fue seguida durante un año entero.*

*¿Qué debía obtenerse de tan perseverante investigación? Ciertamente si desde el comienzo del verano hasta el comienzo del invierno la Tierra había cambiado de sitio, si se había trasladado setenta millones de leguas el rayo de luz lanzado seis meses antes según el eje de visión de ese telescopio, debía haberse desviado de él, era entonces necesario cambiar la dirección del tubo para recibir el rayo, y se podría conocer, mediante la rueda y el índice, la cantidad de movimiento que se le había dado y por una consecuencia infalible, cuánto más septentrional o más meridional estaba la estrella seis meses antes.*

*Tan admirables operaciones comenzaron el 3 de diciembre de 1725. La Tierra se aproximaba entonces al solsticio de invierno, parecía verosímil que si desde el mes de diciembre la estrella podía dar algún indicio de aberración, proyectaría su luz hacia el Norte, ya que hacía el solsticio de invierno la Tierra se desplazaba al mediodía. Pero a partir del 17 de diciembre la estrella observada pareció haber avanzado en el meridiano hacia el sur. Esto produjo una gran sorpresa. Se encontró precisamente lo contrario de lo que se esperaba, pero, mediante series continuadas de observaciones se obtuvo más de lo que nunca hubiésemos esperado. Se logró una nueva prueba del movimiento anual de la Tierra y de la progresión de la luz, se conoció la oscilación del eje terrestre (Véase el cap. IV)*

*Si la Tierra gira en su órbita alrededor del Sol y la luz fuese instantánea, está claro que la estrella observada aparecería siempre un poco desplazada hacia el Norte cuando la Tierra marchara hacia el lado opuesto, pero siendo enviada la luz desde esta estrella y si requiere un cierto tiempo para llegar se debe comparar dicho tiempo con la velocidad que lleva la Tierra, solo resta calcularla. Al hacerlo se observó que la velocidad de la luz de la estrella era diez mil doscientas veces más rápida que el movimiento medio de la Tierra. Mediante observaciones de otras estrellas se vio que no solamente la luz se mueve con una enorme velocidad, sino que siempre se mueve uniformemente, aunque provenga de estrellas fijas situadas a distancias muy desiguales. Se vio que la luz de cualquier estrella recorre el espacio fijado por Romer en el mismo tiempo, es decir, casi treinta y tres millones de leguas en ocho minutos aproximadamente.*

Para cualquier científico e historiador de la ciencia moderno debe ser interesante subrayar que esta descripción y la observación de que; “no solamente la luz se mueve con una enorme velocidad, sino que siempre se mueve uniformemente, aunque provenga de estrellas fijas situadas a distancias

muy desiguales”, resultaría imprescindible para la teoría especial de la relatividad de Albert Einstein. Voltaire continúa su argumento del modo siguiente.

*Suplico ahora a todo lector atento y amante de la verdad considerar que si la luz nos llega del Sol uniformemente en cerca de ocho minutos, entonces llegará de la estrella del dragón en seis años y mas de un mes, porque hay que suponer que tal estrella está situada al menos cuatrocientas mil veces más lejos que el Sol, de lo contrario habría sido apreciable el paralaje, y que las estrellas seis veces más pequeñas están seis veces más alejadas de nosotros, y nos enviarían sus rayos en más de treinta y seis años y medio. Ahora bien, el curso de esos rayos es siempre uniforme. Que se juzgue ahora si la marcha uniforme es compatible con el supuesto de una materia dispersa por todas partes. Que cada quien se pregunte si esta materia no alteraría un poco la progresión uniforme de los rayos, y finalmente, cuando se lea el capítulo de los torbellinos, que se recuerde la enorme extensión recorrida por la luz en tantos años, que se juzgue de buena fe si el pleno absoluto no obstaculizaría su curso, que se vea por último a cuántos errores llevará este sistema a Descartes. El no había realizado ningún experimento, él imaginaba, no examinaba el mundo, creaba uno. Por el contrario, Newton, Romer, Bradley, etc. sólo hicieron experimentos y solamente juzgaron de acuerdo con los hechos.*

