



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COORDINACIÓN DE HISTORIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA

DE MÉXICO.

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS.

**LA ÓPTICA NOVOHISPANA
EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XVIII.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE LICENCIADO EN HISTORIA.**

**PRESENTA:
JUAN MANUEL ESPINOSA SÁNCHEZ.**

México D.F. 1994

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

A LA MEMORIA DE MI PADRE

ELISEO ESPINOZA

A MI MADRE MAURA SÁNCHEZ

A MIS HERMANOS.

AGRADECIMIENTOS.

En el proceso de la investigación, surgieron problemas de diversa índole, a la cual sólo podían darme respuesta los especialistas en la materia.

Además de sus comentarios y críticas, me brindaron material bibliográfico que es inaccesible en México: gracias a la Dra. Celina Lertóra por sus comentarios, al Dr. Bernard Cohen por sus críticas, a la Dra. Diana Soto, por sus comentarios y material bibliográfico.

Mi más profundo agradecimiento a Jorge Canizares, al Mto. Marco A. Moreno Corral, por sus comentarios y material bibliográfico.

Al Fís. José E. Marquina, por sus críticas, comentarios y material bibliográfico. Así como al Lic. Abraham González por sus sugerencias. De igual manera a la Fís. Luz Fernanda Azuela, por sus comentarios, sugerencias y a la invitación de asistir a su Seminario del Siglo XIX.

A mis amigos: a la Fís. María de la Paz Ramos, por obsequiarme su tesis, además de sus comentarios, a José Roberto Gallegos por su apoyo incondicional por sacar adelante la presente tesis, a Miroslava y Rosario Alcántara por sus críticas y comentarios, a la Lic. Libertad Díaz por sus críticas, a mi hermano Alejandro Espinosa, Victor Hugo Marquéz, José A. Serrano y Bernardo Martínez.

Mis más profundo agradecimiento a la Dra. Patricia Aceves, por su dedicación al dirigir y revisar el presente trabajo.

	2
ÍNDICE	
SIGLAS.	5
INTRODUCCIÓN.	6
1.- EL ESTUDIO DE LA ÓPTICA CARTESIANA Y NEWTONIANA EN LA NUEVA ESPAÑA.	10
DESCARTES Y NEWTON: UNA NUEVA COSMOVISIÓN.	11
LA ILUSTRACIÓN Y LA FÍSICA NEWTONIANA.	16
LA TRADICIÓN CIENTÍFICA NOVOHISPANA EN EL ESTUDIO DE LA ÓPTICA.	20
LA FÍSICA EN EL SIGLO XVII.	22
LOS JESUITAS Y LA NUEVA FÍSICA.	24
LA TRANSICIÓN DE LA ÓPTICA CARTESIANA A LA ÓPTICA NEWTONIANA EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII.	32

	3
LA OBRA DE BENITO DÍAZ DE GAMARRA.	33
CONCLUSIÓN.	51
2.- LA FÍSICA DE LA LUZ.	
EL ESTUDIO DE LOS FENÓMENOS CELESTES, EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XVIII.	54
LA ASTRONOMÍA NOVOHISPANA A FINALES DEL SIGLO XVIII.	55
LAS CONTROVERSIAS SOBRE LA APARICIÓN DE LA AURORA BOREAL DE 1789.	65
CONCLUSIÓN.	86
3.- LA ÓPTICA EN EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA.	88

	4
LA PROBLEMÁTICA DE LA MINERÍA NOVOHISPANA EN EL SIGLO XVIII.	89
FRANCISCO BATALLER Y EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA.	97
LA ÓPTICA EN EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA.	104
CONCLUSIÓN.	113
CONCLUSIONES FINALES.	115
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.	119

SIGLAS.

A. H. A. M.	ARCHIVO HISTÓRICO DEL AYUNTAMIENTO DE MÉXICO.
A. G. N. M.	ARCHIVO GENERAL DE LA NACIÓN DE MÉXICO.
A. H. B. N. A. H.	ARCHIVO HISTÓRICO DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA.
A. H. P. M.	ARCHIVO HISTÓRICO DEL PALACIO DE MINERÍA.
CESU.	CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE LA UNIVERSIDAD.

INTRODUCCIÓN.

Al concluir mis estudios en la licenciatura de historia, me decidí en trabajar la física novohispana del siglo XVIII, como no es común que en la Facultad de Filosofía y Letras se presente una tesis sobre historia de la física en la Nueva España me tomó tiempo en tener un asesor y decidí que fuera la Dra. Patricia Aceves, quien tiene trabajos sobre la historia de la química en la Nueva España, y aceptó dirigir mi tesis.

La dificultad que afronté al iniciar la investigación fue el de las fuentes, por lo que me llevó bastante tiempo en obtenerlas, así como leer textos de carácter metodológico de historia de la ciencia.

Por lo que al iniciar las primeras lecturas, sabía que la investigación iba llevar años en concluirla con el presente trabajo.

En la presente tesis analizaremos el desarrollo de la óptica novohispana en la segunda mitad del siglo XVIII. En este período tuvo lugar en la Nueva España un proceso evolutivo en el que se difundieron, asimilaron y aplicaron los distintos sistemas ópticos de la época, incluido el de Newton.

Nuestro objetivo es analizar las principales características de algunos textos que tratan sobre el tema, con el propósito de describir el desenvolvimiento de este ramo de la física en el seno de la comunidad científica novohispana.

Es importante analizar, comprender y explicar el desarrollo de la ciencia en México, para demostrar el auge que la misma tuvo en las diferentes épocas. No obstante en la actualidad existen pocos estudios históricos sobre la actividad científica de nuestro país en el terreno de la botánica, la medicina, la física, la química, entre otras.

Por lo que concierne a la óptica en el siglo XVIII novohispano, este tema no ha sido investigado a profundidad, de ahí el interés de analizar en las fuentes primarias el grado de avance que alcanzó esta disciplina.

Para demostrar los grandes avances que hubo en el campo científico en la Nueva España durante el siglo XVIII se deberán estudiar, las fuentes primarias analizar los libros científicos de la época.

Nuestro trabajo está encaminado al análisis de la física newtoniana y de la física experimental en la Nueva España en la segunda mitad del siglo XVIII, en particular el caso de la óptica. Los novohispanos la estudiaron y la difundieron, en sus diversos textos científicos para explicar el cosmos.

Adoptaremos la metodología de la historia social de la ciencias, para explicar las condiciones locales, en las cuales se desarrolló el estudio de la óptica en la Nueva España en la segunda mitad del siglo XVIII, conjuntamente con los avances científicos alcanzados por esta disciplina en Europa. Desde esta perspectiva analizaremos los modelos teóricos en el contexto socio-histórico.¹

La riqueza de la historia de la ciencia en México, ha permanecido oculta por lo que debe ser estudiada y difundida.

Esta tradición científica mexicana es de siglos y se ve expresada a través de las diferentes obras que escribieron los mexicanos.

Los ilustrados novohispanos abordaron una diversidad de temas, en la búsqueda de una

¹.- Trábulse, Elías., " Para una historia de la ciencia mexicana." en Nexos., v.V., n.49., México., enero., 1982., p.32

mejor comprensión de la naturaleza y de un mayor conocimiento de su contexto. Con este fin realizaron investigaciones tendientes a resolver problemas de la sociedad de su época, pretender negar esta tradición científica, sería negar una parte de la historia de México. La ciencia mexicana posee una historia en la que si bien, no abundan las grandes contribuciones a la ciencia universal ha contado con hombres de ciencia de gran capacidad y cultura, y ha tenido instituciones científicas importantes para el desarrollo del país.

Con base a lo anterior trataremos de mostrar el desarrollo científico alcanzado en el campo de la óptica en la Nueva España.

Este desarrollo científico fue producto del avance alcanzado por los criollos novohispanos y utilizado en sus propias investigaciones, para tener un mejor conocimiento del cosmos.

La difusión de la ciencia novohispana no fue el resultado de una iniciativa de la corona española, sino del esfuerzo de los novohispanos.

En este trabajo también abordaremos el estudio de la física en las escuelas religiosas, y la influencia de Newton en la Física novohispana.

A la vez analizaremos los elementos que intervinieron en la enseñanza de la física y la óptica en el Real Seminario de Minería. En la primera parte de la tesis explicaremos las diferencias metodológicas entre Descartes y Newton, para analizar las diferencias que se suscitaron en la Nueva España.

Posteriormente, en el capítulo dos nos ocuparemos de la polémica que se suscitó entre

los novohispanos, en torno a la aparición de la aurora boreal de 1789.²

En la parte final referiremos, que la evolución presente en los textos tuvo su contraparte en la estructuración de los estudios y la organización socio-profesional de la física en el Real Seminario de Minería.

².- Lafuente, Antonio y José Sala Cátala., " Ciencia y Mundo Colonial: El Contexto Iberoamericano". et al., Ciencia Colonial en América., p.22. Ambos autores analizan la ciencia colonial, desde varias perspectivas: la geo-política, la socio-económica y socio-profesional, de estas denominaciones se tiene presente la idea de ciencia moderna, cuando se refieren a la ciencia criolla nos dicen que: "La actividad más característica que desarrollan y la función social que cumplen en el marco de la sociedad colonial. El científico criollo se comprometería, ante todo, en tareas de difusión y racionalización de usos técnicos, contribuyendo decisivamente a la conformación de una opinión pública sensible a la modernidad". Por lo que los novohispanos difundieron sus postulados imprimiendo sus escritos en los periódicos para que el lector se enterara de las diferentes teorías modernas que estaban en pugna al explicar un fenómeno celeste, para nuestro estudio, la aurora boreal de 1789.

CAPITULO 1

EL ESTUDIO DE LA ÓPTICA CARTESIANA Y NEWTONIANA

EN LA NUEVA ESPAÑA.

"Guillermo introdujo las manos en la bolsa que habia en su sayo a la altura, y extrajo un objeto que... Era una horquilla, construida de tal modo que pudiera mantenerse en la nariz de un hombre... Y, por ambos lados, la horquilla continuaba en dos anillas ovaladas de metal que, situadas delante de cada ojo, llevaban engastadas dos almendras de vidrio, gruesas como fondos de vaso. Con aquello delante de sus ojos Guillermo solía leer, y decía que le permitía ver mejor que con los instrumentos que le había dado la naturaleza, o, en todo caso, mejor de lo que su avanzada edad, sobre todo al mermar la luz del día, era capaz de concederle... pretendía ilustrar las ideas de su Roger Bacon, quien afirmaba que una de sus metas de la ciencia era la de prolongar la vida humana."

Umberto Eco
El Nombre de la Rosa.

DESCARTES Y NEWTON : UNA NUEVA COSMOVISIÓN.

El presente capítulo tiene como objetivo analizar las diferencias metodológicas entre Descartes y Newton, para explicar la luz.

En el último tercio del siglo XVII, en Inglaterra, ocurrió un cambio radical en torno a la física. Los científicos se dedicaron a estudiar el cosmos con métodos basados en la experimentación y la observación, y con una matemática nueva. Así mismo se promovió la fundación de revistas como la Philosophical Transactions de la Royal Society.

Uno de los principales protagonistas de dicho cambio fue el notable físico y matemático Isaac Newton. Corría el año de 1669 cuando Newton a la edad de 26 años fue nombrado profesor de matemáticas en Cambridge y en ese mismo año de 1669 ocupó el puesto de inspector de la Casa de Moneda. Para 1703, fue electo presidente de la Royal Society hasta su muerte acaecida el 20 de marzo de 1727.

En 1666, Newton se dedicó a pulir cristales y fabricó un prisma triangular de vidrio, por el cuál paso un haz de luz blanca y llegó a las siguientes conclusiones:

A) Desistió de sus intentos para perfeccionar los telescopios basados en combinaciones de lentes y optó por el principio del reflector.

B) Observó que no era tan fácil determinar la naturaleza de la luz.¹

En las Questiones Philosophicae, Newton escribió que:

' Los rayos azules se reflejan más que los rojos, por que son más lentos. Cada color es ocasionado por glóbulos de movimiento uniforme. El movimiento uniforme que da la sensación de un color, es diferente del movimiento que da la sensación de cualquier otro color.'²

En esta parte Newton concibió una teoría dual: la ondulatoria y la corpuscular. En la primera postuló la periodicidad como una propiedad fundamental de las ondas de luz, mediante la cual cada color tiene una longitud de onda. No obstante prefirió la explicación corpuscular para la propagación rectilínea y la polarización de la luz.³

Su nueva teoría de la luz y el color publicada en la revista Philosophical Transactions, cuestionó sus experimentos prismáticos relativos a la dispersión y composición de la luz solar y a la naturaleza de los colores. Estos resultados se ampliaron en su Óptica que

¹.- Cohen, Bernard I., "Isaac Newton." et. al., Newton., p.105-111

².- Ibid., p. 121

³.- Ibid., p.121., Albert Einsten utilizó la teoría dual de la luz para explicar el efecto fotoeléctrico y por ello recibió el premio Nobel en 1921. En esta teoría esta concebida la estructura de la luz, la materia, compuesta de partículas discretas, atómicas y discontinuas. Por otra parte, la radiación, insustancial, ondulatoria continua. El efecto fotoeléctrico " es la absorción de luz de alta frecuencia (como la ultravioleta) por ciertos metales. En estas condiciones es transferida tanta energía luminosa a los electrones del metal, que algunos de ellos son arrancados de la superficie metálica." Vid., Lovett, Cline Bárbara., Los Creadores de la nueva Física. Los Físicos y la teoría cuántica., p.84-85

también contiene sus experimentos y conclusiones sobre otros aspectos de la óptica, incluyendo una gran variedad de lo que hoy se conoce como fenómenos de difracción e interferencia.

Al mismo tiempo aplicó la matemática en los fenómenos ópticos, la cuál desarrolló en sus Principios Matemáticos de la Filosofía Natural en el lib.I sección catorce pero no así en su Óptica.

En esta parte de los Principios, Newton determinó que las trayectorias de los cuerpos son muy semejantes a las trayectorias de los rayos de luz. En el escolio de la proposición 96, sección catorce del lib.I, de los Principios, se explica la diferencia del modelo newtoniano y el cartesiano con respecto a la óptica. Por su parte Descartes planteó tres modelos para explicar la transmisión de la luz.

El primer modelo es el de la pelota de tenis que se mueve a una velocidad finita y su velocidad se altera cuando pasa de un medio a otro, por lo tanto la transmisión de la luz debía de ser instantánea.

En cuanto al segundo modelo, Descartes compara la propagación de la luz a las uvas contenidas en una cuba completamente llena de uvas medio aplastadas inmersas en vino. Este modelo pretende dar un ejemplo de la materia sutil (el vino) que llena todo el espacio y las partes más pesadas del aire, así como otros cuerpos transparentes, y una vez más, el movimiento es finito y no instantáneo.

El tercer modelo cartesiano compara el movimiento de la luz con un ciego provisto de un bastón, donde no hay pérdida de tiempo de transmisión, ya que el ciego siente la sensación en su mano en el mismo instante en que el bastón golpea un objeto, este modelo

no preserva la distinción cartesiana entre movimiento y tendencia o inclinación al movimiento.⁴

" El modelo de Descartes es para fines heurísticos; es decir, no para mostrar cómo sea la luz o su transmisión, sino más bien para indicar que el tipo de propiedades del movimiento a que alude puede darse en la naturaleza."⁵

Descartes deseaba mostrar una comparación, por medio de modelos para explicar las propiedades de la naturaleza que no se podía descubrir por medio de la observación y experimentación.

Cada comparación hecha por Descartes ejemplifica una propiedad particular de la luz mediante un sistema mecánico. Para Descartes la luz es una tendencia al movimiento y frente a los modelos newtonianos su óptica tiene un carácter hipotético.⁶

En la propagación de la luz en el macrocosmos, Descartes propone como medio hipotético una materia sutil : el éter. Con su cosmovisión de los vórtices, Descartes concibe que la luz se propaga en onda posteriormente esta idea será desarrollada por Huygens.

Newton también planteó el éter como medio de la propagación de la luz, pero a diferencia de los seguidores de la teoría ondulatoria, planteó la fuerza de atracción a distancia. Usando la mecánica de la teoría gravitacional, aniquiló la hipótesis cartesiana

⁴.- Un excelente estudio sobre el modelo cartesiano de la transmisión de la luz es el de Sabra, A.I., Theories of Light from Descartes to Newton., p.46-68

⁵.- Cohen, Bernard I., La Revolución Newtoniana y la Transformación de las Ideas Científicas., p. 124

⁶.- Koyré, Alexander., Newtonian Studies., p.95-96

de los vórtices.⁷

La óptica newtoniana difiere de la cartesiana, dado que la primera explica los fenómenos naturales a través de la experimentación, la observación y la matemática. La óptica cartesiana se queda en la hipótesis, no llega al análisis científico.

EN 1701, se imprimió la Óptica de Newton, esta estructurada como una obra matemática en cuanto a sus definiciones, axiomas y proposiciones. Sin embargo, el planeamiento matemático es seguido por el análisis experimental.

⁷.- Los experimentos de Michelson y Morley determinaron la inexistencia del éter, puesto que trataron de medir la velocidad constante de la luz en dicho medio y quedó demostrado que los fenómenos ópticos y electromagnéticos, respecto a la Tierra, no son influidos por la velocidad de traslación. Vid., Eistein, Albert., Sobre la Teoría Espacial y la Teoría General de la Relatividad. El significado de la Relatividad., p.80. y del mismo autor Ideas and Opinions., p.246; y sobre la explicación del experimento Vid., Michelson, Albert A. y Edward W. Morley., "Sobre el movimiento relativo de la Tierra y el éter luminífero." et. al., La Teoría de la relatividad: Sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno., p.34-45.

LA ILUSTRACIÓN Y LA FÍSICA NEWTONIANA.

Sin duda el principal difusor de la física newtoniana será la Ilustración, ¿por qué?

La respuesta es sencilla, por que en los reinos como España, Inglaterra, Francia, Alemania, Rusia, Italia, Portugal y los Países Bajos, fueron partidarios del progreso, centralizaron la administración. En la ciencia fue descartado Aristóteles, como autoridad del pensamiento filosófico-científico, por los progresos de la física, como la teoría gravitacional de Newton. A finales del siglo XVII, se concibió una concepción laica heterodoxa de la vida en los países protestantes. En el siglo XVIII, está teoría penetró en los países católicos: De la razón depende la ciencia y la filosofía, su método es el análisis, la comprobación y establecer axiomas, para estudiar el cosmos. Ello implicaba el que la sociedad tuviera acceso al conocimiento de las ciencias naturales, con este propósito en cada reino se abrieron instituciones educativas, en su mayoría regidas por laicos, así como sociedades científicas. Estas sociedades contaban con un número de científicos cuyos trabajos se publicaban en las diferentes revistas de las sociedades científicas.

Además la física newtoniana tuvo un elevado número de adeptos o seguidores, a ello contribuyó el que las teorías de Newton fueron demostradas por medio de la experimentación. Tal fue el caso del achatamiento de la Tierra y de la refracción de la luz, además el telescopio catadióptrico tenía una gran ventaja sobre el reflector, ya que eliminaba la aberración cromática. Posteriormente fue perfeccionado por los ingleses, Hadley, Short y Dollond resultando de gran ayuda para la astronomía observacional.

La física newtoniana con sus directrices de masa, fuerza, teoría gravitacional, inercia y la teoría corpuscular de la luz planteó de una manera precisa el programa de toda

investigación teórica del cosmos en el siglo XVIII.⁸

En el ámbito geográfico la Ilustración corresponde a: Europa Occidental, Rusia, los Estados Unidos de América y las colonias portuguesas y españolas en América.

Es un período que se caracterizó por las revoluciones: la inglesa, la industrial, la francesa y la norteamericana.

Así mismo el siglo XVIII se caracterizó por dos estructuras en el pensamiento científico: la razón y la naturaleza. La matemática es el enlace entre ambas. Además los nuevos instrumentos científicos permitieron descubrir e investigar el cosmos.

En el siglo de las luces, hay una gran influencia newtoniana que se refleja en los escritos de la época.⁹ La Ilustración fue el medio para conocer varios postulados newtonianos que eran desconocidos en países católicos, principalmente en Portugal y España. En la segunda mitad del siglo XVIII estos países conocerán la obra de Newton, por lo que habrá una transición del paradigma cartesiano al newtoniano tardíamente respecto a Inglaterra y Europa continental.