Voltaire insiste en criticar la ausencia de experimentos en las teorías de Descartes contrastando esto con los experimentos de Newton, Romer y Bradley. Para Voltaire, Descartes no está describiendo el mundo sino creando uno imaginario. Sabemos que el astrónomo danés Ole Romer a partir de observaciones de los satélites de Júpiter dedujo una velocidad de la luz de 214,000 km/s en 1675. Mientras que el astrónomo inglés James Bradley obtuvo un valor de 301,000 km/s en 1729. Este último es un valor muy cercano al aceptado en la actualidad de 299,792.458 km/s. El trabajo de Bradley le valió el suceder en 1742 a Edmund Halley en el puesto de Astrónomo Real en el observatorio de Greenwich.

## 2.2. Capítulo II de la segunda parte de los *Eléments*

El capítulo segundo de la segunda parte de los *Elements* está dedicado a refutar el sistema de Malebranche [17] lo cual Voltaire realiza con evidente placer. Dado que Malebranche había corregido a Descartes su trabajo era popularmente considerado como la más acertada expresión científica de la época y era por tanto fundamental para Voltaire refutarlo. Con innegable ironía Voltaire inicia del modo siguiente:

*El padre Malebranche, al examinar los errores de los sentidos, adopta sin prueba los tres elementos de Descartes pero modifica varias cosas de su castillo encantado y, realizando aún menos experimentos que Descartes, construye como él, un sistema.*

En seguida se expone la teoría de los torbellinos aplicada a la óptica. Esto es una extensión de la propuesta de torbellinos utilizada en la mecánica celeste por Descartes.

*Las vibraciones del cuerpo luminoso imprimen según él,*

*sacudidas a pequeños torbellinos blandos susceptibles de comprimirse y todos compuestos de materia sutil. Pero si uno hubiera preguntado a Malebranche ¿cómo los pequeños torbellinos blandos llevaron la luz a nuestros ojos? ¿Cómo la acción del Sol podría transmitirse en un instante a través de tantos cuerpecillos comprimidos unos contra otros y en los que un número muy pequeño habría bastado para amortiguar tal acción? ¿Cómo esos torbellinos blandos no se habrían mezclado girando unos sobre otros? ¿Cómo esos torbellinos blandos son elásticos? Finalmente ¿porqué supuso la existencia de torbellinos? ¿Qué habría respondido el padre Malebranche? ¿Sobre qué fundamentos basó este edificio imaginario? ¿Es necesario que los hombres que dicen la verdad no construyan jamás novelas!*

Es importante señalar que para Malebranche “sutil” y “etéreo” son sinónimos. Sin embargo Voltaire utiliza “sutil” posiblemente para evitar el concepto de “materia etérea” de Newton, que considera solo una conjetura. En seguida Voltaire expone un procedimiento para demostrar que la propuesta de torbellinos es imposible.

*Una experiencia me parece destruir absolutamente todos estos pretendidos torbellinos de materia luminosa, que se han supuesto tan gratuitamente. Reciba la luz del Sol sobre un espejo cóncavo y del lado opuesto una lente de modo que los focos de los dos conos luminosos se unan en el aire. Con este artificio usted operará el más violento calor que es posible formar en la Tierra. Si los focos de los conos fueran torbellinos tenderían a escapar por todos lados. ¿No es verdad que harían en el punto de encuentro un combate prodigioso? ¿No es verdad que el efecto sería sensible a alguna distancia de la punta de los conos? Sin embargo a una pulgada de ese punto no sentimos el mínimo calor. Imagine después de esto a los pequeños torbellinos.*

En seguida Voltaire explica qué es la “materia de la luz” basado en su propuesta de que la luz y el fuego son materia. Esto de acuerdo a los argumentos expuestos previamente en su *Essai sur la nature du feu et sur sa propagation*, publicado en 1737. Sin embargo es importante señalar que esta idea fue posteriormente modificada. En la edición de 1748 de los *Elements* Voltaire removió la palabra “materia” al hablar de la materia de la luz. Esto seguramente refleja la desilusión y frustración de Voltaire con la actividad científica desde 1745. Los experimentos científicos que Voltaire consideraba que proporcionarían conocimiento sólido no lo hacían con la certeza esperada y las discusiones entre geómetras (científicos) “parecían tener lugar entre teólogos”.

*En fin. ¿Qué es pues la materia de la luz? Es el fuego mismo, que quema a distancias pequeñas cuando sus partes son menos tenues, o más rápidas, o están más reunidas, y que ilumina dulcemente nuestros ojos cuando actúa de lejos, cuando sus partículas son más finas y están menos reunidas.*

*De este modo una vela encendida quemará el ojo que esté a pocas líneas de ella y alumbrará al ojo que esté a algunas pulgadas. Así los rayos del sol esparcidos en el espacio*

*del aire iluminan los objetos y, concentrados en un vidrio ardiente (tr. lente convergente), funden el plomo y el oro.*

*Si se pregunta qué es el fuego, responderé que es un elemento que no conozco mas que por sus efectos, y diría aquí como en otros lados, que no es propio del hombre conocer la naturaleza íntima de las cosas, que él puede solamente calcular, medir, pesar y experimentar:*

Lo anterior es un punto de vista compartido por Maupertuis en su *Discours sur les diferentes figures des astres*, [18] en donde afirma; *Je ne crois pas qu'il nous soit permis de remonter aux premières causes* (no creo que nos sea permitido llegar a las primeras causas). En seguida Voltaire continúa argumentando utilizando como ejemplo la luz de la luna.

*Los rayos de la luna llena no producen ningún calor sensible en el foco de un vidrio ardiente, aunque proporcionen una gran luminosidad. La razón de esto es palpable. Los grados de calor siempre son proporcionales a la densidad de rayos. Ahora bien, está comprobado que el Sol, a igual altura, lanza noventa mil veces mas rayos que los que la luna llena nos refleja sobre el horizonte.*

*Para que los rayos de la luna en el foco de un vidrio ardiente pudieran producir el mismo calor que los rayos del Sol dan a un terreno de igual extensión que el vidrio, se requeriría que hubiese en el foco noventa mil veces más rayos que los que hay.*

*Quienes han pretendido ver dos entes en la luz y en el fuego se han equivocado, al considerar que no todo fuego ilumina, ni tampoco toda luz caliente. Es como si se distinguieran dos seres en todas las cosas que pueden tener dos usos.*

*Ese fuego es lanzado en todos los sentidos desde el punto de irradiación, esto es lo que permite que sea percibido en todos lados: es pues necesario considerarlo siempre, de acuerdo con los geómetras, como líneas trazadas desde el centro a la circunferencia. Así, todo haz, todo cúmulo, toda traza de rayos provenientes del sol o de un fuego cualquiera debe ser considerado como un cono cuya base se encuentra en nuestra pupila y cuyo vértice está en el fuego que lo lanza.*

*Esta materia de fuego se proyecta del Sol hasta nosotros y hasta Saturno, etc., con una rapidez que asombra a la imaginación. El cálculo muestra que, si el sol está a veinticuatro mil semi-diámetros de la tierra, entonces la luz viaja desde este astro hasta nosotros, en números redondos, a mil millones de pies por segundo. Ahora bien, una bala de cañón de una libra, proyectada por media libra de pólvora, sólo recorre en un segundo seiscientos pies, luego la rapidez de un rayo de Sol es, en números redondos, un millón seiscientas mil seiscientas veces más grande que la de una bala de cañón, se puede entonces probar que si un átomo de luz fuera solamente la millonésima seis cientomilésima parte aproximadamente de una libra, necesariamente se concluiría que los rayos de luz tendrían el efecto del cañón, y si fuesen mil billones de veces más pequeños, un instante de emanación luminosa destruiría todo lo que vegeta sobre la superficie de la tierra ¡Cuán inconcebiblemente pequeños deben ser entonces esos rayos para entrar en nuestros ojos sin lastimarlos!*

Vale subrayar la mención en este párrafo a “átomos de luz”. Voltaire continúa como sigue.