Los introductores de la física newtoniana en España del siglo XVIII son Benito Feijoo (1676-1764), y sus obras principales son Teatro Crítico Universal en ocho volúmenes (1726-1739), y sus Cartas Eruditas y Curiosas en cinco volúmenes (1742-1760). En este período Gaspar Melchor de Jovellanos (1744-1811), inauguró el Instituto de Gijón, el 7 de enero

⁸.- Cassirer, Ernest., La Filosofía de la Ilustración., p.70

⁹.- Babini, José., El Siglo de las Luces: Ciencia y Técnica., p.10. Sobre la influencia newtoniana en los libros del siglo XVIII. Vid., Arboleda, Luis Carlos., " Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: El caso de la física newtoniana en la Nueva Granada." en Quiipu., v.IV.,n.1., México., SLHCT., Ene.-Abr., 1987., p.7-30

de 1794. En él enseñó física, abarcando el estudio de la óptica, utilizando como libro de texto el de Benito Bails.

Además con la celebración de tertulias, la creación de Sociedades de Amigos del País y de institutos auspiciados por el estado con profesores laicos, se rompió con el esquema pedagógico de las órdenes religiosas que recurrían más a temas filosóficos que a la física experimental.

Al respecto del estudio de la óptica en el siglo XVIII, en Europa siguió predominando el esquema newtoniano frente a la teoría ondulatoria propuesta por Euler. La teoría corpuscular se empleó para explicar la materialidad de la luz solar propuesta en los trabajos de John Michell en 1783. Así mismo William Herschell se apoyó en la óptica newtoniana para explicar la inflexión de la luz y el fenómeno de los colores en los planetas.¹⁰

Hasta finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, la teoría ondulatoria desplazará a la corpuscular, por los experimentos realizados por Euler y retomados posteriormente por Augustin Jean Fresnel (1749-1827). Este último expuso las leyes de refracción, la polarización cromática en las láminas cristalinas de doble refracción y escribió una Memoria sobre la difracción de la luz (1819).

Thomas Young (1773-1829), descubrió la interferencia de la luz, midió por primera vez la longitud de ondas luminosas, estudió la estructura del ojo, descubrió el astigmatismo e inició la teoría de la visión del color. En 1801 escribió " Sobre la teoría de la luz y el

¹⁰.- Steffens, Henry John., The Development of Newtonian Optics in England., p.70-86

color" en la revista de la Royal Society.

Jean B. León Foucault (1819-1868), inventó un péndulo y el prisma que lleva su nombre y el giroscopio (1852), midió la velocidad de la luz por medio de espejos giratorios, escribió Sobre los fenómenos de las interferencias entre dos rayos de luz en el caso de grandes diferencias de la materia y Sobre la velocidad relativa de la luz en el aire y en el agua.¹¹

¹¹.- Vid. Cfr., Holton, Gerald y Duane H.D. Roller., Fundamentos de la física moderna., p. 597-605

LA TRADICIÓN CIENTÍFICA NOVOHISPANA
EN EL ESTUDIO DE LA ÓPTICA.

Las fuentes nos indican que la filosofía cartesiana fue difundida a lo largo de la península ibérica en el siglo XVII, enseñada en salones, tertulias, en colegios e incluso en los textos de la época y fue extendida hasta el siglo XVIII por los jesuitas¹².

A partir del desarrollo científico en España del siglo XVII, predominó el esquema cartesiano difundido por Juan Caramanuel en sus obras Rationalis et realis Philosophia (1642), Mathesis audax (1642) y Cursus Mathematicus (1667-1668). El jesuita José de Zaragoza enseñó matemáticas en el Colegio de San Isidro de Madrid, construyó instrumentos astronómicos, su mejor libro fue la Esphera en común celeste y terráquea (1675), y se apoyó en Galileo, Kepler, Descartes, entre otros. Juan Bautista Cacharán escribió la Arithmetica demostrada theorico-práctica (1699), fue defensor del método cartesiano, y Tomás Vicente Tosca, en 1678 entró a la Congregación de San Felipe Neri, en su texto Compendio Matemático (1707-1715), explicó la geometría desarrollada por

¹².- 1.- Quiroz-Martínez, Olga Victoria., La introducción de la filosofía moderna en España. El eclecticismo español de los siglos XVII-XVIII., p. 16; López, Piñero José María., La introducción de la ciencia moderna en España., este libro informa que el físico y astrónomo Juan Caramanuel "entablo relación epistolar con numerosas personalidades ... como Descartes, Kircher y Gassendi." p.61; Sarrailh, Jean., La España Ilustrada de la segunda mitad del siglo XVIII., menciona este autor que la óptica cartesiana fue enseñada en el Colegio jesuita del Seminario de Nobles Artes de Barcelona. p.197.

Descartes y Fermant.¹³

En la metrópoli, los profesores eran religiosos, con éste antecedente el estado español y la iglesia establecen la educación científica en la Nueva España, es decir, que los religiosos en sus aulas enseñaran la física moderna ¹⁴.

Desde el siglo XVII en la Nueva España circularon obras de óptica como:

La Perspectiva de Alhazen, Perspectiva de Bitleon, Astronomie. pars optica traditur de artificios a observatione, libros que llegaron a suelo novohispano en 1600. Otros libros fueron el Tratado de los rayos de la vista y de la luz y de los vidrios transparentes con que vemos de Marco Antonio de Domies, manuscrito en latín hallado en la biblioteca de Melchor Pérez de Soto, en 1665, al igual que el libro These albace, y el Libro para labrar vidrios de anteojos que llegó, de Frankfurt a la Nueva España en 1610.¹⁵

¹³.- López, Piñero., Op.Cit., p.133-152.

¹⁴.- En el Renacimiento (siglos XV-XVII), el ámbito intelectual fue regido por los eclesiásticos novohispanos y principalmente por los jesuitas., Vid., Gonzalbo, Pilar., El humanismo y la educación en la Nueva España., p.19-20.

¹⁵.- Agradezco este dato al M. en Ciencias Marco Arturo Moreno Corral.

LA FÍSICA EN EL SIGLO XVII.

En la cátedra de astrología y matemáticas abierta en 1638 en la Facultad de Medicina de la Real y Pontificia Universidad de México su profesor el mercedario Fray Diego Rodríguez,¹⁶ expuso las teorías de Copérnico, Kepler, Brahe, Galileo, Tartaglia, entre otros.

Además en su obra Tractatus Proemialium Mathematices, al explicar la geometría y sus aplicaciones al estudio de la óptica, dióptrica y catóptrica, aludió a Euclides, Platón y Proclo¹⁷. Así mismo en su escrito Doctrina General Repartida por Capítulos de los Eclipses de Sol y Luna adoptó las teorías heliocentricas y herméticas de Kepler.¹⁸

¹⁶.- Fray Diego Rodríguez nació en Atitalaquia, en el Arzobispado de México, hacia 1596 estudió gramática en México, ingresó a la orden de la Merced en 1613, fue catedrático de la Universidad, estuvo a cargo del desagüe de Huehuetoca, matemático, astrónomo y constructor de relojes de sol, falleció de tabardillo el 9 de marzo de 1668. Sobre su vida y obra, Vid., Trabulse, Elías., La Ciencia perdida. Fray Diego Rodríguez, un sabio mexicano del siglo XVII., p.87.

¹⁷.- Trabulse, Elías., El círculo roto., p. 66-74. Además Euclides en su óptica demostró la propagación rectilínea de la luz solar. Vid. Cfr. Lindberg, David C. y Geoffrey Cantor., The Discourse of light from the Middle Ages to the Enlightenment., p.4.

¹⁸.- Cabe recordar que Johannes Kepler en su teoría heliocentrista manifestó que el sol tiene rotación y fue el primero en decirlo en teoría. Vid. Kepler, Johannes., Conversación con el mensajero sideral., p.148. Además Kepler es el fundador de la ciencia moderna de la óptica, con una nueva concepción mecanicista de la luz. Vid. Cfr. Kepler, Johannes., El Secreto del Universo., p.170 y 196; Lindberg, Op. Cit., p. 41-48; Lindberg, David., Studies in the history of medieval optics., p. 339. Agradezco al investigador Jorge Canizares de la Universidad de Madison por proporcionarme valioso material inexistente en México.

Sigüendo la tradición de Fray Diego Rodríguez, Carlos de Sigüenza y Góngora¹⁹, en su obra la Libra astronómica y filosófica analizó el cometa de 1680, para contestar a su oponente el jesuita Kino²⁰. Sigüenza explicó el fenómeno celeste apoyándose en la rotación de la Tierra y del Sol, y en la teoría gravitacional. Menciona numerosos autores, como Kepler, Galileo, Brahe, Descartes, Grimaldi, Huygens, así como los españoles Juan Caramuel, José de Zaragoza, Vicente Mut y a fray Diego Rodríguez.

Sigüenza y Góngora planteó la reflexión y refracción de la luz y empleo la matemática euclidiana. A partir de ello, llegó a la conclusión de que el cometa era un fenómeno natural que no tenía nada que ver con las pestes, las guerras y otros males de la vida humana²¹. Además a diferencia de sus colegas, analizó los paralajes del cometa.

¹⁹.- Carlos de Sigüenza y Góngora nació el 15 de septiembre de 1645, en la Ciudad de México, fue arqueólogo, matemático, astrónomo, poeta, geógrafo e historiador.

En 1662 ingresó en el colegio jesuita del Espíritu Santo, en Puebla; estudió Teología en la Real y Pontificia Universidad de México. Para 1672 es asignado profesor de astronomía y matemáticas de la Universidad, fue nombrado cosmógrafo Real de la Nueva España en 1680, por orden de Carlos II, en 1693 participó en la expedición de Panzacola. Falleció en 1700, por un cálculo en el riñón.

Sobre su vida y obra consultar, Leonard, Irving A., Don Carlos de Sigüenza y Góngora. Un sabio mexicano en el siglo XVII, 315p. y del mismo autor, La época barroca en el México colonial, p.278-326.

²⁰.- Eusebio Francisco Kino [1645-1711] jesuita austriaco nació en Tirol y falleció en la Nueva España, llegó a tierras americanas en 1681, fue misionero, explorador, matemático y pedagogo, levantó el primer mapa de Sonora, autor de Favores celestiales y la Exposición astronómica en 1681.

Un amplio análisis sobre el tema lo da Trabulsee, Elías., Ciencia y religión en el siglo XVII en México, 280p.

²¹.- Sigüenza y Góngora al explicar el cometa de 1680, se basó que el cometa se traslada en línea recta (teoría de Copérnico), y a la vez en secciones cónicas (vórtices cartesianos). Vid. Cfr., (continúa...)

LOS JESUITAS Y LA NUEVA FÍSICA.

Por lo que refiere a los escritos jesuitas para los años de 1700 a 1750, Trabulse dice que imperó la filosofía escolástica y cartesiana²².

Para la segunda mitad del siglo XVIII, en la Nueva España hubo una transición en la enseñanza. Esa transición se llevó a efecto cuando los jesuita explicaron en sus aulas las teorías modernas, es decir, la física newtoniana y la filosofía cartesiana.

Los jesuitas influenciados por las ideas de la Ilustración enseñaban las teorías de los científicos europeos como Bacon, Descartes, Gassendi, Newton, Brahe, Kepler, entre otros. De este modo promovieron la introducción de la filosofía moderna novohispana hasta su expulsión en 1767.

Por el contrario, en los colegios de las otras órdenes religiosas y la en Real y Pontificia Universidad siguió imperando, la filosofía escolástica y aristotélica.

En lo que toca a los contenidos los cursos de los jesuitas abarcaban lógica, física y metafísica.

El catedrático hacía gala de erudición, ya que dictaba sus propias lecciones y mencionaba a autores griegos, medievales y "modernos". Así encontramos que en sus

²¹(...continuación)

Sigüenza y Góngora, Carlos de., La Libra Astronómica y Filosófica., p.149., Gortari, Eli de., La Ciencia en la Historia de México., p.229., y Trabulse Elías., " La obra científica de Carlos de Sigüenza y Gongora 1667-1700." et. al. Ciencia Colonial en América.,p.248

²².- Trabulse, Elías., " Ciencia y Tecnología en la temprana ilustración mexicana". en Diálogos., v.XVII., n.4 (100)., México., Jul.-Agos., 1981., p. 53-55.

lecciones se enseñaban las principales concepciones filosóficas basadas en Aristóteles, Santo Tomas de Aquino y Francisco Suárez, junto con la ciencia que imperaba en la época, como la teoría seminal y la teoría de la gravitación. En cuanto a la óptica se introducen algunos postulados cartesianos.²³

Aunque los libros fueron escritos en latín se puede notar un eclecticismo en ellos, cuando explican varias teorías científicas y las aceptan para analizar el cosmos. Como en el caso de Abad y Clavijero, cuyas obras fueron difundidas en las cátedras de filosofía.

Francisco Xavier Clavijero nació en 1731 en Veracruz, cursó humanidades en el Colegio de San Jerónimo de Puebla, filosofía y teología en el de San Ignacio, entró a la Compañía de Jesús en 1748, residió en Ferrara en 1757 y falleció en Bolonia en 1787.

Escribió el libro Cursus Philosophicus²⁴ del que sólo se ha encontrado la segunda parte, sus contenidos los enseñó en Puebla en 1757, en Valladolid en 1764-1765 y en Guadalajara en 1766.

En la parte de "Physica Particularis" expone a Descartes, para mencionar la reflexión de la luz.

"... que el universo es indefenido o indeterminado, que el cielo empíreo no es el límite del mundo (universo), que la luz cenicienta (lucisilla) de la luna proviene de los rayos del sol reflejados desde la tierra; nos dá sus opiniones sobre la figura

²³.- Bravo, Ugarte José., "Los jesuitas mexicanos del siglo XVIII y sus actividades en el campo de las ciencias." en Memorias del primer coloquio mexicano de historia de la ciencia., v. II., México., SMHCT., 1964., p.69-82., y del mismo autor La Ciencia en México., p.70.

²⁴.- Se haya el manuscrito en la Biblioteca de la Universidad de Guadalajara, existe un microfilm en el Colegio de México.

de las partículas del agua; sobre el magnetismo..."²⁵

Clavijero aceptó las teorías de Descartes en lo que concierne a la imposibilidad del vacío, y a la naturaleza del imán. Así mismo en sus textos de física trata diversos temas y teorías, y cita a Bacon, Gassendi, Franklin, Newton, entre otros²⁶.

Diego José Abad, nació en Jiquilpan en 1727, entró a la compañía de Jesús en 1741, fue profesor de literatura, filosofía y teología, enseñó retórica en México, derecho en Zacatecas y fue rector del Colegio de Querétaro en 1767, falleció en Bolonia en 1779.

Las obras científicas que escribió son Compendio de Álgebra y una Geografía Hidráulica, y su Cursus Philosophicus²⁷ que enseñó en el Colegio Máximo de México entre 1754 y 1756 y al que le falta su Physica Particularis.

Por lo que respecta a la óptica se refiere al experimento de Descartes sobre el sentido de la vista.

"...Un ciego, apoyándose en el báculo en el cual ciertamente no está el alma, siente si, el extremo en que toca la extremidad del báculo es duro o suave, áspero o liso, móvil ó estático..."²⁸.

²⁵.- Traducción de Bernabé Navarro., Cfr., su libro Cultura mexicana moderna en el siglo XVIII., p. 98 y vid. Cfr. Descartes, René., El mundo o tratado de la Luz., p. 74 y su Dióptrica., p.77.

²⁶.- Navarro, Bernabé., "Aspectos de Filosofía y ciencia modernas en el pensamiento de Clavijero"., ponencia presentada en el II Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología., México, el día 29 de agosto de 1990.

²⁷.- Se halla en la Biblioteca Nacional (Universidad Nacional Autónoma de México).

²⁸.- Traducción de Bernabé Navarro., Op. cit., p.129 y 173.

Descartes en su Dióptrica mencionó que los:

"...ciegos, se han servido de tal medio durante toda su vida, entonces la encontraréis tan perfecta y tan exacta que podríamos afirmar que ven por sus manos o que su bastón es el órgano de su sexto sentido, que les ha sido dado al carecer de la vista."²⁹.

Cabe mencionar que Abad tuvo correspondencia con jesuitas de Quito³⁰ y con los que llegaban de Europa, por lo que no debe de extrañarnos que sus conocimientos sobre física eran amplios de acuerdo a la época en que vivió.

Francisco Xavier Alegre nació en Veracruz el 12 de noviembre de 1729, entró a la compañía de Jesús en 1741, estudió filosofía en el Colegio de San Ildefonso en Puebla, en México estudió derecho, falleció en Bolonia en 1779.

Sus obras científicas fueron: los Elementorum geometriae, Tractatu de gnomica, Compendio de Bion y Sfnornio sobre los instrumentos matemáticos y un Cursus Philosophicus³¹.

Alegre enseñó filosofía en Cuba, desconocemos el año en que la impartió sólo

²⁹.- Descartes., Dióptrica., p.61.

³⁰.- Navarro, Bernabé., La introducción de la filosofía en México., p.208-209. Los jesuitas de Quito, al igual que los novohispanos, conocían a Brahen, Kepler, Descartes, Copérnico, Newton, entre otros. El jesuita Tiberio Riciordelli enseñó la óptica y mecánica de Newton en 1754, en la Universidad de San Gregorio Magno. Así como el jesuita Manuel Carvajal en 1761 mencionó que la tesis cartesiana es superada por la newtoniana y el jesuita Juan Hospital se adhiere a la filosofía leibnitziana y newtoniana. Vid., Keeding, Ekkehart., "Las ciencias naturales en la Antigua Audiencia de Quito: el sistema de Copérnico y las leyes newtonianas" en Boletín de la Academia Nacional de Historia., Quito, v. LVII, núm. 152, jul-dic. 1973., p.43-67.

³¹.- El cual esta extraviado.

conocemos que escribió un Cursus Philosophicus en donde hace mención de su correspondencia con Clavijero:

"Mi amigo padre Francisco Xavier Clavijero ... fuera de las comunes cuestiones que trata nuestros escolásticos solo escribí un tratado completo el movimiento primero en general del movimiento de los cuerpos elasticos y no tales, y luego en particular de el perpendicular, en que trate de la fuerza de gravedad, o centripeta de el circular, en que trate de la fuerza centrifuga, y del movimiento compuesto, y vibración de los Pendulos o movimiento oscilatorio ... En la fisica particular trate primero de los cielos, sistemas, ecuaciones, teoria de los planetas, remedando en lo que me parecio el sistema de Tycho Brahe, progresion de equinoccios, eclipses division de la esfera, con que tomaron algunos principios de geografia, Uranologia, y chronologia ... Trate disusa[r] los sentidos, y en el oido les di los principios fundamentales de Musica, como en la vista los de Optica, Dioptrica y Catoptrica, segun las tres direcciones de la luz, en cuya explicacion seguí a Descartes...¹¹³²

En efecto, Descartes explicó que la luz está formada por un pleno corpuscular, que se propaga en línea recta, pero la acción del movimiento de una cierta materia sutil, cuyas partículas pueden rodar de diversas maneras. Además del movimiento rectilíneo hay otro movimiento alrededor de sus centros, Descartes tiene la idea de onda, pero a lo largo del texto de la Dióptrica no la menciona³³.

Acerca de la refracción, Descartes planteó que los rayos de luz se desvían en el aire, el agua y en el vidrio:

³².- A.H.B.N.A.H., "Carta de Francisco Xavier Alegre al padre Francisco Xavier Clavijero, fechada el 2 de octubre de 1764" Segunda serie, (papeles sueltos), Leg.35., Doc.4., f.1r-1v. Sobre la vista; Vid., Descartes, Dióptrica., p.78-80 y 84-110.

³³.- Conversación con el físico José E. Marquina y Vid. Cfr. Descartes Op. cit., p. 87-152.

"Además, conociendo de este modo la causa de las refracciones que se producen en el agua y en el vidrio y, en general, en todos los otros cuerpos que nos rodean puede destacarse que deben ser semejantes cuando los rayos salen de estos cuerpos y cuando penetran en los mismos. De modo que si el rayo que va de A hacia B se desvía de B hacia I, atravesando el aire hacia el vidrio, o aquel que procede de I hacia B debe igualmente desviarse de B hacia A"³⁴

Al tratar la reflexión, Descartes mencionó que los rayos de luz son reflejados en cuerpos blancos o espejos, en cambio los cuerpos negros "los amortiguan y restan todas sus fuerzas"³⁵.