*El Sol que nos manda esta materia luminosa en siete u ocho minutos, y las estrellas, esos otros soles que nos la envían en varios años, la proporcionan eternamente, aparentemente sin consumirse, como el almizcle lanza sin cesar a su alrededor cuerpos odoríferos, sin que aparentemente pierda ningún peso.*

La anterior analogía entre la luz de las estrellas y el olor del almizcle es importante pues un argumento contra la teoría corpuscular era precisamente el hecho de que los cuerpos que emiten luz perderían también peso.

*Por último, la rapidez con que el Sol emite sus rayos es probablemente proporcional a su tamaño, el cual sobrepasa en casi un millón de veces al de la tierra y a la velocidad con que este inmenso cuerpo de fuego da un giro sobre sí mismo en veinticinco días y medio.*

*A partir de la celeridad con la que la sustancia del Sol se escapa hacia nosotros en línea recta, podemos también concluir hasta qué punto el pleno de Descartes es inadmisibles: 1° Porque ¿cómo podría llegar a nosotros en línea recta a través de tantos millones de capas curvas de materia blanda y tantos movimientos diversos? 2° ¿Cómo un cuerpo tan sutil podría recorrer en siete u ocho minutos un espacio de cuatrocientas mil veces treinta y tres millones de leguas de una estrella a nosotros, si debe penetrar en ese espacio una materia resistente.*

*Note que esta pretendida materia sutil podría resistir en el pleno absoluto tanto como la materia más compacta, así, un rayo de una estrella tendría que hacer un esfuerzo mucho mayor que el realizado para penetrar un cono de oro, cuyo eje tuviera trece billones doscientos mil millones de leguas.*

*Además, la experiencia, ese verdadero maestro en filosofía, nos enseña que la luz al pasar de un elemento a otro, de un medio a otro, no pasa completamente, ya que una parte es reflejada, de hecho el aire refleja más de lo que trasmite, sería así imposible que nos llegase ninguna luz de las estrellas, pues sería completamente absorbida, completamente reflejada antes de que tan solo un rayo pudiese alcanzar la mitad de nuestra atmósfera. ¿Y qué ocurriría si ese rayo tuviera todavía que atravesar otras atmósferas? En los capítulos en los que expliquemos los principios de la gravitación, veremos una multitud de argumentos que prueban que el supuesto pleno era un cuento.*

*Detengámonos un instante para ver cómo se estableció lentamente la verdad entre los hombres.*

*Hace casi cincuenta años que Romer demostró, mediante las observaciones de los eclipses de los satélites de Júpiter, que la luz emana del Sol a la Tierra en siete minutos y medio aproximadamente, sin embargo no solamente se sostiene todavía lo contrario en varios libros de física, sino que en una obra en tres volúmenes, formada con observaciones de todas las academias de Europa e impresa en 1730 [19], se afirma lo siguiente “Algunos han pretendido que de un cuerpo luminoso, como el Sol, se desprenden continuamente una infinidad de insensibles partículas pequeñas que portan la*

*luz hasta nuestros ojos, pero esta opinión, que debe aún de la vieja filosofía no es sostenible”. Esta opinión es demostrada por más de un procedimiento y lejos de recuperar la vieja filosofía, le es totalmente contraria, pues, ¿qué puede ser más contrario a las palabras vacías de contenido que tantas medidas, cálculos y experiencias?*

Históricamente la Ref. 19 mencionada en el párrafo anterior es importante pues muestra -como anteriormente se había mencionado- la no inmediata aceptación de los resultados de Romer, así como el rechazo a la interpretación corpuscular de la luz. Es también interesante el siguiente argumento contra la propuesta de que la luz que recibimos en la Tierra no viene del Sol, a partir de argumentos teológicos.

*Han aparecido otros contradictores que atacaron esta verdad de la emanación y de la progresión de la luz con las mismas armas con que otros hombres, más respetuosos que instruidos, osaron antaño atacar tan imperativa y vanamente la creencia de Galileo en el movimiento de la Tierra.*

*Quienes combaten la razón con la autoridad, emplean las Santas Escrituras, que deben enseñarnos a bien vivir, para obtener lecciones de filosofía. Ellos han hecho de Moisés un físico. Si ellos creen que con este artificio harán odioso a aquellos que no piensan como ellos, deberán de recordar a aquellos que condenaron a Galileo en base a un pretexto parecido, pues cubrieron su patria de una especie de vergüenza que el nombre de Galileo solo pudo limpiar. Hay que creer, dicen ellos, que la luz del día no llega del Sol, debido a que en el Génesis Dios crea la luz antes que al Sol.*

*Pero estos señores no consideran que de acuerdo al Génesis, Dios separó igualmente la luz de las tinieblas y llamó día a la luz y noche a las tinieblas, y compuso un día de mañana y tarde, etc., y todo esto antes de crear el Sol.*

*Según estos físicos, se requeriría que el Sol no produjese el día, y que su ausencia no causara la noche.*

*Afirman además que Dios separó las aguas de las aguas, y entienden por esta separación la del mar y las nubes. Pero según ellos, sería en tal caso necesario que los vapores que forman las nubes no fueran elevados por el Sol, como lo son. Porque conforme al Génesis el Sol no fue creado sino tras la separación de las aguas inferiores de las superiores, sin embargo, reconoce que es el Sol el que eleva tales aguas superiores. Helos ahí pues en contradicción consigo mismos ¿Negarán el movimiento de la Tierra, porque Josué ordenó la detención del Sol? ¿Negarán el crecimiento de los gérmenes en la Tierra, porque fue establecido que el grano debe pudrirse antes de brotar? Es pues necesario que reconozcan, con todas las gentes sensatas, que no son las verdades de la física las que se debe buscar en la Biblia, y que debemos aprender en ella a ser mejores y no a conocer la naturaleza.*

Como vemos, una vez más en su larga vida, Voltaire insiste en la separación de los asuntos del alma y del mundo. Conocer el mundo requiere de la observación y la experimentación, ésta es la lección más importante que Voltaire -como muchos científicos antes y después que él- pretende dejar. Voltaire aboga por el método de investigación científica pro-



puesto por Newton y sintetizado en el Libro III, Parte I del *Opticks*.

*Como en la Matemática, también en la Filosofía Natural, la investigación de temas difíciles por el método de análisis debe siempre preceder el método de composición. Este análisis consiste en hacer experimentos y observaciones y en obtener de ellos conclusiones generales por inducción, habiendo no objeciones a las conclusiones tomadas de los experimentos o de otras verdades ciertas. Las hipótesis no deben ser consideradas en la filosofía experimental. Aunque argumentar por inducción de experimentos y observaciones no es una demostración de las conclusiones generales, es la mejor forma de argumentar que admite la naturaleza.*

Finalmente, al inicio del capítulo tercero de la segunda parte de los *Eléments* Voltaire afirma :

*Sabiendo qué es la luz, de dónde nos viene, cómo y en cuánto tiempo nos llega, estudiemos sus propiedades y efectos ignorados hasta el momento.*

Dando por terminada la discusión sobre la naturaleza de la luz.

### 3. Conclusiones

El libro "*Eléments de la philosophie de Newton*" jugó un importante papel en la difusión de la física newtoniana y más

aún en el abandono de la física cartesiana. La óptica corpuscular de Newton tuvo dos debates; el primero contra la física cartesiana -en el que participa Voltaire- y el segundo contra la física ondulatoria de Huygens. Aunque el segundo es científicamente más relevante y memorable, el primero no deja de ser importante en la historia de la ciencia.

A pesar de haber defendido la teoría de la naturaleza de la luz "errónea" de Newton, la argumentación de Voltaire es importante metodológicamente pues enfatiza la necesidad de llegar a conclusiones a partir de experimentos y observaciones. Desde este punto de vista Voltaire sigue siendo un hombre contemporáneo.