Con relación a la bibliografía utilizada son interesantes los inventarios de la bibliotecas jesuitas elaborados después de ser expulsada la orden.

Lo que nos interesa son sus obras científicas, en el Colegio de San Gregorio aparecen las siguientes:

Daniel Gabriel	<u>Viaje de el mundo de Descartes</u> , Madrid, 1717, 195fs.
Benito Feijoo	<u>Teatro crítico y sus cartas</u> ,
Tosca	<u>Compendio Matemático</u> Madrid, 1728.
¿?	<u>Conclusiones matemáticas, acaba que el ayre tiene color</u> , Madrid, [17]47, 47fs. ³⁶

³⁴.- Descartes, Op. cit. p.76, sobre su conocido discurso de la pelota para explicar la refracción, p.68. y del mismo autor Vid., El Mundo o tratado de la luz. p.156.

³⁵.- Descartes, El mundo..., p.165. y su Dióptrica p.66-67.

³⁶.- A.H.B.N.A.H., Colegio de San Gregorio, v. 122., A.G.N.-M., Temporalidades, v.173, exp. 15 y 16., y Osorio Romero, Ignacio., Historia de las bibliotecas novohispana, p.77-79.

De la biblioteca del Colegio de San Ildefonso:

René Descartes	<u>Geometría.</u> <u>Epístolas filosóficas.</u> <u>Principios de Filosofía.</u>
Isaac Newton	<u>Opúsculos matemáticos y Filosóficos.</u> <u>Principios Matemáticos de la Filosofía Natural.</u>
Saverian	<u>Ciencias exactas.</u>
Nollet	<u>Lecciones de Física.</u>
Marín Martínez	<u>Filosofía escéptica.</u>
Jacquier	<u>Tran. Filosóficas.</u>
Sigaud de la Fond	<u>Elementos de física.</u> ³⁷

En el inventario de esta biblioteca se encuentran numerosas obras científicas por lo que no hay que extrañarnos que los criollos que estudiaron en dicho colegio se les haya despertado el interés por el estudio de la naturaleza.

En la Biblioteca del Colegio Máximo de San Pedro aparecen:

Marcelo Malpighi	<u>Opera omnia,</u> Lyon, 1687.
------------------	--

³⁷.- Biblioteca Nacional de México, CESU., San Ildefonso., caja 54, exp. 34, doc. 108.

Galileo Galilei

Del compas geométrico y militar,

Bolonia, 1655 y 1656.³⁸

Y por último en el inventario del Colegio de San Juan se halló:

Benito Feijoo

Teatro Crítico ³⁹.

Debe mencionarse que al revisar los inventarios, la mayoría de los textos correspondían a asuntos teológicos, y que las obras científicas son pocas, a excepción de San Ildelfonso.

La obra pedagógica de los jesuitas en el aspecto científico fue muy significativa dado que conocían a Copérnico, Kepler, Newton y Galileo, a los hombres que iniciaron una revolución científica que llevó a la crisis el paradigma aristotélico y condujo al triunfo del paradigma mecanicista.

³⁸.- A.G.N.M., Jesuitas., v.3, exp. 30.

³⁹.- Vázquez Mantecón, Carmen., Historia de las bibliotecas en Oaxaca., p.45.

LA TRANSICIÓN DE LA ÓPTICA CARTESIANA A LA ÓPTICA NEWTONIANA EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII.

En el siglo XVII prácticamente se mantuvo la filosofía de Descartes. Esta no se contraponía a los dogmas de la fe cristiana, e incluso llegó a perdurar en aquellos países donde se practicó la religión luterana y anglicana.

Descartes explicó el macrocosmos mediante vórtices y analizó con esta hipótesis, el movimiento de los planetas. Al respecto de la óptica ya hemos mencionado que intuyó el que la luz se propagaba en forma de onda, y que ello será estudiado por Hooke y Huygens.

A partir del último tercio del siglo XVII, hubo una controversia con la aparición de los escritos de Newton. Este en su artículo sobre una nueva teoría de la luz, publicado en la revista de la Royal Society en 1671, contradujo la teoría ondulatoria de la luz y lo que lo llevó a una pugna con Hooke.

La mayor aportación de Newton fue su obra Principios Matemáticos de la Filosofía Natural publicada en 1687, en la que con nuevos conceptos explicó el cosmos y revolucionó a la ciencia. Con una nueva matemática, la geometría dinámica (que es una matemática intermedia entre la geometría y el cálculo diferencial), rompió con los conceptos tautológicos de los científicos de la talla de Copérnico, Kepler y Galileo.

Newton publicó su Óptica en 1704, la cuál solo contiene experimentos pero no así el análisis matemático. A continuación veremos la manera en que los trabajos de Newton fueron conocidos en la Nueva España.

LA OBRA DE BENITO DÍAZ DE GAMARRA.

A partir de la segunda mitad de la centuria dieciochesca en España se manifestó un cambio debido a las reformas borbónicas.

El estado español implantó el regalismo , que se dio con los reyes borbónicos: Felipe V, Fernando VI y Carlos III imponen su autoridad a la iglesia, con una tendencia de secularismo para controlarla sin la necesidad de recurrir al Papa.

En América, el Patronato Real de la corona tenía un control sobre la iglesia, con el absolutismo real, el rey intervino en asuntos económicos y disciplinarios de la iglesia. Además influyó la filosofía de la Ilustración que crítico la posición del clero en la sociedad.

Los ejemplos del regalismo en la Nueva España son: las decisiones reales en la Inquisición a partir de 1747, el traslado de parroquias del clero secular, la expulsión de los jesuitas en 1767, la programación del IV Concilio Mexicano celebrado en 1771 y una actividad mas enérgica en la reforma de los estudios que hace hincapié en la física experimental y matemática. La aparición de sociedades y publicaciones científicas, la aparición de escuelas patrocinadas por autoridades civiles como la Real Academia de San Carlos en 1781.⁴⁰

La Inquisición permitió a los religiosos las lecturas prohibidas por la iglesia, motivo

⁴⁰.- Estrada, Jesús., Música y músicos de la época virreinal., p. 153., González-Casanova, Pablo., El Misoneísmo y la modernidad cristiana en el siglo XVIII., p. 39-58., Morales, Francisco., Clero y política en México (1767-1834). Algunas ideas sobre la autoridad, la independencia y la reforma eclesiástica., p. 20-21. y Tanck de Estrada, Dorothy., La ilustración y la educación en la Nueva España., p.13

por el cual, los religiosos enseñaron las nuevas teorías científicas en sus colegios, como fue el caso de Benito Díaz de Gamarra en la Nueva España.⁴¹

Benito Díaz de Gamarra, nació el 21 de marzo de 1745 en la Nueva España, estudió en el colegio jesuita de San Ildefonso, ingresó al Oratorio de San Felipe Neri el 15 de noviembre de 1764.

En enero de 1767 viajó a Madrid y Roma, como procurador del oratorio obtuvo el doctorado en Ss. Canones en la Universidad de Pisa, en 1768 se le concedió licencia para leer libros prohibidos, fue socio de la Academia de Ciencias de Bolonia.

Para 1770, regresó a la Nueva España y en ese mismo año fue ordenado sacerdote, además se le concedió el puesto de comisario del Santo Oficio en San Miguel, en la Intendencia de Michoacán.

Gamarra fue rector y catedrático de filosofía del colegio filipense de San Francisco de Sales⁴² ubicado en San Miguel y su obra más importante fue los Elementa Recentioris Philosophiae en 1774. Dicha obra recibió los elogios de Joaquín Velázquez de León y José Ignacio Bartolache, el texto fue aceptado por la Real y Pontificia Universidad aún los

⁴¹.- La política de la corona española en suelo novohispano fue la de desminuir el predominio del clero regular y de los sacerdotes españoles en parroquias indígenas. Tanck de Estrada, Dorothy., "Tensión en la torre de marfil. La educación en la segunda mitad del siglo XVIII mexicano." en Ensayos sobre la historia de la educación en México, . p.35.

⁴².- El Colegio de San Francisco de Sales fue fundado en 1734, el cuál fue aprobado por el rey de España, con la facultad de enseñar públicamente a los niños y a los jóvenes gramática, retórica, filosofía y teología escolástica y moral y de poder graduarse en la Universidad., Vid.Cfr., Quixano Zavala, Manuel, La venerable Congregación del Oratorio...., p. 39.

agustinos enseñaron su contenido en Puebla y Oaxaca y también fue acogida por la orden franciscana.

El oratoriano fue denunciado en 1775 ante el Santo Oficio por poseer libros prohibidos, falleció el 1 de noviembre de 1783.⁴³

El filipense poseyó una excelente biblioteca, lo cuál le ayudo a tener un amplio conocimiento de la física y le permitió abordar una serie de temas que trato en sus libros.

A la expulsión de los jesuitas, el colegio filipense de San Francisco de Sales fue apoyado por la corona española, para propagar la ciencia moderna entre la juventud. Los oratorianos se apoyaron en la Real Cédula del 6 de marzo de 1770, que decretaba la renovación de los estudios en España y sus colonias.⁴⁴

Con este propósito Gamarra atacó la filosofía aristotélica, y para ello escribió el primer volumen de los Elementa, donde explicó la filosofía de Descartes, Wolff, Barbadiño y Newton, entre otros. El autor se muestra como un ecléctico ya que retoma varias teorías. Cabe señalar que en este primer volumen de los Elementa rechazó la óptica cartesiana y aceptó la newtoniana. El inventario de la biblioteca de Benito Díaz de Gamarra se hizo después de su muerte en 1783, el cuál se halla en el Archivo del Oratorio de San Miguel de Allende.

⁴³.- Junco de Meyer, Victoria., Gamarra o el eclecticismo en México., p. 31-54., y Cardozo, Galué Germán., Michoacán en el siglo de las luces., p. 11-13.

⁴⁴.- Torre Villar., Op.Cit., p.165.

Los textos de física que poseía son los siguientes:

Juan Bautista Becharia	<u>Electricismo.</u>
Jacquier	<u>Instituciones Filosóficas.</u>
(Daniel Gabriel)	<u>Viaje al mundo de Descartes.</u>
Voltaire	<u>Opera Scelte.</u>
(Nollet)	<u>Lecciones de Física Experimental.</u>

Aparece mencionado Malebranche⁴⁵.

No aparece ninguna obra de Descartes y Newton, por lo que posiblemente las referencias a ellos sean copias de textos que contengan las citas textuales, pero no hay que olvidar que Gamarra estudió en San Ildefonso cuya biblioteca tuvo libros de estos autores.⁴⁶

⁴⁵.-Herrejón, Peredo Carlos, "Benito Díaz de Gamarra a través de su biblioteca." en Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas., México., Instituto de Investigaciones Bibliográficas-UNAM., 1988., p. 144-189, y O'Gorman, Edmundo., "Papeles de D. Benito Díaz de Gamarra (siglo XVIII)." en Boletín del Archivo General de la Nación., t.XIII., n.3., México., Jul-Sep., 1942., p. 407-422.

⁴⁶.- Monelisa, Lina Pérez Marchand., Dos etapas ideológicas del siglo XVIII en México, a través de los papeles de la inquisición., p.103,116. Sobre su aspecto cartesiano, Vid., Caso, Antonio., "Don Juan Benito Díaz de Gamarra, un filósofo mexicano, discípulo de Descartes." en Revista de Literatura Mexicana., año,1.,n. 2., México., Oct-Dic., 1940., p.197-213.

Se puede ver en dos trabajos recientes que tratan la transición de la filosofía cartesiana a la física newtoniana. Cfr., Herrejón, Peredo Carlos., "Benito Díaz de Gamarra crítica sobre su física." en Humanistas novohispanos de Michoacán., p. 103-117., y Rovira, G. María del Carmen., "El espíritu crítico y científico de Gamarra." en Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología., t.II., México., SMHCT., 1988.,p.590-596.

Gamarra aceptó la teoría cartesiana para explicar el órgano de la vista y simultáneamente sostuvo la teoría de Newton para explicar la diversidad de los colores.

Por lo anterior consideraremos que en sus ideas se manifiesta una transición de la óptica cartesiana a la óptica newtoniana, como lo analizaremos a continuación. En el primer volumen de los Elementa, lib. I, cap. III:

"¿ Cómo se conducen los sentidos para adquirir las ideas?" Gamarra mencionó "... que el ojo es un globo ensamblado con tres membranas principales, a saber, la córnea, la úvea y la retina, cada una de las cuales encierra su propio humor. El humor que está en medio y que se llama cristalino, es convexo por ambos lados y presenta una figura de lente. Los rayos de luz reflejados por el objeto, al atravesar esta lente, se refractan y pintan, en el fondo interior de la membrana que llaman retina, una imagen del objeto en posición invertida."⁴⁷

Descartes da una explicación más amplia al respecto de la Dióptrica, cuando analizó la estructura del ojo -vease la figura uno- nos dice que:

"...K L M son tres especies de humores muy transparentes...La experiencia muestra que la situada en la parte central, L, llamada humor cristalino, causa una refracción casi equivalente a la producida por el vidrio o el vidrio o el cristal. Las otras dos, K y L, dan lugar una refracción un poco menor, aproximadamente como la del agua... los objetos que observamos impriman en el fondo del ojo imágenes, en primer lugar, en que están invertidas, es decir, en posición contraria a la de los objetos..."⁴⁸

⁴⁷.- Díaz de Gamarra y Dávalos, Juan Benito., Elementos de filosofía moderna., v.I., p. 35.

⁴⁸.- Descartes., Dióptrica., p. 78,84 y 91.

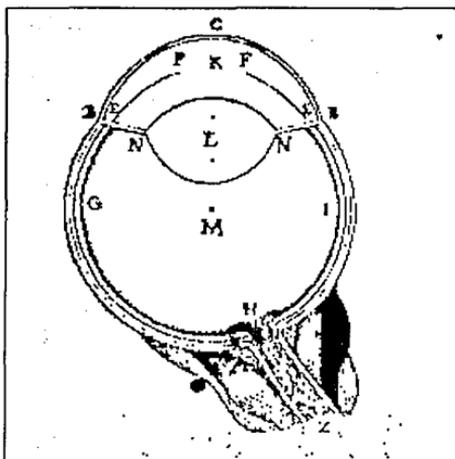


Figura 1.- La refracción de la luz en el ojo, en el libro la Dióptrica de Descartes.

Más adelante Gamarra explicó sobre la imagen que percibe el ojo y es enviada al cerebro para tener la idea y percepción del objeto. En esta parte se apoya en Malebranche.

"Porque el ojo sólo recibe junto con la imagen cierto movimiento, por decirlo así, que comunica al cerebro; la mente, en cambio, estimulada ocasionalmente por tal movimiento, se forma la idea de la cosa vista...Así pues, casi en todas las sensaciones -se nota perfectamente Malebranche- se confunden por lo menos cuatro cosas diversas, sin duda porque se verifican simultáneamente y como en un solo instante de tiempo.

Lo primera que se confunde es la acción del cuerpo externo esto es, en el calor, por ejemplo, el impulso y movimiento de las partículas del fuego hacia las fibras de la mano. Lo

segundo es la pasión del órgano del sentido, esto es, la agitación que llega hasta el cerebro.

Lo tercero es la sensación o percepción de la mente, esto es, aquello que cualquiera siente cuando se acerca al fuego.

Lo cuarto es el juicio, por lo cual la mente juzga aquello que siente está en su mano y en el fuego.⁴⁹

Por carecer del libro de Malebranche,⁵⁰ De la Recherche de la Varité el cual trata de la óptica nos remitiremos a otra fuente, que analiza el mencionado texto.

Malebranche insistió en el análisis de las construcciones mentales como una disciplina metodológica para alcanzar la verdad:

‘Hay que tener en cuenta gran circunspección al elegir y usar recursos puede obtenerse de los sentidos y de la pasiones para hacerse atento a la verdad, porque nuestras pasiones y nuestros sentidos nos afectan demasiado vivamente...Pero no ocurre lo mismo en cuanto a los recursos que podemos obtener de la imaginación. Ellos vuelven el espíritu atento sin dividir inútilmente su capacidad, y ayudan así maravillosamente a percibir claramente y distintamente los objetos...’⁵¹

Gamarra menciona que las lentes, convexas son análogas a los ojos que también son convexas y ambos nos determinan los objetos mayores o menores, dando como resultado que no sabemos de la magnitud de las cosas.

⁴⁹.- Díaz de Gamarra, Op.Cit., p.37

⁵⁰.- Nicolás de Malebranche (1638-1715), filósofo francés, nació y murió en París, seguidor de la filosofía cartesiana, miembro de la Congregación del Oratorio, algunas de sus obras fueron prohibidas por la iglesia, autor De la Recherche de la Varité en tres volúmenes (1674-1675), Traité de la nature et de la grâce (1680) y Reflexion sur la prémotion phisique (1714).

⁵¹.- Ferraz, Fayos Antonio., Teorías sobre la Naturaleza de la luz de Pitágoras a Newton., p.286.

"Porque del modo como las lentes de cristal, si son segmentos de una esfera mayor o menor y por lo mismo más o menos convexos, entonces nos representan objetos mayores o menores: así nuestros ojos, si son más o menos convexos, manifestarán lo mismo...También la figura de los cuerpos grandes, si distan un largo espacio, apenas la determinaremos con certeza. Pues una torre cuadrada que se mira de lejos, se ve sin ángulos.⁵²

Como recordamos, esta analogía del ojo y la lente convexa, la mencionó

Descartes en su Dióptrica a la vez que:

"... observáis que las estrellas aunque parecen bastante pequeñas, sin embargo, su tamaño es mayor del que deberían tener en razón de su gran distancia. Y aunque no sean completamente redondas, no dejarán de aparecer como tales, de igual forma que también una torre cuadrada parece redonda cuando se ve de lejos, pues todos los cuerpos que no trazan sino muy pequeñas imágenes en el fondo del ojo, no pueden dar lugar a la reproducción de la figura de sus ángulos."⁵³

Al respecto de la naturaleza de los colores, Gamarra aceptó la teoría newtoniana sobre los colores que están en la luz blanca y rechaza la teoría de los cartesianos.

Isaac Newton...al demostrar con experimentos clarísimos que todos los colores están contenidos en la luz misma, cuyos rayos consta que están dotados por su propia naturaleza de éste o de aquel color. Por tanto ni se adhiere a los cartesianos, que defienden estar situados en la diferente textura y disposición de la superficie de los cuerpos; ni tampoco a los idealistas, que sostienen estar totalmente en el órgano visual, como si fueran meras ilusiones, y no haber nada fuera de la mente...Esto mismo se demuestra con un fácil experimento del célebre Newton. Si en un cuarto oscuro, por un orificio hecho en una

⁵².- Gamarra, Op.Cit., p.63

⁵³.- Descartes, Dióptrica., p.109-110.

ventana se reciben rayos de luz en un prisma cristalino, al atravesar aquéllos el cristal y el cuarto, no se ven coloreados; pero al chocar sobre un papel blanco puesto delante, al ser prolongado hasta la pared opuesta, se refractan y se afectan los ojos, de tal manera que excitan en nosotros las sensaciones de estos siete colores, a saber: violado, púrpura, azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo, con las cuales aparece pintada la pared, dispuestos en este orden en que los enumeramos." ⁵⁴

Para tener un amplio análisis del estudio de la óptica novohispana haremos referencia de lo que dice Descartes al respecto:

"Todas las cualidades que percibimos en los objetos de la vista, pueden ser reducidas a las seis principales siguientes: la luz, el color, la situación, la distancia, el tamaño y la figura. Primeramente y en relación con la luz, el color y la situación que propiamente se relacionan del modo exclusivo con el sentido de la vista, es preciso pensar que nuestra alma es de tal naturaleza que es la fuerza de los movimientos, localizados en aquellos lugares del cerebro en donde se originan pequeños filamentos de los nervios ópticos, la que causa el sentimiento de la luz, y que es el modo en que producen estos movimientos el que causa el sentimiento del color." ⁵⁵

La Óptica de Newton, lib.I, part.II, dice que:

"Dejemos que el Sol brille en una habitación muy oscura a través de un agujero...Primero este haz (de luz)... pasa por un prisma...La luz blanca, tras pasar por el agujero ha de incidir sobre un papel blanco... proyectando sobre él los colores usuales del prisma... violeta, añil, azul, verde, amarillo, naranja y rojo..." ⁵⁶

⁵⁴.- Gamarra, Op.Cit., p.64.