### Agradecimientos

Se agradece a la *Biblioteca Armando Olivares* de la Universidad de Guanajuato, a su espléndido acervo y a todo su personal, el generoso apoyo proporcionado para la realización de este trabajo. Muy en particular a la Lic. Eréndira María Guadalupe Guzmán Segoviano y al Ing. José Francisco González García. Este trabajo está basado en una versión preliminar entregada a dicha Biblioteca.

- 
- i. El caso Calas se originó en Tolosa en 1761 cuando el padre de la familia Calas, de religión protestante, fue acusado de estrangular a su hijo por haberse convertido al catolicismo. Después de ser torturado y declarado culpable en un juicio sin ninguna prueba jurídica ni defensor fue ahorcado. Voltaire luchó incansablemente hasta lograr la rehabilitación legal del señor Calas provocando con esto la más profunda reforma del sistema jurídico europeo.
  - ii. Robert Hooke, trabajó en el problema del paralaje estelar, sus resultados fueron publicados en; *An attempt to prove the motion of the earth by observations*, 1674, Ref. 15
  - iii. John Flamsteed, su catálogo de 2935 estrellas fue publicado en; *Historia coelestis britannica*, 1725, en Ref. 16.
1. R. Descartes, *Principia philosophiae, traducido al francés bajo la supervisión de Descartes en 1647, Principes de philosophie* (1644 Gallimard, 1953).
  2. J. Rohault, *Traite de Physique* (Paris, Chez Guillaume Deprez Imprim. & Libr. ord, du Roy, 1671).
  3. I. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687, University of California Press, 1962).
  4. Voltaire, *Eléments de la philosophie de Newton* (1738, The Voltaire Foundation, Œuvres complètes de Voltaire, Vol. 15, 1992).
  5. A. Marchi, *Réflexions sur la philosophie de Newton mise a la portée de tout le monde* (1738).
  6. N. Regnault, *Lettre d'un physicien sur la philosophie de Newton*, (1738).
  7. J. Banières, *Examen et réfutation des Eléments de la philosophie de newton de M. de Voltaire* (Paris, 1739).
  8. J. Orieux, *Voltaire ou la royauté de l'esprit* (Flammarion, Paris, 1977).
  9. Voltaire, *Eléments de la philosophie de Newton* (1738, Ed. Luis Du Bois, 1827).
  10. I. Newton, (1704) *Opticks* (Dover, 1952).
  11. C. Alexis-Claude, *Du systeme du monde, dans les principes de la gravitation universelle, en Histoires (& Memoires) de l'Academie Royale des Sciences* (de 1745 publicado en 1749), p. 329.
  12. P. Noël-Antoine, *Le Spectacle de la nature, ou entretiens sur les particularités de l'histoire naturelle* (Paris 1732-1751).
  13. O. Romer, *Démonstration touchant le mouvement de la lumière, Academie royale des sciences, Journal des savants* (7 Décembre 1676).
  14. J. Bradley, *Philosophical transactions* (XXXV, 1729) pp 637.
  15. R. Hooke, *An attempt to prove the motion of the earth by observations*, London, (John Martin Printer of the Royal Society, 1674).
  16. J. Flamsteed, *Historia coelestis britannica* (Londini, H. Meere, 1725).

17. Malebranche, *De la recherche de la vérité, Eclaircissement XVI, Sur la lumière et les couleurs*, (1700), *Œuvres*, éd. par G. Rodis-Lewis et G. Malbreil, 2 vol., Paris: Gallimard, 1979-1992, vol. 1, p. 1031.
18. Maupertuis, Pierre-Louis Moreau de, *Discours sur les différentes figures des astres* (Imprimerie Royale, Paris, 1732).
19. Bougeant, Guillaume-Hyacinthe y Grozelier, Nicolas, *Observations curieuses sur toutes les parties de la physique, extraies et recueillies des meilleurs mémoires* (Tome III), Paris, (chez André Cailleau, Place du Pont S. Michel, du côté du Quai des Augustins, à Saint André, 1730).