⁵⁵.- Descartes., Op.Cit., p. 97.

⁵⁶.- Newton, Isaac., Óptica o Tratado de la Reflexiones, Refracciones Inflexiones y Colores de la Luz., p. 103 y 110.

Se observa que en el primer volumen de los Elementa, Gamarra aceptó la teoría newtoniana de los colores de la luz. Así mismo hace referencia al concepto de experimento, rompiendo con el método inductivo cartesiano. En esta etapa de transición de su pensamiento aceptó los postulados de ambos autores. Nuestro fraile filipense estuvo de acuerdo con el método inductivo-deductivo. La inducción crítica una teoría que no ha sido probada y por ello es metafísica, en lugar de probar que es falsa. La deducción son los enunciados verdaderos, que a partir de los principios de la observación, de la experimentación y de la comprobación reafirman las teorías. Tal es el caso de la dinámica newtoniana.⁵⁷ Además Gamarra contó con un gabinete de física para realizar sus experimentos.

En el segundo volumen de los Elementa, menciona cuestiones de física experimental. Entre ellas abarca los postulados de electricidad, de Jallabert, Nollet y Franklin, el sistema del mundo de Copérnico, la mecánica y la óptica de Newton. El libro será aceptado en la Real Pontificia Universidad y en los colegios franciscanos y agustinos.

Gamarra explicó la propagación en línea recta y la refracción de la luz, así como las demostraciones experimentales al respecto.⁵⁸

⁵⁷.- Lakatos, Imre., La metodología de los programas de investigación científica., p. 136, 258-265 y 272., Mondragon, Ballesteros Alfonso., La Ciencia en la cultura de México., p.23. y Popper, Karl R., Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista., p. 21, 34, 186 y 188-190.

⁵⁸.- Díaz de Gamarra y Dávalos, Johan Benedicti., Elementa Recentioris Philosophiae., vol. Alternum., p.201-203.

Newton en su Óptica dice:

"...que los rayos de luz son líneas que van del cuerpo iluminado y que la refracción de dichos rayos es la incurvación o ruptura de dichas líneas al pasar de un medio a otro."⁵⁹

Más adelante Gamarra mencionó que la luz en el espacio, es propagada arbitrariamente, y que tarda de siete a ocho minutos para viajar del sol a la tierra.⁶⁰

En los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural, Newton explicó la refracción de la luz en el escolio de la proposición XCVI, Teorema L, dice que:

"... los fenómenos de los satélites de Júpiter, confirmados por las observaciones de diferentes astrónomos, que la luz es propagada en sucesión, y necesita de siete a ocho minutos para viajar desde el Sol a la Tierra. Además, los rayos de luz que se encuentran en nuestro aire... al pasar junto a los ángulos de cuerpos transparentes u opacos... se curvan alrededor de esos cuerpos como si fuesen atraídos hacia ellos; y aquellos rayos que en su paso se aproximan más a los cuerpos curvados, como si fuesen los más atraídos, cosa que yo mismo he observado cuidadosamente."⁶¹

Y en su Óptica lib. II, part.III, prop.XI, que lleva por título:

"La propagación de la luz desde los cuerpos luminosos exige tiempo, empleando unos siete u ocho minutos en pasar del Sol a la Tierra."⁶²

Gamarra explicó la propagación de la luz en onda.

" La propagación de la luz es explicada al parecer a través de

⁵⁹.- Newton., Op.Cit., p. 10.

⁶⁰.- Gamarra., Op.Cit., p. 204.

⁶¹.- Newton, Isaac., Principios Matemáticos de Filosofía Natural., p.474.

⁶².- Newton, Op.Cit., p. 243-244.

un medio etereo, y con un movimiento vibratorio..."⁶³

La citada definición nos hace recordar la explicación que dio Huygens influenciado por Descartes, sobre que la luz se propagaba a través por una vibración del éter.

" Pero además dentro de ese solido luminoso como el carbón o modo de metal candente en el fuego, este mismo movimiento es causado por la violenta agitación de las partículas de el metal o de el material; de los que estan encima de la superficie en contraste con la materia etérea. La agitación de las partículas producen la luz, las cuáles deberían estar mucho más en movimiento repetido que el de los cuerpos y el cuál causa el sonido.." ⁶⁴

Después del citado argumento, Gamarra aceptó que la luz se propaga en línea recta.⁶⁵

Para Gamarra la reflexión de la luz es el reflejo de la luz en la superficie de un cuerpo, y propuso el siguiente axioma:

"La luz al proyectarse en los cuerpos pulidos y opacos obligan la incidencia, en un ángulo de inclinación de radio directo, y

⁶³.- Vid. la cita en latín "Luminis propagatio explicanda videtur per aethereae, moru vibratorio...", Gamarra, Op.Cit., p.205.

⁶⁴.- Vid. cita., " But I also that in luminous solids such as charcoal or metal mode red-hot in the fire, this same movement is caused by the violent agitation of the particles of the metal or of the wood; those of them which are on the surface striking similarly against the etherea matter. The agitation, moreover, of the particles which engender the light ought tobe much more prompt and more rapid than is that of bodies which cause sound..." Huygens, Christian., Treatise on Light., p. 557.

⁶⁵.- Gamarra., Op.Cit., p. 208.

el ángulo de reflexión son iguales." ⁶⁶

Indiscutiblemente esté axioma lo tomó de la Óptica de Newton, del axioma

II, que dice:

"El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia." ⁶⁷

Posteriormente Gamarra explicó la refracción de la luz siguiendo los postulados newtonianos. La luz al pasar de un medio más raro a otro más denso - el aire, el agua y el vidrio - se refracta perpendicularmente.

"La luz que pasa de un medio más raro a otro más denso, a saber como el aire, el agua, el vidrio se refracta perpendicularmente: más en el agua o con frecuencia en el aire, la refracción recorre una línea perpendicular." ⁶⁸

Newton en su Óptica, explicó la refracción de un medio más raro a otro más denso en el axioma IV que dice:

"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." ⁶⁹

Más adelante Gamarra nos dice que la óptica es la ciencia directa de la visión, es una ciencia físico-matemática, que nos enseña cuál es el mecanismo con que

⁶⁶.-Vid. Cita., " Lumine in pulitam opaci corporis superficien oblique incidente, anguli inclinationis radii directi, reflexi sunt a equales." Ibid., p. 209.

⁶⁷.- Newton., Op.Cit., p. 13.

⁶⁸.- Vid., cita: " Lumen oblique transiens ex medio rariorie in densius, ex aëre nempe in aquam, vel vitrum refringitur accedendo and perpendiculararem: at aut aqua in aërem commeans, refringitur a perpendicularari linea recodendo." en Gamarra, Op. Cit., p. 210.

⁶⁹.- Newton., Op.Cit., p. 13.

vemos un objeto.

De la catóptrica dice que es la ciencia del reflejo de la visión, que el reflejo en superficies pulidas, es un principio universal y que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.⁷⁰

Se refiere a la dióptrica como la ciencia de la refracción de la visión, y asegura que un haz de luz se flexiona al pasar por un vidrio.⁷¹

La Óptica de Newton expone en la def.II sobre la refrangibilidad de los rayos:

"... de la luz son líneas que van de un cuerpo luminoso al cuerpo iluminado y que la refracción de dichos rayos son la incurvación o ruptura de dichas líneas al pasar de un medio a otro." ⁷²

Gamarra expuso que la lente cóncava es útil para la miopía⁷³ y para observar los objetos distantes, la lente convexa es para las personas que tienen cansada la vista⁷⁴.

Al respecto, en la ya citada obra de Newton, se dice al respecto:

⁷⁰.-Gamarra, Op.Cit., p. 211 y Cfr., Newton Op.Cit., p. 13

⁷¹.- Gamarra., Op.Cit., p. 211.

⁷².- Newton, Op.Cit., p. 10.

La flexión es la acción de doblar.

La inflexión es la torción de una cosa que estaba recta.

⁷³.- Miopía: defecto de la visión en que los rayos luminosos que pasan por el cristalino no se enfocan sino antes de llegar a ella, lo cual hace que se perciban con claridad únicamente los objetos muy próximos.

⁷⁴.-Gamarra, Op. cit., p.212.

"Si, debido a la edad, los humores del ojo degeneran de modo que la córnea y la envoltura del Humor cristalino se aplana por contradicción, la luz no sufrirá una refracción suficiente, por lo que no habrá de converger en el fondo del ojo, sino un poco más allá, formando en él, como consecuencia, una representación confusa. Según el carácter indistintos que posea la representación, el objeto aparecera confuso.

Por esta razón, la visión de las personas de edad avanzada degenera, y por eso se puede corregir mediante el uso de anteojos. Los cristales convexos, efectivamente eliminan el efecto de achatamiento del ojo y, al aumentar la refracción, hacen que los rayos converjan antes, a fin de que acudan distintamente al fondo del ojo, mediante un grado convenientemente de convexidad en el cristal. En las personas cortas de vista, cuyos ojos son demasiado redondeados, ocurre todo lo contrario. Siendo ahora la refracción demasiado grande, los rayos convergen y se unen en los ojos antes de alcanzar el fondo y, por lo tanto, la representación que allí forman y la visión que ésta causa resultan indistintas, a menos que el objeto se aproxime al ojo lo suficiente como para que el lugar en que se encuentran los rayos convergentes se traslade al fondo o a menos que el abombamiento del ojo desaparezca y la refracción disminuya mediante el uso de un cristal cóncavo de un grado adecuado de concavidad...¹⁷⁵

En la última parte del estudio de la óptica, Gamarra mencionó los diferentes tipos de telescopio que han sido construidos, el refractor creado por Jansen Zacharias en el siglo XVI, el de Galileo y el de Kepler que tenía una lente convexa. Newton escribió un artículo en la revista ya mencionada, en dónde explicó su nuevo invento: el telescopio catadióptrico en febrero seis de 1671 y una parte dice:

" Este nuevo instrumento esta compuesto por dos lentes, un espejo metálico cóncavo (en lugar de un objetivo de cristal), el otro es sencillo: y también es una lente pequeña, plano-

⁷⁵.-Newton, Op.cit., p.24.

convexa." ⁷⁶

Además el telescopio reflector gregoriano utiliza una lente cóncava parabólica central y perforada, y una lente cóncava elipsoidal⁷⁷.

Cabe mencionar que John Hadley perfeccionó el reflector newtoniano e ideó un método de prueba óptica. Este método lo presentó por primera vez a la Royal Society en enero de 1721 y mediante él pudo estimar la precisión con que el espejo concentraba la luz en un foco. ⁷⁸

A partir de los Elementa, los alumnos de Gamarra escribieron las Academias Filosóficas en 1774. La parte del texto que nos interesa es la de su discípulo José Vicente Cavadas y Jaso, dedicada a la óptica, en la que se notan los postulados newtonianos utilizados en la obra de Gamarra:

"La óptica es una ciencia, que nos enseña qual es el mecanismo con que vemos un objeto que de todos sus puntos envía a nuestros ojos raios de luz ... Miro un objeto distante con el telescopio, i lo percibo como si estuviere a muy corta distancia. Si la edad debilita mi vista, me la restituye en cierto modo un anteojos convexo. Si la mala conformación de mis ojos no me permite distinguir los objetos distantes, el vidrio cóncavo remedia este defecto ... Con el prisma en la mano, obligo por

⁷⁶.- Vid. Cita. " This new instrument is composed of the two Metallin speculum's the one Concave, (instead of an Object-Glass) the other Plain: and also of a small plano-convex Eye, Glass." Newton, Isaac, Isaac Newton's Papers y Letters en Natural Philosophy and Related Documents, p.61.

⁷⁷.-King, Henry C., The history of the telescope, p.70.

⁷⁸.- Ibíd., p.77-78.

último a este astro a mostrarme los siete colores primitivos"⁷⁹

Es pertinente señalar que en relación al tema de los anteojos, los novohispanos en 1774 ya comentaban el tipo de lentes necesarios para cada defecto de la vista. Once años después Benjamín Franklin construyó las lentes bifocales, para observar de lejos y de cerca y utilizó las lentes convexas⁸⁰.

La obra de Gamarra fue allende de nuestras fronteras. En efecto Agustín Caballero utilizó los Elementa en su obra, la Philosophia Electiva (1797). Con este texto inició un nuevo curso en la Real Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio de la Habana en el que citó también a Galileo, Bacon, Descartes, Gassendi, Newton, y Gamarra⁸¹.

Así mismo bajo la influencia de la obra de Gamarra, ya el cubano Félix Varela publicó en 1808 sus Lecciones de Filosofía. Esta obra contiene nociones de física, electricidad y óptica.⁸²

Antes de finalizar con el presente capítulo señalaremos que Gamarra escribió

⁷⁹.- Díaz de Gamarra y Dávalos, Juan Benito, Academias filosóficas, et. al., Anuario del Instituto de Investigaciones Humanísticas, t.I, n.I. México, Universidad Iberoamericana., 1973., p.8-10. Hay una segunda edición facsímilar en Humanistas Novohispanos de Michoacán, Morelia, Universidad de San Nicolás de Hidalgo., 1982., p.149-151.

⁸⁰.- Cohen, Bernard I., Benjamín Franklin su aportación a la tradición norteamericana, p.183-184.

⁸¹.-Rovira, María del Carmen., Eclécticos portugueses del siglo XVIII y algunos de sus influencias en América, p.216-219.

⁸².- Díaz, Molina Libertad, "La física en Cuba a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX" en Quipu, v.VIII., n.1., México., SLHCT., ene-abr., 1991., p.72-74.

en 1783 un manuscrito en latín que trata sobre física experimental. El manuscrito se conserva en el Archivo del Oratorio de San Felipe Neri en San Miguel de Allende, Guanajuato y lleva por título De Vetusta Studiorum Ratione in Philosophicis Disciplinis Reformata. En la introducción de este texto discute los defectos de la física escolástica, y el resto lo dedica a los siguientes temas: el vacío, la máquina neumática, los elementos, los nuevos descubrimientos de la luz, el fuego, la congelación y propiedades del agua y la enfermedad de los brutos.⁸³

⁸³.- La obra nos fue imposible consultarla porque se está realizando un inventario en el Archivo del Oratorio de San Miguel de Allende y está fuera de consulta. Agradezco éste dato proporcionado por el Lic. Abraham Rivera y al Dr. Bernabé Navarro, él no pudo consultarlo y vio la obra en el inventario que se lleva a cabo. Vid. Cfr., Ramírez, Esteban., "Bio-bibliografía del Dr. Juan Benito Díaz de Gamarra y Dávalos" en Memoria y Revista de la Academia Nacional de Ciencias., t.LIX., n.3-4, México, 1964., p.325-329.

CONCLUSIÓN.

La diferencia entre Descartes y Newton en el estudio de la óptica física, radica en que el primero trató de demostrar con fines heurísticos, las propiedades del movimiento que pueden darse en el cosmos. Por el contrario, Newton a través de experimentos, axiomas y con la geometría dinámica, explicó la teoría corpuscular de la luz.

En el siglo XVII dominó la filosofía cartesiana que analizó el cosmos, tuvo muchos adeptos laicos y religiosos, estos últimos la retomaron, por que no contradecía los preceptos del catolicismo . Además se enseñó en los diversos colegios de Europa y América.

Con la aparición, del libro de Newton, los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural (1687), introduce una nueva metodología, para el estudio de la naturaleza.

Su análisis será, la observación, la experimentación, el establecimiento de leyes y utilizó como herramienta el cálculo infinitesimal.

Así rompió con las tautologías de sus predecesores que establecían hipótesis, tenían como base la matemática euclidiana, sin llegar a establecer una teoría.

La física newtoniana penetró lentamente en Inglaterra y posteriormente en Europa continental y América conjuntamente con la filosofía de la Ilustración.

En los países católicos como España y Francia, predominó la filosofía de Aristóteles y Descartes. Además no contradecían los dogmas de la fe, al contrario de la dinámica newtoniana, con sus postulados derrotó la filosofía cartesiana en el siglo XVII.

El siglo de la Ilustración fue el desarrollo, la difusión y el análisis de la física newtoniana, para explicar el macrocosmos.

En la Nueva España del siglo XVII, fray Diego Rodríguez, en su libro Tractatus Proemialum Mathematices, tiene la influencia de las teorías de Euclides y Platón y en su texto la Doctrina General se percibe, el hermetismo de Kepler.

A finales del siglo XVII, Carlos de Sigüenza y Góngora conoció la filosofía de Descartes y la mencionó brevemente en su Libra Astronómica.

Los novohispanos fray Diego Rodríguez y Sigüenza y Góngora hicieron alarde de erudición científica para explicar los fenómenos celestes, pero Sigüenza y Góngora no conoció la obra de su contemporáneo Newton, aún así el novohispano en su Libra, tiene noción de la teoría gravitacional.

Al iniciar el siglo XVIII, en los colegios jesuitas, perduró la enseñanza de la filosofía cartesiana, conjuntamente con la aristotélica al llegar las ideas de la Ilustración al continente americano, los jesuitas estudian los postulados de Kepler, Gassendi, Newton, Bacon, entre otros.

Los jesuitas aceptaban varias teorías, para explicar el cosmos, por lo que son eclécticos, es decir, aceptaban diversas leyes y no las rechazaban.

En 1767, los jesuitas son expulsados de los dominios de la corona española. Así los estudios de la difusión de la ciencia novohispana van a recaer en el Colegio de San Francisco de Sales de la Orden de San Miguel de Allende.

Su máximo representante en la divulgación científica, fue Benito Díaz de Gamarra que explicó en su cátedra la filosofía de Descartes, de Wolff, de Barbadiño y los enunciados científicos de la electricidad de Jallabert, Nollet y Franklin, la concepción del mundo de Copérnico y la dinámica de Newton.

Además escribió un libro para fines pedagógicos: los Elementa Recentioris Pholosophiae.

Benito Díaz de Gamarra fue un innovador en su tiempo, dado que nunca antes se había enseñado la óptica de Newton en los colegios novohispanos.

Gamarra difundió, explicó y analizó la física newtoniana en el Colegio de San Francisco de Sales.

CAPITULO 2

LA FÍSICA DE LA LUZ.

EL ESTUDIO DE LOS FENÓMENOS CELESTES, EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XVIII.

"Aprender, conocer, son absorciones físicas, estrechamientos, relaciones carnales entre el ser y la materia...El camino hacia el saber no es acumular ciencia como algunos acumulan riquezas; es reconocer la propia realidad de uno en el mundo y juzgarla; es renovar en sí mismo el misterio de la creación."

Herbert Le Porrier
El Médico de Córdoba.

LA ASTRONOMÍA NOVOHISPANA A FINALES DEL SIGLO XVIII.

En el presente capítulo analizaremos los trabajos de óptica novohispana a finales del siglo XVIII, con el propósito de mostrar que los científicos novohispanos asimilaron, difundieron y aplicaron la física experimental en sus obras. Este fue el caso de Antonio de León y Gama quien aplicó la física newtoniana en su Disertación física sobre la formación de las auroras boreales (1790), cuatro años antes de que se impartieran las teorías de Newton en la cátedra de física del Real Seminario de Minería. Relacionado con lo anterior mencionaremos también los trabajos ópticos de Antonio de Alzate y Francisco Dimas Rangel, quienes extornaron públicamente sus desacuerdos en materia de astronomía, con respecto de los conceptos de León y Gama sobre la aparición de la aurora boreal de 1789.

En la segunda mitad del siglo XVIII, los novohispanos estudiaron tres fenómenos celestes.¹

El primero de ellos fue el tránsito de Venus por el disco solar en 1769, y fue observado por la expedición franco-española en la península de Baja California.

A causa del señalado evento astronómico, la corona española invitó a la Real Academia de Ciencias de París, para colaborar en una expedición conjunta. La Academia

¹.- Maldonado-Koerdell, Manuel., "Observaciones astronómicas en México a finales del siglo XVIII." en Anuario del Observatorio Astronómico Nacional., México., Instituto de Investigaciones Astronómicas-UNAM., 1969., p. 257-268.

designó al astrónomo Jean Chappe d' Auteroche² quien había observado el citado fenómeno en 1761, en Siberia.

Chappe se hizo acompañar de Jean Pauly geógrafo e ingeniero del rey de Francia, de Alexander Jean Noël dibujante y de Dubois constructor de instrumentos astronómicos. La expedición francesa fue la primera en ingresar a la Nueva España.

Los astrónomos y militares españoles fueron Vicente Doz y Salvador Medina.³

La expedición francesa partió de París el 18 de noviembre de 1768 y permaneció un mes en Cádiz, después de setenta y siete días de navegación llegó al puerto de Veracruz.

El 26 de marzo de 1769, el virrey Carlos Francisco de Croix recibió a los expedicionarios en la ciudad de México, y los alojó en la casa de los jesuitas.

Posteriormente, salieron de México el 30 de marzo, pasaron por Querétaro con dirección al puerto de San Blas, para embarcarse a California donde desembarcaron en San José.

Joaquín Velázquez de León⁴ quien se hallaba en California cumpliendo una comisión

².- Jean Chappe d' Auteroche, astrónomo francés, observó el tránsito de Venus por el disco del Sol en Siberia el 6 de junio de 1761 y posteriormente en California el 3 de junio de 1769, falleció en San Lucas a causa de una epidemia su libro Voyage su California se publicó en París en 1772.

³.- Marco A. Moreno Corral., Comp., Historia de la Astronomía en México., p.163-165.

⁴.-Joaquín Velázquez de León, nació el 12 de junio de 1732 en la hacienda minera de Acebodacia, en Sultepec estudió en el Colegio Tridentino la carrera de leyes. El 24 de

junto con el visitador José de Gálvez,⁵ buscando minerales,⁶ ofreció su ayuda a la expedición franco-española, para la observación del tránsito de Venus. Acordaron, que Chappe haría la observación en San José y el novohispano la haría en Real de Santa Ana.

marzo de 1754, ingresó al Colegio de Santa María de Todos los Santos ahí cultivo el estudio de la matemática. En 1765 impartió el curso de astrología en la Real y Pontificia Universidad, de 1765 a 1768 se dedicó a la minería y se asoció con Juan Lucas de Lassaga; para 1769 observó en California el tránsito de Venus por el disco solar, en 1774 escribió la Representación en que proponía un Tribunal de Minería, el 4 de mayo, fue nombrado director del cuerpo de minería, entre 1773-1775 escribió la Descripción Histórica, topográfica del valle las lagunas y ciudad de México, falleció el 6 de marzo de 1786. Un amplio trabajo sobre la vida y obra de Velázquez de León es el de Moreno, Roberto., Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México. (1773-1775). 407p.

⁵.-José de Gálvez nació el 2 de enero de 1720 en la villa de "Macharaviaya" en Vélez-Málaga, educado en el seminario de San Sebastian de Málaga, estudió en la Universidad de Salamanca. En 1750 es gobernador de "Zamboanga Mindanao" en las islas Filipinas, fue nombrado Visitador General de la Nueva España, el 20 de febrero de 1765, regresó a España en 1772. Gálvez fue miembro de la Junta General de Comercio de Moneda y Minas en enero de 1774, por influencia de Floridablanca en 1785, fue nombrado Márquez de Sonora, falleció el 17 de junio de 1787 en Aranjuez. Sobre su vida y obra se puede consultar el libro de Priestley, Herbert Ingram., José de Gálvez Visitor-General of New Spain (1765-1771)., 449p.

⁶.-Velázquez de León, además de buscar minerales realizó experimentos de temperatura, para lo cuál utilizó un termómetro Farenheit en Santa Ana, comparando sus resultados con los datos que obtuvo en la ciudad de México. Cfr., Velázquez de León. Joaquín, Descripción de la Antigua California: 1768., p.12-13 y 23. Agradezco al M. en C. Marco A. Moreno por facilitarme tan valioso material.

Chappe instaló el observatorio en un granero, quitando el techo de lado del sur.⁷ El 3 de junio de 1769, Chappe observó el fenómeno con un telescopio acromático de tres pies, provisto de un micrómetro teniendo como resultado:

Ingreso	0 h 17' 27"
Egreso	5 h 54' 50" 3/10
Duración del Tránsito	5 h 37' 23" 2/10
Paralaje de Venus	0 h 0' 8" 1/2 ⁸

En cambio la comisión española utilizó un telescopio acromático, con un micrómetro y un péndulo y obtuvo diferentes resultados:

Ingreso	0 h 17' 25"
Egreso	5 h 54' 44" 1/2
Duración del Tránsito	5 h 37' 19"
Paralaje de Venus	0 h 0' 8" 1/4 ⁹

⁷.- Flores, Salinas Berta., "El paso de Venus." en Historia Mexicana., v. IX., N.4., México., abr.-jun., 1960., p.582-585.

⁸.- Trabulse, Elías., Historia de la Ciencia en México., v.III., p.464-466. y Nunis, Doyce B.J., The 1769 Transit of Venus the Baja California Observations of Jean-Baptiste Chappe d'Auteroche. Vicente de Doz y Joaquín Velázquez Cárdenas de León., p.69.

⁹.- Nunis., Op.Cit., p.68.

Chappe uso el método de Lalande para calcular la distancia del Sol a la Tierra en 96, 162, 840 millas, mientras Doz y Medina emplearon el de Pingre y obtuvieron como resultado una distancia de 98, 480, 020 millas.¹⁰

Velázquez de León, construyó sus propias lentes para observar el fenómeno siendo sus resultados:

Inmersión Inicial	11 h 57' 45"
Inmersión Total	12 h 16' 10"
Emersión Inicial	5 h 53' 36"
Emersión Total	6 h 11' 59" ¹¹

Los astrónomos obtuvieron diferentes resultados, por la diversidad de los instrumentos usados por cada uno de ellos. El citado fenómeno fue observado en la ciudad de México

¹⁰.-Ibid., p.69.

¹¹.- Ibid., p.69. y "Carta en elogio del sr. D. Joaquín Velázquez de León, colegial que fue del insigne mayor y mas antiguo Colegio de Santa María de Todos los Santos de esta ciudad de México, abogado de la real audiencia de ella, e individuo de su ilustre colegio, catedrático de matemáticas en la Real y Pontificia Universidad, del consejo de S.M., su alcalde de corte honorario y director del importante cuerpo de minería de este reino, escribió a un dependiente suyo D. Antonio de León y Gama." en El Museo mexicano o miscelánea pintoresca de amenidades curiosas e instructivas., v. IV., México., Ignacio Cumplido., 1844., p.544., fechada el 6 de octubre de 1786.

por Antonio de Alzate¹² y José Ignacio Bartolache¹³ su obra se perdió y sólo conocemos el título de su escrito mediante una lámina que insertó Alzate en su Diario Literario, la cual tiene grabada una ilustración con el lema "Suplemento a la famosa observación del tránsito de Venus por el disco del Sol hecho de encargo de la Muy Noble Imperial, ciudad de México por D. J. Ig. Bartolache y D. J. Ant. Alzate el 3 de junio de 1769." ¹⁴

¹².-Antonio de Alzate nació en Ozumba, Chalco en 1737, estudió teología en la Real y Pontificia Universidad, en 1767, presentó un proyecto para desaguar la laguna de Texcoco, preparó un Atlas eclesiástico del Arzobispado de México escribió diversas obras de diferente temática, como una Memoria en 1777 que presento al Real Tribunal de Minería, una Advertencia sobre el mejor método para ensavar metales de azogue en 1780 sobre sus trabajos: Observación del paso de mercurio por el disco del sol en 1769; Eclipse de luna del 12 de diciembre de 1769, Observaciones de los satélites de júpiter en 1770; Observación del eclipse total de sol en 1778, fue socio del Real Jardín Botánico de Madrid y de la Academia de Ciencias de París en 1771, falleció el 2 de abril de 1779 en la ciudad de México, sus restos fueron inhumados en la iglesia de la Merced. Vid. Cfr., Valdés Manuel Antonio., "Elogio histórico de Alzate." en Gazeta de México., t.IX, n.28., México 4 de marzo de 1799. p. 219-223; Moreno, Roberto., Un eclesiástico criollo frente al estado Borbón., 61p. y Hernández, Luna Juan., José Antonio Alzate. Estudio biográfico y selección., 89p.

¹³.-José Ignacio Bartolache nació en Guanajuato el 30 de marzo de 1739, estudió en San Ildefonso, teología en el Colegio Pontificio Seminario, posteriormente obtuvo en 1766 el título de bachiller en Medicina, fue profesor de la cátedra de astrología de la Universidad, realizó observaciones astronómicas junto con Alzate en 1769, y con Velázquez de León y León y Gama en 1771, autor del Mercurio Volante (1772-1773), Instrucción que puede servir para que se cure a los enfermos de viruelas (1779), y de las Lecciones Matemáticas (1769), falleció el 10 de junio de 1790. Sobre su vida y obra Vid., Fernández del Castillo, Francisco., "La inquieta vida del doctor Bartolache." en El Médico., México., Marzo y Abril de 1957., p.49-56 y p.54-62., y del mismo autor "El doctor don José Ignacio Bartolache, médico, escritor e innovador." en Memorias del primer coloquio mexicano de historia de la ciencia y la tecnología., v.II, México., SMHCT., 1964., p. 207-220. Ibarra, Herreras María de Lourdes., José Ignacio Bartolache. La ilustración en la Nueva España., México., Universidad Iberoamericana., 1976., 200p., (tesis) y Moreno, Roberto., "El médico José Ignacio Bartolache 1739-1790." et. al., Ensayos de historia de la ciencia y la tecnología en México., p.49-71.

¹⁴.- Trabulse, Elías., Historia de la Ciencia en México., v. I., p. 161.

José Mateos Chirinos regidor del Ayuntamiento de la ciudad de México invitó a Bartolache para que junto con Alzate estudiaran el paso de Venus por el disco solar.

Bartolache aceptó el cargo y se comunicó con Alzate para que ambos hicieran la observación en la azotea de las casas del Ayuntamiento, por ser el edificio de más altura de la ciudad.¹⁵

El matemático, astrónomo y editor Felipe de Zúñiga y Ontiveros también observó el tránsito de Venus, pero su obra está extraviada.

La comunidad científica europea y americana concedieron gran importancia al hecho de estudiar y analizar este fenómeno natural para de esa manera deducir el paralaje del Sol y determinar la distancia de la Tierra y el Sol, además de explicar el sistema newtoniano del mundo y las leyes planetarias de Kepler.

Edmund Halley indicó los métodos y lugares adecuados para observar el fenómeno en 1761. Sin embargo este fenómeno no fue observado en América. Las comunidades científicas europeas enviaron expediciones a Siberia, China, Sumatra, Tartaria, Kamchatka y fue visto en Europa, los resultados obtenidos fueron malos debido a la atmósfera que rodea Venus y a la irradiación de la luz, por lo que se prepararon para la observación del año de 1769. En este año, los astrónomos calcularon que el lugar adecuado para tener una mejor observación sería Nueva España.

¹⁵- A.H.A.M., Historia General., (2254), t.1., exp.10., f.2 y Moreno., Op.Cit., p.54-55.

Así las cosas, la Royal Society de Londres solicitó autorización a Carlos III, rey de España para enviar un astrónomo inglés que lo observara en la Nueva España. La autorización fue negada por cuestiones políticas.

En América el paso de Venus por el disco solar fue visto completo.

Además de la expedición franco-española y de los astrónomos novohispanos. El fenómeno fue visto y estudiado por el astrónomo inglés Bradley y por el doctor Solander que era discípulo de Linneo. Ambos se embarcaron en una fragata al mando del capitán Cook y zarparon del puerto de Plimouth, pasaron por el Cabo de Hornos sin permiso del rey de España y lo observaron en la isla de Haití.

Desconocemos si fue observado por los astrónomos de América del Sur, por lo que respecta a Norteamérica fue visto por los miembros de la Royal Society, Dymond y William Wales, la estudiaron en el fuerte del príncipe de Gales, Churchill River en la colonia inglesa de "Canadá", Thomas Wright en Quebec. John Leeds en Talbot County Mariland, Owen Biddle y Joel Bailey en Lewiston Pennsylvania, John Winthrop en Cambridge, Massachusetts, Benjamin West y un grupo de asociaciones en Providence, Rhode Island.¹⁶

¹⁶.- Nunis, Op.Cit., p.70-71; Jiménez, Francisco., "Pasos de Mercurio y Venus por el disco del Sol observados en México y California en 1769." en Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana., 2da.época., t.IV., México., Imp. del Gobierno., 1872., p.94-105; y Moreno, Op. Cit., p.163.

Los resultados obtenidos de esta segunda observación fueron mas exactos y los astrónomos decidieron adoptar la medida para el paralaje del Sol en 8"5.¹⁷

El segundo fenómeno celeste estudiado por los novohispanos fue el eclipse total de Sol en 1778.

Antonio de León y Gama a los treinta y seis años fue el primer americano en pronosticarlo y conjuntamente con Joaquín Velázquez de León estudió el fenómeno.

Como resultado, León y Gama redactó la Descripción Orthographica Universal del Eclipse de Sol de junio de 1778, cuya impresión fue costeadada por Velázquez de León.

En ella León y Gama elaboró un mapa para representar las fases del eclipse de Sol y situó los lugares que cubrió el tránsito de la sombra y la penumbra de la Luna en la superficie de la Tierra.

Los sitios fueron: Alemania, Cuba, las colonias inglesas de Norteamérica, España, Francia, Inglaterra, Italia, Laponia, Noruega, Nueva España y el océano Atlántico.

El resultado obtenido por Velázquez de León, fue el cálculo de la longitud del Valle de México en 6h 45' 49" al occidente de París.¹⁸

¹⁷.- Jiménez, Op.Cit., p.99; y Abetti, Giorgio., Historia de la Astronomía., p.181-182.

¹⁸.- León y Gama, Antonio de., Descripción Orthographica Universal del Eclipse de Sol., p.XIX; y Trábulse, Elías., El Círculo Roto., p.153.

Cabe mencionar que los telescopios que emplearon los astrónomos de la expedición franco-española, fueron comprados por Velázquez de León al ingeniero Pauly en California por 3,058 pesos.¹⁹

Antonio de Alzate estudió el mismo fenómeno y para ello construyó sus propias lentes y escribió la Observación sobre el eclipse total de Sol del año 1778.²⁰

Alzate menciona en su obra al astrónomo Herschell, al físico Beccaria y al meteorólogo Saussure, llegó a la siguiente conclusión: "no se observó ninguna luz en la parte obscurisida de la Luna ni con el telescopio, ni a la simple vista: no se podía distinguir del cuerpo de la luna más de aquella parte que no estaba eclipsada..²¹

En 1789, el tercer fenómeno fue la aparición de la aurora boreal que suscitó una polémica entre Alzate, León y Gama y Rangel, la cuál será analizada en el siguiente subcapítulo.

¹⁹.- Moreno, Roberto., "Los instrumentos científicos del abate Chappe D' Autoroche." en Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología.,n.4., México., SMHCT., 1974., p. 312.

²⁰.- Alzate y Ramírez, José Antonio de., Obras I Periódicas., p. 105-117.

²¹.- Trabulse, Elías., Historia de la Ciencia en México., v. III., p. 482.

LAS CONTROVERSIAS SOBRE LA APARICIÓN
DE LA AURORA BOREAL DÉ 1789.

La aurora boreal²² apareció en la noche del 14 de noviembre, se veía en el horizonte del lado norte, la luz que formaba un color rojo y amarillo, por lo que hizo creer a la población que era un fuego, la cual fue a refugiarse temerosa a la villa de Guadalupe.²³

Alzate escribió primero una "Noticia del Meteoro observado en esta Ciudad en la Noche del día 14." en la Gaceta de Literatura, aparecida el día 19 de noviembre de 1789, nos dice:

"Serían las 8 y media de la noche, cuando mi mozo advirtió se registraba en el cielo una luz particular por la parte del norte, al punto subí a mi pequeño observatorio y registré una parte del círculo formada de una luz roja oscura. La persuasión en que estaba que las auroras boreales

²².- En el siglo XVIII, los científicos europeos dieron varias definiciones sobre el origen de la aurora boreal, para Mussebroek son una especie de exhalaciones desprendidas de la superficie de las tierras árticas y de una naturaleza parecida al fósforo, la cual reúne la luz y el fuego. En cambio para Lavoisier, hay un fluido inflamable en lo más alto de la atmósfera y el contacto de estas dos capas de aire se forma la aurora boreal. Vid. Trabulse, Elías., Historia de la Ciencia en México., v.III., p.268 y 273. El término aurora proviene del latín aurora; de aura, brillo, resplandor. La aurora boreal y la aurora austral, se observan en cada uno de los polos geomagnéticos de esos respectivos hemisferios a alturas que varían entre 50 y 1,000km. Afectan formas de cortinajes y flecos de colores, y se cree que resultan de la colisión de partículas emanadas del Sol, con gases de la atmósfera generalmente se observan en época en que aparecen manchas solares. Vid. Cfr. Trabulse Elías., Historia de la Ciencia en México., v.I., p.116

²³.-Cavo, Andrés., Suplemento a la Historia de los tres siglos de México durante el gobierno español.,v.III., p.91.

sólo son observables en las partes septentrionales o meridionales del globo, me tenía perplejo. A primera vista parecía que en la villa de Guadalupe había algún incendio ... Para dar una idea del modo con que estaba formada, diré que era un segmento de círculo, cuya saeta que se dirigía del punto del norte en el horizonte para la estrella polar, era de 12 grados y la cuerda que subtendía al arco de de 38 grados... lo digno de notarse es que al paso que se iba desapareciendo el color rojo, le sucedía otro blanquecino...¹²⁴

Al respecto Alzate sólo describió el fenómeno sin dar un análisis físico-matemático de la aurora boreal, para él se trata de una aurora:

"por que en el color se asemeja a la luz del crepúsculo antes del otro del sol, y boreal porque es hacia el polo norte. también se asemeja a la del crepúsculo de la tarde..."¹²⁵

Antonio de León y Gama²⁶ redactó de manera anónima un "Discurso sobre la luz

²⁴.- Alzate y Ramírez, José Antonio de., "Noticia del Meteoro observado en esta ciudad en la Noche del día 14." en Gazeta de Literatura t.I., n.6., México, 19 de Noviembre de 1789., p.41-42.

La gaceta de literatura de México círculo del 15 de enero de 1788 al 22 de octubre de 1795, la gaceta fue un espacio para la polémica, de las ideas y de los resultados científicos, además de asuntos de la ciencia, de historia, comercio, jurisprudencia y geografía. Vid., Saladino, García Alberto., "La difusión científica en el siglo XVIII: homenaje a la Gaceta de Literatura de México." en Ciencia y Desarrollo, v., XIV., n.84., México., Conacyt., Ene.-Feb.,1989., p.93-99.

²⁵.- Ibid., p.42.

²⁶.- Antonio de León y Gama, nació en la ciudad de México, en 1735 estudio gramática, jurisprudencia, filosofía escolástica en la Real y Pontificia Universidad, matemáticas posiblemente en el Colegio Tridentino de Todos los Santos cuyo catedrático fue Joaquín Velázquez de León.

septentrional, que se vio en esta Ciudad el día 14 de Noviembre de 1789 entre 8 y 9 de la noche." en la Gaceta de México del impresor Manuel Antonio Valdés.²⁷

"Esta Luz (que no es otra cosa que una Aurora Boreal, observada frecuentemente en muchos lugares Septentrionales de la europa) comenzó á parecer, según se há podido averiguar, á las 7 1/2, tomando su principio por el rumbo de N.E.

Desde 1756 trabajo como oficial Mayor de la cámara de Palacio de la Real Audiencia. El virrey Manuel Antonio Flores le encomendó observaciones astronómicas entre 1788-1789.

Además el virrey conde de Revillagigedo, lo distinguió para colaborar con la expedición de Alejandro Malaspina, en 1791. Con este fin se reunió el 12 de abril, con Malaspina, el ingeniero Miguel Constanzó, el maestro de matemáticas de la Real Academia de San Carlos Diego de Guadalajara y Tello y con el teniente de fragata Francisco Antonio Mourelle. En el observatorio de León y Gama para observar una estrella ocultada por la Luna.

En 1791, solicitó la cátedra de mecánica, arometría y pirotecnia, al Real Seminario de Minería, su solicitud fue rechazada por Elhuyar.

Sus obras principales son: Descripción Ortographica Universal del eclipse total de Sol de 1778; Sobre la cuadratura del círculo en 1785; Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales, en 1790, Descripción Histórica y Cronológica de las dos piedras, en 1792, falleció el 12 de septiembre de 1802, y sus restos fueron inhumados en la iglesia de la Profesa de la ciudad de México. Vid., Valdés, Manuel Antonio., "Elogio Histórico de Don Antonio de León y Gama." en Gazeta de México., vol. XI., n.20., 8 de octubre de 1802., p.154-164. Aún no hay una amplia biografía de León y Gama, dado que desconocemos varios pasajes de su vida, pero un excelente estudio es el de Moreno, Roberto., "Antonio de León y Gama(1735-1802)." et. al., Ensayos de Historia de la Ciencia y la Tecnología en México., p.73-110. Sobre, la visita de Malaspina al observatorio de León y Gama. Vid., los trabajos de González, Claveran Virginia., La Expedición Científica de Malaspina en la Nueva España (1789-1794)., p.330; Malaspina en Acapulco., p.79 y "Observaciones celestes en el México de 1791." en Historia Mexicana., v.XXXV., n.2 (138)., México., El Colegio de México., Oct.-Dic., 1985., p.197-218.

²⁷.- Manuel Antonio Valdés, fue impresor del gobierno en 1783 obtuvo la licencia del virrey Matías de Gálvez y confirmada por Carlos IV, en febrero de 1785, para publicar una gaceta con noticias de la Nueva España., Vid. Cfr., Ruíz, Castañeda María del Carmen., " La Tercera Gaceta de la Nueva España. Gaceta de México (1784-1809)." en Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas., n.6., México., Instituto de Investigaciones Bibliográficas-UNAM., Jul.- Dic., 1971., p.137-150.

detras de los cerros de la Villa de Nrá. Srâ. de Guadalupe, por unos rayos blanquizcos... hasta las 8 1/2... se veía en el horizonte la luz, que formaba la base, de un color entre rojo y amarillo, de cuyos extremos se percibía una porción de circunferencia mas iluminada que el resto del segmento de círculo que representaba de color rosado obscuro por un humo denso con que parecía estar mezclada la luz." ²⁸

En este punto Alzate y León y Gama, están de acuerdo sobre la variedad de los colores de la luz y sobre la forma circular la aurora.

Alzate uso el término círculo que es una superficie plana dentro de la circunferencia.

León y Gama utilizó el de circunferencia que es una curva plana, cerrada, cuyos puntos son equidistantes de otro interior, que se llama centro.

Un punto interesante de mencionar es el hecho que Alzate en su obra afirmó que la aurora boreal es un meteoro²⁹ en la nota de pie de página número cinco.

"Lo costoso que es aquí la impresión de láminas me impide publicar una estampa, demostraría gráficamente las partes del globo en que se observó el meteoro, a qué horas, y su extensión sobre el horizonte respectivo a cada país. Para suplir en algún modo, digo, que el centro del círculo luminoso de la

²⁸.- León y Gama, Antonio de., "Discurso sobre la luz septentrional que se vio en esta Ciudad el día 14 de Noviembre de 1789 entre 8 y 9 de la noche." en Gazeta de México, t.III., n.44., México., 1789., p. 432-433.

²⁹.- Meteoro: es cualquier fenómeno atmosférico, como el viento, la lluvia, el rayo, el arco iris, la aurora boreal, los meteoritos, etc.

aurora se halló en el zenit o perpendicular en los grados 110 de longitud, y en el 48 de latitud boreal.³⁰

León y Gama realizó una crítica referente a este comentario de Alzate, para él aurora no debe confundirse con un meteoro y además ésta se encuentra en la parte superior de la atmósfera:

"No se deben confundir estas Auroras informes con los Meteoros igneos que aparecen en nuestra Atmosfera... La region de las Auroras Boreales excede en muchas leguas la Atmosfera terrestre... La aparicion de las luces boreales es permanente por gran espacio de tiempo y caminan ellas por rumbo alguno, si no que se mantienen quietas en la parte septentrional hasta su total desaparición..."³¹

Posteriormente León y Gama se inclina por la ley de la gravitación la cuál incide en la formación de la aurora boreal y crítica a Alzate:

"... en la Atmosfera Solar, de donde se forma la Luz Zodiacal cuyas partículas luminosas, no estando más distantes de la tierra que sesenta mil leguas,³² descienden á ella en virtud de las leyes de la gravitación mutua de los cuerpos, y forman las Auroras Boreales...Entre tanto esperamos, que el Autor de las Gazetas de Literatura llene algunas de ellas con este asunto

³⁰.- Alzate., Op.Cit., p.43.

³¹.- León y Gama., Op.Cit., p. 435.

³².- La legua es una medida itineraria, equivalente a 5572,7 metros. La legua castellana de 17 1/2 al grado, equivale a 6.368m, la legua francesa de a 25 en grado tiene 2 283 toesas y es menor a la castellana, por lo que para Trabulse, el número de leguas que cita León y Gama en su Disertación, se reducen a la legua castellana teniendo en proporción de 25 a 17. Vid. Trabulse, Elías., Historia de la Ciencia en México., v. III., p.253.

propio de su título, dándonos, baxo de las mismas demostraciones, un nuevo descubrimiento, que nos satisfaga, y convenza de la naturaleza admirable de este fenómeno.¹³³

Inmediatamente Alzate contesto con sarcasmo y se inclinó momentáneamente por el fluido eléctrico como la causa de la aparición de la aurora, sabía de antemano que León y Gama era el autor del artículo sobre la aurora.

"... como ligeramente supone el Autor Anónimo para impugnar mi observación, que las Auroras se mantienen quietas en la parte septentrional hasta su total desaparicion... ¿Será falta de memoria, ó sobra de ocupaciones lo que hace que mi antagonista tropieze muy a menudo? asentó, como ya se vio, que las Auroras eran permanentes, ... ¡Que en seis páginas que comprende el Discurso del reciente Astrónomo se hallen tantos errores! ... Poco sabe de Optica quien dice disminuyo la visión... Se espera á que el Señor inventor de sistemas explique (el) fenómeno tan particular ... la respuesta ha sido la confesión de mi ignorancia sobre la naturaleza y causa del fenómeno. Me inclinaría á creer se verifica alguna mayor analogía con los efectos del fluido eléctrico, que con los del magnético, pero suspendo mi juicio sin afirmar ni negar..."¹³⁴

León y Gama respondió con un libro, que es una de las grandes aportaciones astronómicas de la ciencia novohispana y lleva por título Disertación física sobre la materia y formación de las Auroras Boreales publicado en 1790.

³³.- León y Gama, Antonio de., "Continuación del Discurso sobre la Aurora Boreal." en Gazeta de México., t.III., n.45., México, 22 de Diciembre de 1789,p.101

³⁴.- Alzate y Ramírez, Antonio de., " Carta del Autor de la Gazeta de literatura al Anónimo que imprimió en las de México NN. 44 y 45 un Discurso sobre la Aurora Boreal." en Gazeta de Literatura., t.I., n.3., México 8 de marzo de 1790.,p.101-104.

A partir de ella León y Gama hace alarde de su erudición sobre la física newtoniana la cuál aplicó y desarrollo, para explicar la aurora boreal.

En la Gaceta de México, del 10 de agosto de 1790 apareció la siguiente noticia:

"Se ha impreso en la oficina de esta, y se expende al precio de tres reales una Disertación Física que trató de la que apareció el mes de Noviembre de el año anterior, á la que acompaña una estampa."³⁵

El método usado por León y Gama para analizar sus axiomas es el matemático y el experimental. Es decir, que la explicación de los fenómenos celestes no se hizo a través de hipótesis y tautologías.

Es interesante mencionar las palabras con las cuáles define el método que siguió:

"... para indagar las obras de la naturaleza no se hayan de fundar en fingidas hypotheses, ó ligeras congeturas, sino en demostraciones claras, deducidas por cálculos matemáticos, o experimentos ciertos, para no incurrir en grandes errores..."³⁶

Newton en sus Principios Matemáticos de la Filosofía Natural., afirmó que la:

³⁵- Gazeta de México., t.IV., n.15., México., 10 de Agosto de 1790., p.148.

³⁶- León y Gama, Antonio de., Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales., p.19.

"... filosofía experimental debemos recoger proposiciones verdaderas o muy aproximadas por inducción general a partir de fenómenos, prescindiendo de cuales quiera hipótesis contrarias, hasta que se produzca con otros fenómenos capaces de hacer más precisas esas proposiciones o sujetas a excepciones..."³⁷

Al igual en su texto de Óptica refirió que:

"... el objetivo básico de la filosofía natural es argumentar a partir de los fenómenos sin imaginar hipótesis u deducir las causas a partir de los efectos... Como en las matemáticas, en la filosofía natural la investigación de las cosas difíciles, el método de análisis consiste en realizar experimentos y observaciones, en sacar de ellas conclusiones generales por inducción y no en admitir otras objeciones en contra de esas conclusiones que aquellas salidas de los experimentos u otras verdades ciertas, pues las hipótesis no han de ser tenidas en cuenta en la filosofía experimental."³⁸

Enseguida veremos que León y Gama aplicó los preceptos del método newtoniano en los axiomas que propuso.³⁹

³⁷.- Newton, Isaac., Principios Matemáticos de la Filosofía Natural., p.659.

³⁸.- Newton, Isaac., Óptica o Tratado de las Reflexiones, Refracciones, Inflexiones y Colores de la Luz., p.319 y 349.

³⁹.- Espinosa, Sánchez Juan Manuel y Patricia Aceves, "Un científico newtoniano en la Nueva España del último tercio del siglo XVIII: Antonio de León y Gama." Ponencia presentada en el III Congreso Latinoamericano y III Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, dentro del Simposio Newton en América, celebrado en la ciudad de México, el 15 de enero de 1992, p.10-12.

1.- La aurora boreal tiene su asiento superior en la atmósfera de la Tierra.

León y Gama empleó el termómetro y el barómetro para calcular la altura de la atmósfera cuyo resultado fue de 27 096 pies.

Después utilizó la trigonometría para calcular la altura de la aurora boreal, la cuál fue de 104 1/2 leguas.⁴⁰

Al referirse del éter, dice que:

"... es solamente 7000 00 veces mas rara que nuestro ayre; se infiere ser imposible la existencia de otro fluido tanto millones de veces mas raro que el Ether."⁴¹

Newton utilizó el éter como una hipótesis " para explicar la naturaleza de atracción a la distancia."⁴²

Por lo tanto León y Gama la tomó de la Óptica de Newton, libr.III, part.I, cuestión 22 dice:

"... el Eter...(es) 700.000 veces más elástico que nuestro aire y más de 700.000 veces más raro..."⁴³

2.- La materia que se forma es el éter.

León y Gama experimentó con el barómetro y la máquina neumática para demostrar que el éter se manifiesta en un lugar oscuro y las vibraciones que se producen

⁴⁰.- León y Gama., Op.Cit., p. 17-19, 22-25.

⁴¹.- Ibid., p.21.

⁴².- Comunicación con Jorge Canizares, investigador de la Universidad de Madison y agradezco por el libro que me envió; Westfall, Richard S., The Construction of Modern Science Mechanisms and Mechanics., p.142-157.

⁴³.- Newton., Óptica., p.306.

en el éter por el peso de un objeto a través de él son responsables de que se observe una luz, así el desplazamiento de la Luna es:

"el agente que pone en movimiento los sutilísimos vapores del Ether, causando las vibraciones del Ether para representar la Aurora Boreal."⁴⁴

Posteriormente León y Gama expone la capacidad de la física newtoniana para explicar que la luna influye en los movimientos de los mares y en los climas y que es la causante de las vibraciones del éter que producen la aurora boreal.

"... la luna. Esta, por su inmediación a la Tierra, influye en ella sensiblemente: causa los movimientos de las aguas en las crecientes y menguantes de los mares: exalta las exhalaciones y vapores de la misma Tierra, formando tempestades, lluvias, y otros meteoros que se observan en nuestra Atmosfera, dependientes todos de las variaciones de la misma Luna, así por su movimiento propio, como con respecto al del Sol."⁴⁵

Al respecto Newton expuso en sus Principios Matemáticos de la Filosofía Natural, lib. III, prop. XXXVII, prob. XVIII, titulado "Determinar la fuerza de la Luna para mover el mar" que:

"La fuerza de la Luna para mover el mar debe deducirse de su razón a la fuerza del Sol, y esta razón debe determinarse a partir de la razón de los movimientos del mar, efectos de dichas fuerzas... las estaciones de verano e invierno llegan a su altura en los solsticios mismos, sino cuando el Sol ha sobre pasado los solsticios en aproximaciones una décima parte de curso completo... Igualmente, la marea máxima se eleva tras

⁴⁴.- León y Gama., Op.Cit., p.27-29.

⁴⁵.- Ibid., p. 27-28

la aproximación de la Luna al meridiano cuando la Luna ha sobrepasado al Sol..."⁴⁶

3.- La variedad de colores con que se presenta, la aurora boreal así como la mayor o menor actividad de su luz, dependen de la atmósfera.

De nueva cuenta en este axioma se percibe la influencia de Newton, cuando enuncia que la variedad de colores se produce cuando la luz blanca se proyecta sobre un prisma.

Posteriormente León y Gama extrapola este principio al macrocosmos al referir que la luz blanca se altera al penetrar en las partículas heterogéneas y vapores de la atmósfera. De tal forma que estas constituyen un obstáculo "para los rayos menos refrangibles, formando diversos medios refringentes que modifican la luz y causan los colores."⁴⁷

Newton en su Óptica lib.I., prop.II, titulada: "La luz del Sol consta de rayos de diferente refrangibilidad" hizo que un haz de luz natural atravesara el prisma y observó:

"...una imagen o espectro PT era de colores, presentado el rojo en el extremo menos refractado, T, el violeta es el mas refractado, P, y amarillos, verde y azul en los lugares intermedios, en consonancia con la primera proposición, que dice que la luces que difieren en color tambien difieren en refrangibilidad." ⁴⁸

Antonio de León y Gama a lo largo de su discurso de la aurora boreal demostró su erudición científica, aplicando y desarrollando los postulados de Newton a lo largo de su

⁴⁶.- Newton,, Principios., p.744-745; y Vid.Cfr., Newton, Isaac., El Sistema del Mundo., p.81.

⁴⁷.- León y Gama. Op.Cit., p. 31.

⁴⁸.- Newton., Óptica., p. 32, 37.

obra. En su tarea León y Gama usó el lenguaje de los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural, recurriendo a los términos de la teoría gravitacional, fuerza, masa, tiempo, espacio e inercia; manejó también la Óptica de Newton para explicar el color de la aurora boreal, haciendo una analogía con la variedad de colores de la luz blanca al proyectarse sobre un prisma. Esta hecho lo traslada al macrocosmos para analizar la variedad de colores de la aurora.

En la obra de León y Gama se percibe la influencia de la macromecánica y óptica newtoniana, por lo que podemos considerarlo como un seguidor de las teorías de Newton.⁴⁹

El análisis del citado fenómeno natural, por la comunidad científica novohispana nos demuestra que la ciencia novohispana del último tercio del siglo XVIII alcanzó un alto grado de madurez.

En efecto, Antonio de Alzate escribió la "Novedad Literaria..."⁵⁰ con el fin de exponer su propia opinión y de paso criticar la Disertación de León y Gama:

"... que la luna, conmoviendo en cierto modo al Ether, lo agita, pone en movimiento, ocasiona en él una especie de

⁴⁹.- Cohen, Bernard. I., La Revolución en la Ciencia., p.28; Cohen hace referencia que "La revolución newtoniana su objetivo era crear un nuevo sistema de mecánica racional que permitiera explicar y predecir los fenómenos observados en la Tierra y en el cielo. Sus postulados eran los conceptos de masa, espacio, tiempo, fuerza, e inercia y abarcaba el concepto de la gravitación universal.

Los newtonianos eran consientes de la necesidad de la revolución en toda una serie de disciplinas: la química, la óptica, la calorimetría y la fisiología."

⁵⁰.- Alzate, Antonio de., "Novedad Literaria. Disertación (nombrada) Física, sobre la materia y formación de las auroras boreales... por D. Antonio de León y Gama &c." en Gazetas de Literatura de México., t.I., n.24., México., 16 de agosto de 1790., p.196.

vibración, y hé aqui á nuestra aurora nacida de un estrujon...Si se nota en ella un color de fuego, ó algun otro, esto depende, de que pasando los rayos de la luz por diferentes lugares de la atmosfera, los vapores mas o menos gruesos que son un obstáculo que absuerve aquellos rayos menos refrangibles, formando diversos medios refringentes que modifican la luz, y causan los colores &c...En buena filosofía, ¿no es cierto que una causa constante debe producir un efecto constante, como lo vemos prácticamente en las mareas, ejemplo de que se vale el Sr. de Gama para apoyar su sistema? Traslado al autor. Lo que debo advertir únicamente es, que todo esto se halla fundado en demostraciones físicas y matemáticas, según dice el mismo autor. Sistema por sistema, es preferible el publicado por Don Francisco Rangel." ⁵¹

A su vez Francisco Dimas Rangel⁵² escribió una carta a Alzate en donde se manifestó en contra de la obra de León y Gama.⁵³

El análisis de la confrontación de las tesis de ambos autores, muestra que León y Gama explicó la aparición de la aurora boreal haciendo una adaptación de algunos

⁵¹.- Ibid., p. 196.

⁵².- Francisco Dimas Rangel, nació en Valladolid en la Nueva España, desconocemos su fecha de nacimiento, fue maestro relojero, construyó el reloj de la Iglesia Metropolitana, participó en las tertulias que organizaba el virrey Flores, al lado de Alzate y León y Gama. Sobre sus obras científicas escribió en 1787 las Advertencias para el buen uso de los relojes de faltriquera y para hacer juicio de su bondad, en 1789 elaboró un Discurso físico sobre la formación de las auroras boreales, el cuál está extraviado y en 1791 una "Carta de D. Francisco Rangel al Autor de la Gazeta de Literatura, que contiene varias reflexiones tocante al sistema de D. Antonio de León y Gama, al pie de ellas ciertas Notas de un Anónimo.", publicada en la Gaceta de Literatura.

Sobre su vida se puede consultar a Beristain de Souza, José Mariano., Biblioteca Hispano Americana Septentrional., v.I., p.9 y Cavo, Andrés., Suplemento a la Historia de los tres siglos de México durante el gobierno español., vol.III., p.83.

⁵³.- "Carta de D. Francisco Rangel al Autor de la Gazeta de Literatura, que contiene varias reflexiones tocante al sistema de D. Antonio de León y Gama, y al pie de ellas ciertas Notas de un Anónimo." en Gazetas de Literatura., t.II., n.15., México 22 de marzo de 1791., p.117-122.

postulados newtonianos. Por su parte Rangel se inspiró parcialmente en Mussembroek, y desarrolló a partir de sus propias ideas un cuerpo teórico que coincidió con el sistema que expuso Antonie Lavoisier cuando afirmó el origen de la aurora es producida por un fluido inflamable, al contacto con la atmósfera en su Tratado elemental de química.⁵⁴

La contradicción entre el sistema de Rangel y el de León y Gama se centro en los axiomas propuestos por cada uno.

Al respecto Rangel afirmó que las auroras boreales se forman dentro de la atmósfera mientras que su contrincante las localiza en la parte superior de ella.

León y Gama en su Disertación planteó el postulado de que la "aurora boreal tiene su asiento superior en la atmósfera de la tierra" primero calculó la altura de la atmósfera empleando los métodos de Bouguer y de Luc en sus mediciones en el barómetro, y para explicar el peso del aire se apoyó en las teorías de Newton.

Por su parte Rangel en su carta dirigida a la Gaceta de Literatura postuló que las "auroras se forman dentro de los términos de la atmósfera," rebatió los cálculos de León y Gama y puso en duda la efectividad del barómetro para determinar la altura de la atmósfera.

" No ignoro las precauciones que refiere el señor de Gama, las que en efecto son de alguna utilidad: sin embargo á pesar de todas ellas no se puede asegurar que cuando se mide una altura algo considerable por medio del Barómetro, él cálculo corresponde exactamente á la realidad... por que á distancias considerables de la superficie de nuestro globo el ayre es mucho más puro, su elasticidad es más libre, y por consi-

⁵⁴.- Lavoisier, Antoine., Tratado Elemental de Chimica., v. I., p. 22-23.

guiente sus diferentes grados de densidad no dependen casi más que la presión de las capas superiores."⁵⁵

En este punto parece que Rangel tomó la idea del texto de Lavoisier, pero no es así,⁵⁶ ya que el Tratado elemental de química, aun que se publicó en 1789, llegó a la Nueva España en una fecha posterior a la publicación de Rangel. Así, lo explica Alzate en la nota tres de la carta de Rangel donde escribió lo siguiente:

" No será fuera de propósito a mis lectores la extraña y feliz contingencia de que el autor de este sistema (Rangel) hubiera publicado el mismo de que Lavoisier, uno de los mayores químicos del día, acababa de dar una idea en París en su Tratado elemental de química... sobre la aurora boreal, impreso en 1789. Es muy posible, dice Lavoisier, y aun es muy probable, que se hayan formado desde el principio del mundo y se formen diariamente gases que no pueden mezclarse sino con dificultad con el aire de la atmósfera, y que se separen de él. Si estos gases son más ligeros, deben juntarse en las regiones más elevadas y formar capas que nadan sobre el aire atmosférico. Los fenómenos que acompañan a los meteoros ígneos se mueven a creer que hay en lo mas alto de la atmósfera una capa de un fluido inflamable, y que en el punto del contacto de estas dos capas de aire, es en donde se forman los fenómenos de la aurora boreal y de otros meteóros ígneos... Tal vez no faltará alguno que reputé al caballero Rangel por plagiarlo, pero para convencerse de lo contrario no se necesita más que ver la fecha de su papel que fue el año de 89 con la

⁵⁵.- Ibid., p.122.

⁵⁶.- Sobre la introducción de la química de Lavoisier en el Real Jardín Botánico de la Nueva España. Vid. Cfr., Aceves, Patricia., La Difusión de la química moderna en el Real Jardín Botánico de la Ciudad de México., 187p., un análisis mas detallado lo da la misma autora en sus artículos, " La difusión de la ciencia en la Nueva España: la polémica entorno a la nomenclatura de Linneo y Lavoisier." Quiipu., v.IV., n.3., México., SLHCT., Sep.-Dic., 1987., p.357-385; "La difusión de la química de Lavoisier en el Real Jardín Botánico y en el Real Seminario de Minería (1788-1810), Quiipu., v.VII., n.1., México., SLHCT., Ene.-Abr., 1990., p.5-36. Recientemente, la doctora Aceves publicó el libro Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII., 135p.

publicación de la obra de Lavoisier. A más de esto, la primera obra de Lavoisier que se sabe haber llegado a ésta, es la de don Juan Eugenio Satelices Pablo, que no obstante llegó a sus manos muchos meses después de publicado el papel de nuestro autor.¹⁵⁷

Por lo tanto la idea de Rangel es innovadora en la ciencia novohispana y análoga a la de Lavoisier en Europa.

El segundo punto a discusión se derivó de la materia constitutiva de la aurora boreal, León y Gama proponía que la Luna era el agente que hace vibrar al éter, Rangel consideraba que era un gas inflamable.

Rangel mencionó que "la materia de que se forma este meteoro es el gas inflamable" y en cuanto a la existencia del éter opinó que:

"...si es muy verosímil que hay en los espacios celestes y se halla mezclada cierta materia tenuísima que llamamos Ether... es indubitable también, que hay en lo interior de la tierra ciertas sustancias aeriformes que denominamos gazes y que por su excesiva ligereza se elevan a alturas sumamente considerables en la atmósfera."¹⁵⁸

Además Rangel rechazó la teoría de Newton sobre las cualidades del aire:

"Como mi erudito contrario citando a Newton, da al ayre una realidad inmensa a la altura de 210 millas o 76 leguas, como es el hacerlo un trillon de veces más raro que en la superficie de la tierra, lo que pudiera hacer creer que el gas, de que en mí sentir se forma la aurora, no se puede elevarse a la altura que el refiere haber visto dicho meteoro... Como en tiempo de Newton no había globos aerostáticos en que hubieran podido

⁵⁷.- "Carta de D. Francisco Rangel...", Op.Cit., p.118-119.

⁵⁸.- Ibid., p.124

subir los hombres a registrar las qualidades del ayre superior no podía juzgar de el sino por el que tenemos aca abaxo.¹⁵⁹

El mismo Rangel recurrió a otros autores para demoler a sus detractores, invocó a Blanchart, Boyle, Buffon, Macquer y Lavoisier. Con este último autor coincide en la parte que trata de la formación de la atmósfera terrestre:

"Si estos (gases) son mas ligeros deben reunirse en las regiones elevadas, y formar allí capas que naden sobre el ayre atmosférico. Los fenómenos que acompañan a los meteoros igneos, me hacen creer que existe también en lo alto de la atmósfera una capa de fluido inflamable, y que en el punto de contacto de estas dos capas de ayre es donde suceden los fenómenos de la aurora boreal y otros meteoros igneos."¹⁶⁰

La tercera parte del debate se dió en torno al agente que desencadenaba la aparición de la luz. Para León y Gama los colores observados se debían a los vapores disueltos en la atmósfera, y se basó en los experimentos de Newton sobre la descomposición de la luz al pasar de un prisma.

Para Rangel el agente que inflamaba el gas era la electricidad, él pensaba que el hidrógeno o gas inflamable, siendo el gas más ligero que se conocía podía subir para mezclarse con el aire contenido en las capas superiores de la atmósfera:

"A la distancia de 260 leguas a que se supone la más alta aurora boreal...un gaz inflamable veinte veces mas raro que el ayre que respiramos puede subir hasta esa altura, o ponerse en equilibrio con él."¹⁶¹

⁵⁹.- Ibid., p.124-125.

⁶⁰.- Lavoisier, Op.Cit., p. 22-23., y Cfr., "Carta de D. Francisco Rangel...", Op.Cit., p.124.

⁶¹.- "Carta de D. Francisco Rangel...", Op.Cit., p.126

Además suponía que una chispa eléctrica encendía el gas dando como resultado la luminosidad observada en las auroras boreales:

"los gazes... encontrados en el fluido electrico, como quiera que son por su naturaleza muy inflamables, se encienden y encendidos tiñan el ayre de aquel color rojo que manifiestan las auroras."⁶²

Posteriormente en la Gaceta de México del 12 de abril de 1791, da noticia sobre " la impugnación de un sistema publicado sobre la Aurora Boreal."⁶³ León y Gama no respondió al escrito de Rangel. Como vemos cada uno de nuestros autores estudiados llegaron por distintos caminos a explicar el color rojo que se forma en la aurora, el cuál se debe a la ionización de las capas altas de la atmósfera, cuando en ella actúa una descarga eléctrica causada por partículas procedentes del Sol.

No hay duda que Alzate, León y Gama y Rangel, conocían la bibliografía sobre el tema. En los textos referidos se observa que existe un intercambio de información entre los científicos novohispanos y sus homólogos americanos y europeos.

Otro aspecto interesante de la polémica es que reflejan un momento en el que todavía estaban en discusión las teorías científicas. En este sentido las controversias científicas nos permiten estudiar la ciencia cuando aún se está haciendo, las teorías científicas todavía no han alcanzado su estatus de verdades establecidas.⁶⁴

⁶².- Ibid., p.127

⁶³.- Gazeta de México., t.IV., n.31., México., 12 de abril de 1791., p. 300

⁶⁴.- Espinosa, Sánchez Juan Manuel y Patricia Aceves., "La evolución de la óptica novohispana a finales del siglo XVIII: Controversias en torno a la óptica de Newton." Ponencia presentada en el I Congreso Iberoamericano de Docentes e Investigadores en

Nuestros autores comentan los trabajos de Lalande, Bourger, Mairán, de Luc, Cassini, Mussembroek, Lavoisier, Euler, Franklin, Maupertuis, Halley, Römer, Clarke, Mariotte, la Caille, Horrebow, Descartes, Hanovio, Bernoulli, Mac-Laurin, Gravessande, Paulian, Boyle, Feijoo, Gerónimo Cortes y su Lunario perpetuo; a Enrico Martínez y su Repertorio de los tiempos e historia natural de esta Nueva España; Carlos de Singüenza y Góngora, la Libra astronómica v filosófica y Joseph de Rivera Bernáldez, Descripción breve de la muy noble y leal ciudad de Zacatecas.

De los tres científicos novohispanos solo se ha encontrado el inventario de la biblioteca de León y Gama, la cuál tuvo un rico acervo:

Atanasio Kircher	<u>Obeliscos v caracteres egipcios.</u>
Carlos Linneo	<u>Práctica de botánica.</u>
Carlos de Sigüenza	<u>Paraiso occidental. Libra astronómica y filosófica. Triunfo Partenico.</u>
José de Rivera	<u>Descripción breve de la muy noble y leal ciudad de Zacatecas.</u>
Benito Feijoo	<u>Justa Repulsa.</u>
Medrano	<u>Sobre la cuadratura del círculo.</u>
Saverien	<u>Ciencias exactas. Diccionario de matemáticas.</u>
Ulloa	<u>Noticias americanas. Elementos matemáticos.</u>
Benito Bails	<u>Primera edición del Compendio de matemáticas.</u>

Historia de la Educación Latinoamericana., dentro del Simposio: La Introducción de las Ideas Ilustradas en América Latina., celebrado en Santa Fé de Bogotá, Colombia., en septiembre de 1992., 15p.

Ortega	<u>Tablas botánicas.</u>
José Ignacio Bartolache	<u>Manifiesto satisfactorio. Mercurio volante.</u>
Condamine	<u>Extracto de observaciones.</u>
Juan José de Eguiara	<u>Biblioteca mexicana.</u>
Sigaud de la Fond	<u>Curso de física experimental.</u>
Juan Bernoulli	<u>Opera omnia.</u>
Boscovich	<u>Elementos matemáticos.</u>
Nollet	<u>Física.</u>
Vion	<u>Tratado de instrumentos de matemáticas.</u>
Gravessande	<u>Elementos matemáticos.</u>
Cassini	<u>Astronomía grandeza de la Tierra y meridiano de París.</u>
Chappe	<u>Viaje a California.</u>
Halley	<u>Tablas astronómicas.</u>
La Hire	<u>Tratado de mecánica.</u>
Maquer	<u>Elementos de química.</u>
Eusebio Francisco Kino	<u>Exposición astronómica.</u>
Tosca	<u>Compendio matemático.</u>
Teodoro de Almeida	<u>La Recreación filosófica o Diálogos sobre la filosofía natural. Cartas físico matemáticas de Teodosio a Eugenio.</u>
Maupertius	<u>Obras.</u>
La Caille	<u>Tratado de óptica. Astronomía fundamental y Lecciones elementales y efémerides.</u>

Jacquier	<u>Instituciones Filosóficas.</u>
Boerhaver	<u>Química y la obra médica.</u>
Isaac Newton	<u>La Aritmetica universal. Principios matemáticos de la filosofía natural.</u> <u>La Óptica</u> en edición inglesa y latina.
José Antonio de Alzate	<u>Gaceta de Literatura de México.</u>
León y Gama	<u>Instrucción sobre el remedio de las lagartijas. Descripción orthográfica universal del eclipse de Sol del día 24 de junio de 1778.</u> ⁶⁵

La preparación científica de León y Gama fue muy amplia. Conoció la trigonometría y el cálculo infinitesimal contó con una retórica analítica sobre la física newtoniana y con una sólida cultura general en la física experimental y en matemáticas, tal como hemos visto a través de el inventario de su biblioteca. Todo ello le permitió fundamentar su conocimiento sobre el cosmos.

Las bibliotecas particulares tenían una buena cantidad de libros científicos, que circularon en la Nueva España libremente. Como respuesta de ello los novohispanos redactaron obras eruditas, para explicar los fenómenos naturales.

⁶⁵- A.G.N.M., Inquisición., v. 947., f.6r.-15r; y Moreno, Roberto., Ensayos de Bibliografía mexicana., p.167-196.

CONCLUSIÓN.

A lo largo de nuestro estudio evidenciamos que Antonio de León y Gama tuvo conocimiento de los presupuestos teóricos, metodológicos y prácticos de la obra de Newton. Conocimientos que adquirió a través de la lectura de los libros del físico inglés y de sus divulgadores.

Como hemos podido observar, León y Gama además de asimilar y difundir la física newtoniana, la aplicó en la solución de problemas planteados por su entorno social y geográfico. Esto significa que en sus trabajos generó nuevos conocimientos a partir de los esquemas teóricos de la época y de la introspección profunda de la realidad en que vivió.

Esto sólo pudo ser posible por que en la Nueva España, desde antes de la creación de la Real Academia de las Nobles Artes de San Carlos (1781), del Real Jardín Botánico (1788), y del Real Seminario de Minería (1792), ya existía una infraestructura científica que incluía a una comunidad científica al tanto de los avances científicos y con proyectos propios, con un tramado material, instrumental y bibliográfico disponible para desarrollar dichos proyectos.

Lo anterior es evidente en la participación activa de León y Gama, Velázquez de León, Alzáte y Rangel, entre otros, en las observaciones astronómicas. En esta colaboración conjunta se pone de manifiesto, el nivel científico alcanzado por los ilustrados novohispanos quienes aportaron además de sus amplios conocimientos sobre la realidad local, una buena parte de la infraestructura necesaria para la puesta en marcha y realización de las investigaciones.

En la Nueva España a finales del siglo XVIII existió una comunidad científica que difundió, asimiló y aplicó los últimos avances de la óptica en el estudio de los fenómenos celestes.

Esta comunidad se manifestó en la presencia de un grupo de individuos con formación académica en los últimos adelantos de la ciencia y con conocimientos necesarios para realizar proyectos de investigación en los que aplicaron las teorías, métodos y técnicas más comunes en el estudio de los fenómenos ópticos.

Como consecuencia de ello los miembros de dicha comunidad discutieron los paradigmas en boga, trabajaron en torno a temas similares, leyeron los mismos autores, compitieron por la prioridad de sus descubrimientos y aún externaron sus celos y rivalidades profesionales a través de las publicaciones científicas. Todo esto facilitó el intercambio de opiniones y de información, que a su vez hizo posible la generación de líneas de investigación. De este modo, a nivel local se asimilaron los nuevos conocimientos a los ya existentes y sobre esta base se produjeron nuevos conocimientos.⁶⁶

⁶⁶.- Espinosa, Sánchez Juan Manuel y Patricia Aceves., " La evolución de la óptica novohispana a finales del siglo XVIII..." Op.Cit., p.12-13

CAPITULO 3

LA ÓPTICA EN EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA.

"Nace en el hombre el ansia de saber el percibir grandes fenómenos que llaman su atención. Pero para que ese anhelo persista, es menester que se desarrolle un interés más profundo que lo conduzca el gradual conocimiento de los objetos."

Johann W. Goethe
Esbozo de una Teoría de los Colores.

LA PROBLEMÁTICA DE LA MINERÍA NOVOHISPANA EN EL SIGLO XVIII.

Los reales de minas jugaban un papel importante en la economía novohispana. El real de minas enviaba la plata a la capital del virreinato, donde pagaba el impuesto de cuño. El metal era enviado en barras y posteriormente acuñado, ahí se retenía el impuesto. El dinero acuñado por los mineros era para comprar mercancías y traer productos manufacturados.

El comercio interno de la colonia dependía de una red de comunicación. Así, el real de minas se convirtió en un centro de urbanización y de especialización económica.¹

Las técnicas de extracción de la plata durante los siglos XVI, XVII y XVIII, eran deficientes, principalmente por la falta de dinero, mano de obra, el elevado costo del mercurio aunado a la constante inundación y derrumbes de las minas. Así como la falta de ventilación e iluminación adecuada hacia más difícil la explotación del apreciado metal, además otros metales eran desperdiciados por ignorancia.²

La minería novohispana, desde sus inicios, tuvo un difícil problema que resolver: la extracción de la plata. Esta se hacía con métodos rudimentarios, desde construir un tiro

¹.- Castrejón, Díaz Jaime., El Sur en la época colonial., p.30-31; Hadley, Phillip L., Minería y sociedad en el centro minero de Santa Eulalia Chihuahua (1709-1750)., p.123; y Pérez, Herrero Pedro., " El México Borbónico: Un éxito fracasado." et. al., Interpretaciones del siglo XVIII Mexicano: El Impacto de las reformas borbónicas., p.136.

².- Montejano y Aguiñaga, Rafael., El Real de Minas de la Purísima Concepción de los Catorce, San Luis Potosí., p.13-17., Bakewell, P.J., Minería y Sociedad en el México Colonial Zacatecas 1546-1700., p. 185-195., Al respecto un excelente estudio es el de López, Miramontes Alvaro., Las Minas de Nueva España en 1753., p.106

perpendicular perforado directamente desde la superficie hasta la veta, y en la cual, la pólvora sólo se empleo en pocas ocasiones.

En los siglos XVI y XVII,³ los tiros para extraer el metal no eran profundos, como las minas del siglo XVIII, en Real del Monte la profundidad era de 375 varas⁴ en 1790,⁵ la de Zacatecas con 360 varas en 1797, la de Bolaños con 272 varas en 1790, la de Valencia con 635 varas en 1810.⁶

³.- En las minas del cerro de Potosí (San Luis Potosí), el arquitecto Alonso Arias construyó un tiro de 106 varas en línea recta, entre 1614 y 1617, por lo que fue una de las grandes obras de ingeniería de la época. Cfr., Bora, Woodrow., " Un gobierno provincial de frontera en San Luis Potosí (1610-1620) ., en Historia Mexicana., v. XIII., n.4., México., El Colegio de México., Abr.-Jun., 1964., p. 532-550.

⁴.- La medida de longitud de una vara equivale a 838 milímetros.

⁵.- Humboldt, Alejandro de., Ensayo Político de la Nueva España., p.361-362.

⁶.- Brading, D.A., Mineros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)., p.183; Brading, D.A., " La minería de la plata en el siglo XVIII: el caso de Bolaños." en Historia Mexicana., v. XVIII., n.3., México., El Colegio de México., Ener.- Marz., 1969., p.317-333.

Los mineros novohispanos empleaban el zapapico de hierro para extraer el mineral de la veta y en el siglo XVIII se utilizó con más frecuencia la pólvora⁷ lo que fue un avance técnico en la perforación de tiros y galerías.

El mineral extraído se colocaba en recipientes de cuero, los tenateros lo llevaban a hombros hasta la base del tiro vertical. En las minas más profundas se empleó el malacate⁸ para subir el mineral por el tiro hasta la superficie. Además el malacate fue utilizado para resolver los problemas de desagüe, este método era costoso, dado que tenían que dar forraje y mantenimiento a los animales de tiro, como renovar constantemente el cuero y el cordel del recipiente que eran caros y duraban poco. Por lo que muchos mineros preferían abandonar sus minas y no arriesgar su fortuna.

Otros problemas técnicos en la minería novohispana eran la ventilación y la iluminación. La ventilación empleaba conductos llamados lumbrera que eran pozos que se perforaban hasta la superficie.⁹ La lumbrera tiene dos funciones técnicas: dar respiración y permitir que ardan las luces en el interior de la mina. Así, la mina no presentara el bochorno que

⁷.- En la minería americana la pólvora se utilizó por primera vez en las minas de Huancavelica en el Perú, en el primer tercio del siglo XVII, para la apertura del socavón de Belén y en las minas del Potosí a finales del siglo XVII. Vid., Mira, Guillermo., "Plata y tecnología en la América española del siglo XVIII. Una aproximación a los cambios productivos bajo la ilustración." et. al., Ciencia Colonial en América., p.259. La corona española fomento la industria novohispana con dos fábricas en la segunda mitad del siglo XVIII. Una instalada en Santa Mónica para la afinación de cobre y la de Santa Fe para la fabricación de explosivos, por lo que el estado regia el control de la pólvora. Vid., Miranda, José., Humboldt y México., p.63.

⁸.- Es un mecanismo formado por una polea que va tirado por grupos de cuatro o más acémilas o caballos.

⁹.- Semo, Enrique., Historia del capitalismo en México., p.41.

es el exceso del calor que apaga las luces dentro de la mina por falta de ventilación y evita los efluvios que despiden los operarios con la fatiga, y el vapor que proviene de la calidad del terreno.¹⁰

El otro problema técnico fue la iluminación, en el interior de las minas. Se empleó la vela, que era extraída del sebo de la res.¹¹

En el presente trabajo no explicaremos los problemas técnicos de amalgamación del mineral¹² y de la máquina de vapor.

Los novohispanos del siglo XVIII, se preocuparon por mejorar las condiciones de las minas, uno de ellos fue Francisco Xavier Gamboa¹³ elaboró los Comentarios a las Orde-

¹⁰.- López., Op.Cit., p.102.

¹¹.- Hadley, Op. Cit., p.124; y conversación oral con el lic. Abraham Rivera. En las minas inglesas se solucionó el problema de la iluminación entre los años de 1813-1815, con la invención de la lámpara creada por Humphy Davy, George y el Dr. Clanny, Vid., Ashton, T.S., La Revolución industrial 1760-1830., p.79-80.

¹².- El método más desarrollado fue el de patio y se empleó a partir del siglo XVI, en el distrito de Real del Monte y Pachuca por Bartolomé de Medina. Vid., Randall, R.W., Real del Monte: Una empresa minera británica en México., p.32-35.

¹³.-Francisco Xavier Gamboa, nació el 17 de diciembre de 1717, en Guadalajara, Nueva Galicia, ingresó en el Colegio de San Juan Bautista al fallecer su padre Antonio de Gamboa oidor de la Audiencia de Nueva Galicia, en 1773 estudio en el Colegio de San Ildefonso en México su protector fue José de la Mesía y Cerda.

En el colegio jesuita Gamboa estudio filosofía y jurisprudencia, recibió los grados de bachiller de artes, letras y canones, posteriormente sustento un acto académico de jurisprudencia que le valió el grado de licenciado en derecho.

La catedral de México, lo seleccionó como su abogado, en 1743 el tribunal de la Inquisición lo designó abogado de presos.

Además era Comisario de la Santa Cruzada y Cancelario de la Academia de San Carlos.

Para 1761 escribió los Comentarios a las Ordenanzas de Minas, en donde expuso la carencia que padecía las minas novohispanas, y abordó la ingeniería de minas y metalurgia.

nanzas de Minas en 1761 expuso los aspectos jurídicos de la minería, además estudió la parte científica y técnica, y señaló que la principal causa de la deplorable situación de la minería era la incapacidad técnica de los peritos.¹⁴

En 1774, Joaquín Velázquez de León y Juan Lucas de Lassaga escribieron una Representación, donde plantearon la necesidad de crear un Tribunal de Minería y fundar un Colegio o Seminario Metálico.¹⁵ La organización del gremio minero, debía estar gobernado por representaciones locales y con un tribunal central en la ciudad de México. El tribunal debía administrar el banco de fomento como una escuela técnica, recibiendo un

Carlos III, lo nombró alcalde del crimen de la Audiencia de México el día 11 de abril de 1764, además ocupó el cargo de Consultor del Santo Oficio, se incorporó en 1765 a la Sociedad Económica de Amigos del País.

El 30 de noviembre de 1769, por orden de Carlos III, Gamboa viajó por segunda vez a España, para ocupar un puesto administrativo, fue oidor en la Audiencia de Barcelona de 1770 a 1773, año que regreso a la Nueva España.

En 1781, Gamboa recibió el cargo de regente de la Audiencia de Santo Domingo, regresó a México con el cargo de regente de la Audiencia de México el 17 de noviembre de 1787.

Gamboa falleció el 4 de junio de 1794. Vid.Cfr. Trabulsee, Elías., Francisco Xavier Gamboa: Un Político Criollo en la Ilustración Mexicana (1717-1794)., 169p.

¹⁴.- Gamboa, Francisco Xavier de., Comentarios a las ordenanzas de minas dedicados al católico rey, nuestro señor don Carlos III., p.229 y 247.

¹⁵.- A.G.N.M. Minería., v.11., exp.5., f.359r-442v.

real por cada marco de plata producido, contando con esta fuente de ingresos, podría reunirse el capital para la minería novohispana.¹⁶

En 1776, el virrey Bucareli reunió a seis delegados, de los reales de minas más importantes para establecer el Tribunal de Minería, fueron Velázquez de León delegado de Sultepec, fue el primer director general, encargado de la experimentación y capacitación técnica. Lassaga, representante de Bolaños, fue elegido administrador general. Los tres diputados generales fueron: Julián del Hierro, de Temascaltepec, Marcelo de Anza de Zacatecas, Tomás de Liceaga, de Guanajuato y Aniceto del Barrio, delegado de Taxco fue nombrado gerente administrativo.¹⁷

El Tribunal de Minería publicó un nuevo Código de Minas en 1783, su objetivo era fomentar la producción de la plata: los derechos de patente sobre los descubrimientos, el contrato de los aviadores, la remuneración de la mano de obra y la medición interior de las minas.

En 1784, el Tribunal estableció el banco con una inversión de 1 204 903 pesos. El virrey intervino para impedir mayores inversiones.

En 1786, Velázquez de León y Lassaga fallecieron,¹⁸ el virrey nombró como sustitutos de manera interina a Antonio Bassoco y Antonio Barroso. Carlos III nombró a Fausto de

¹⁶.- A.G.N.M., Minería., v.11., Exp.5., f.379r-395v.

¹⁷.- Brading, Op.Cit., p.225; y Howe, Walter., The Mining guild of New Spain and its Tribunal General 1770-1821., p.46-59.

¹⁸.- A.G.N.M. Correspondencia Virreyes., v.15., f.372r.-374v.

Elhuyar como director del Tribunal y del Colegio de Minería. Fausto de Elhuyar¹⁹ llegó a la Nueva España en 1788, acompañado de científicos alemanes que ocuparían las plazas de profesores del Seminario de Minería.

El 12 de enero de 1790 Elhuyar presentó al Real Tribunal de Minería un plan de estudios. Con algunas modificaciones de acuerdo al plan original se enseñaría en el primer año matemáticas, algebra, geometría elemental, trigonometría plana y secciones cónicas.

Para el segundo año geometría práctica, subterránea, dinámica e hidrodinámica, en el tercer año, química, mineralogía y metalurgia y en el cuarto año física subterránea.

¹⁹.- Fausto de Elhuyar nació en Logroño en 1755 y falleció en 1833, químico y metalurgista, junto con su hermano Juan José descubrieron el wolfriano, en el laboratorio de química del Real Seminario de Vergara en 1783, su descubrimiento fue publicado por la Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País, se tradujo en Suecia y Alemania en 1784, la Royal Society de Londres lo traduce al inglés y lo publica en Tolosa.

En 1784 es miembro de la Sociedad de Minas de Alemania, miembro del Instituto de Berlín, Socio de la Warneriana de Edimburgo.

Además viajó a Hungría dónde estudio el método de amalgamación que descubrió Born.

Para el año de 1786 es nombrado Director General del Real Cuerpo de Minería de México, por orden de Carlos III, llegó a la Nueva España en 1788 tomó posesión de su cargo el 13 de septiembre del mismo año.

Autor de la Explotación de Minas de España, Teoría de la Amalgamación, entre otras.

En las minas del Real del Monte instaló unas bombas de su invención.

Vid. Arnaiz y Freg, Arturo., "D. Fausto de Elhuyar y de Zubice." en Revista de Historia de América, n.36., México., Agosto 1939., p. 75-96., y Rodríguez, Bornaetexea Adolfo., "Los hermanos Elhuyar. El aislamiento del wolfriano y sus relaciones secretas con la corona española." en Elementos, v.I., n.6., Puebla., Universidad Autónoma de Puebla., Ener.-Mar. 1986., p.31-41.

El Real Seminario de Minería, fue inaugurado en 1792 por el virrey Revillagigedo.²⁰

²⁰.-A.G.N.M. Correspondencia Virreyes., v.162., f.138. Sobre la fundación del Real Seminario de Minería hay una amplia bibliografía: Izquierdo, Joaquín J., "Las ciencias modernas en la primera etapa del Seminario de Minería de México." en Memorias de la Academia Mexicana de la Historia., v.XXIII., n.3., México., Jul.-Sep., 1964., p.248-270, del mismo autor La Primera Casa de las Ciencias en México. El Real Seminario de Minerías (1792-1811)., 211p. Ramírez, Santiago., Datos para la Historia del Colegio de Minería., 496p., Rubio, Mañe Ignacio., "La fundación del Real Seminario de Minería de la Nueva España, según los documentos que custodia el Archivo General de la Nación." en Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia., t.11., México., SMHCT., 1964., p. 239-272., Becerra, López José Luis., La Organización de los Estudios en la Nueva España., p.331-339., Luque, Alcaide Elisa., La Educación en la Nueva España en el Siglo XVIII., p.364-385.

FRANCISCO BATALLER Y EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA.

Antonio de León y Gama solicitó en diciembre de 1791, la cátedra de mecánica, aerometría y pirotecnia en el Colegio de Minería según el nombramiento verbal que le hizo Velázquez de León.

Fausto de Elhuyar informó en diciembre del mismo año al virrey que para formar un juicio de la capacidad de León y Gama debía presentar esté último unas lecciones que dice tener escritas, quince días después Elhuyar manifestó a Revillagigedo que los documentos que presentó León y Gama eran insuficientes para que fungiera como catedrático del Colegio de Minería.

En marzo de 1792, Elhuyar manifestó que León y Gama no remitió las Lecciones de Matemáticas y Mecánica.

La cátedra de física del Seminario de Minería fue concedida a: Francisco Antonio Bataller,²¹ que pretendió el puesto vacante de director de Minería cuando falleció Velázquez de León en 1786, y presentó un ocurso de química:²²

²¹.- Francisco Antonio Bataller nació en Granada (España), el 20 de agosto de 1751, obtuvo la prima tonsura de eclesiástico en 1774, estudio tres años en el convento de Santo Tomas, posteriormente en 1771 a 1777 curso en el Colegio de Reales Estudios de San Isidro de Madrid en donde aprendió las lenguas hebrea, latina, griega y árabe, además del estudio de gramática latina y española también aprendió la física, la matemática comprendiendo está la aritmética, la geometría, la trigonometría y el cálculo infinitesimal.

En 1771 fue catedrático de matemáticas del Colegio de Reales Estudios de San Isidro, Bataller en el año de 1777 viajó a la Nueva España, donde se ocupó de trabajos mineros.

²².- Moreno, Roberto., Ensayos de Historia y Tecnología en México., p.112

"Muy señor mio Don Francisco Antonio Bataller y Rios, hijo del Alcalde del Crimen de esta Real Audiencia don Miguel Bataller, me ha presentado un memorial solicitando, que en atención a su aptitud y meritos constantes de los documentos que acompaña a su intancia, lo recomienda a Su Magestad para que se le tenga presente al tiempo de hazerze la elección de Director del Colegio de Minería de esta Nueva España vacante por fallecimiento de don Joaquín Velázquez de León de que hé dado cuenta al Rey. Bajo estos supuestos talentos del referido Don Francisco Bataller pues tiene las calidades de Minero practico y experimentado en Minería de estos reynos, é instruido en Mathemáticas física experimental, química Docimastica y metarlugia circunstancia mui apreciables, que en la mayor parte se acreditan por las certificaciones, que ha producido, y se insertan en el adjunto testimonio. Espero que sirviendose Vuestra Excelencia hacerlo presente al Rey interponga su autorizado, influjo, a fin de que si se huviese determinado la eleccion de sujeto para dicho empleo se le coloque en otro de la misma carrera... será sin duda util este Profesor en cuya colocación me intereso eficazmente.²³

La solicitud fue remitida a Carlos III quien respondió que el nuevo director era Fausto de Elhuyar.

Sin embargo Bataller fue designado catedrático de física en 1791, como se expresa en un oficio de Bataller dirigido a Elhuyar y diputados del Real Tribunal de Minería donde agradece su nombramiento al virrey Revillagigedo con fecha del 23 de diciembre de 1791.

"Con oficio de Vuestra Señoría de [l] 28 de Noviembre de 1791, se sirve participarme lo siguiente 'Por decreto de [l] 29 de octubre ultimo conforme à lo pedido por el Señor Fiscal de [la] Real Hacienda en el expediente formado sobre profesores del Colegio Metalico, se sirvio el excelentísimo señor Virrey deferir, a la solicitud de este Tribunal sobre nombrar a Usted para el segunda clase de las quatro que compone dicho Colegio dispensandolo de la exposición y examen que para este caso dispone la ordenanza mientras que Su Magestad cuya Sobera-

²³. - Ibid., p.115-122., y A.G.N.M., Correspondencia Virreyes., v.15., f.403r.-404r.

nía se da Cuenta con los testimonios correspondientes se digna de aprobar este nombramiento'. En cuya inteligencia estoy pronto ahora y en qualquier tiempo á las ordenes de Vuestra Señoría en lo que gustare mandarme. Doy a Vuestra Señoría las rendidas gracias por el singular favor y confianza que le he merecido en otras ocaciones y en esta especialmente, con un perpetuo reconocimiento.²⁴

Una vez nombrado catedrático de física, el rey de España y el Tribunal de Minería aprobó su nombramiento en 1793.

El Tribunal de Minería solicitó a Elhuyar en 1790, una lista de instrumentos de física para su uso y enseñanza en el colegio. Elhuyar realizó una lista de instrumentos para formar el gabinete de física y se basó en la obra de Sigaud de la Fond Elementos de Física por lo que respecta a instrumentos de óptica pidió, un microscopio, prismas, lentes y vidrios.²⁵

El 2 de enero de 1792, se iniciaron los cursos en el Real Seminario de Minería, Elhuyar además pidió varios ejemplares de la obra de Sigaud de la Fond Elementos de Física Teórica y Experimental.²⁶

²⁴.- A.H.P.M., Fondo Antiquo., caja V., exp. 52., doc. 17., f.1r.

²⁵.- Minería, Informes 1789-1800., p.17

²⁶.- Ibid.- p.48-49. Al implementarse las reformas borbónicas en la Nueva España, el estado trató de aumentar su poder mediante el fomento de la riqueza nacional (la minería), y el bienestar individual (técnicos mineros), con la creación del Real Seminario de Minería, que fue un proyecto de los novohispanos que cooperaron con el estado y esté la implantó con profesores europeos. Vid. Cfr., Miranda, José., Las Ideas y las instituciones políticas mexicanas. Primera parte 1521-1820., p.146; y Alzate y Ramírez, José Antonio., Descubrimientos del carbón mineral y petróleo en México., p.7-8, 12-14, 24-35 y 47-50.

En 1793²⁷ se abrió el curso de física a cargo del profesor Bataller, y se construyeron aparatos para la clase a cargo del carpintero Pedro de la Chausse y el herrero Antonio Vecino y se compraron otros instrumentos a Diego de Guadalajara y se mandó pedir el libro de Mussembroek, la Física Experimental.²⁸

Al terminar los cursos en 1793, de física y matemáticas los alumnos presentaron examen sobre dinámica.²⁹

²⁷. - Antes que comenzaran los cursos de física en el Seminario de Minería, la física experimental era impartida por los colegios religiosos. Se hacían actos públicos como fue el caso del Colegio de San Francisco de Sales en 1774, siendo profesor de filosofía Benito Díaz de Gamarra.

En 1790, en el Real Colegio de San Ignacio, en Querétaro. Se realizó un acto público, dedicado al virrey Revillagigedo, en español y pronunció un discurso Pedro Septien alumno del Real Seminario de San Francisco, sobre la utilidad de la física en las ciencias.

El examen lo realizaron: José Antonio Cabeza de Baca, sobre la figura de la Tierra; Nicolás Enríquez, sobre óptica " dio razón de la luz, su origen, la causa de los colores, las leyes inmutables de su propagación fuera del ojo, el modo con que en este se pintan las imágenes, las leyes de la reflexión en los espejos planos, cóncavos y cilíndricos, las leyes de la refracción, y el modo con que obran en las lentes, Microscopios, Telescopios, Polomoscopios, Linterna mágica, y el órgano de la vista." Mariano Barbero, sobre hidrostática; José Estanislao Septien. sobre pneumática; Pedro Septien, sobre mecánica y Mariano Joaquín Tagle, sobre electricidad. Vid., Gazeta de México, t.IV., n.15., México., Imp. de Felipe Zúñiga y Ontiveros., 20 de Julio de 1790., p.143.

²⁸. - Ramos, Lara María de la Paz., Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el Siglo XVIII., p.33

²⁹. - Minería, Op. Cit., p.109.

Para 1794, Bataller compró espejos, vidrios de cristal, un Tratado de Geometría Subterránea y Tratados de Física. Al finalizar los cursos de física en diciembre, los alumnos presentaron examen sobre dinámica e hidrodinámica.³⁰

En 1795, Bataller empezó a escribir, un libro de texto para la enseñanza de la física, y en ese año se impartió los cursos de hidrostática, aerometría, estática, dinámica y óptica. Se realizaron actos públicos en octubre sobre las materias correspondientes, además de las propiedades generales de los cuerpos.³¹ Al finalizar, el curso de física en el año de 1796, los alumnos presentaron examen sobre las propiedades de los cuerpos, aerometría, estática, dinámica, hidrostática y óptica.³²

En el mes de octubre de 1797, se realizaron actos públicos de física, los alumnos disertaron sobre propiedades generales de los cuerpos, dinámica, estática, hidráulica, hidrostática, aerometría, electricidad, magnetismo, meteorología, astronomía, sistemas planetarios, óptica y propiedades generales del calor.³³

³⁰.- Ibid., p.119.

³¹.- Ibid., p.119.

³².- Ibid., p.138.

³³.- Ibid., p.144.

Para 1798, se abren los cursos de óptica, electricidad, astronomía y cálculo infinitesimal.³⁴ Los alumnos presentaron examen de física, sobre propiedades generales de los cuerpos, aerometría, dinámica, estática e hidráulica.³⁵

De nueva cuenta en 1799 se hizo una lista de instrumentos para la clase de física basados en el texto de Sigaud de la Fond, dónde se piden instrumentos ópticos para probar la reflexión de la luz.³⁶

Bataller falleció el 25 de abril de 1800, su hermano Miguel Bataller notificó a Elhuyar:

"Hoy à las siete de la mañana fallecio mi hermano Francisco Antonio y lo comunico a Vuestra Señoria para su inteligencia y gobierno."³⁷

Posteriormente nos narra Elhuyar las exequias de Bataller:

" Como será por el difunto oficio del señor Don Miguel Bataller ha fallecido en la mañana de este dia su hermano Don Francisco Antonio Catedrático de Física de este Real Seminario. Esta novedad me pone en la precision de consultar a Vuestra Señoria sobre los honores que de parte de este seminario deben hacerse en las exequias de su cadaver... En aquella ocasion a invitacion de lo que practican otros Colegios y Cuerpos concurrió el duelo y entierro todo el Seminario completo del Director, Rectores, Catedraticos, Maestros y Colegiales, los primeros de luto enteró y estos ultimos con su uniforme y medias y corbatin negros, recibi en segundo, lugar del Doliente principal de la Casa a donde se fue a buscar desde

³⁴. - Izquierdo, José Joaquín., La Primera Casa de las Ciencias en México (1792-1811)., p.42 .

³⁵. - Minería, Op.Cit., p.188.

³⁶. - Ramos, Op.Cit., p.123-125

³⁷. -A.H.P.M., Fondo Antiquo., caja III., exp. 106., doc.4., f. 2r.

el Colegio y acompañandole a la Iglesia se volvió en el propio orden a dejar en su habitación."³⁸

Francisco Bataller escribió los Principios de Física Matemática y Experimental, fechado en 1802.

Su obra esta contenida en cuatro tomos:

- 1.- De las propiedades generales de los cuerpos.
- 2.- De la mecánica de los sólidos.
- 3.- De la hidrodinámica.
- 4.- De la óptica.

Cabe mencionar que el sucesor de Bataller fue Salvador Sein quien presentó un examen de oposición sobre matemáticas en 1801 y ocupó la cátedra de manera interina.³⁹

³⁸. - A.H.P.M., Fondo Antiquo., caja III., exp.106., doc. 4., f. 3r.- 3v.

³⁹. - A.H.P.M., Fondo Antiquo., caja III., exp. 106., doc. 28., f.23r.- 27r.

LA ÓPTICA EN EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA.

A partir de 1798 Bataller transmitió, extendió y aplicó su conocimiento para que sus alumnos aprendieran las teorías de la luz: la corpuscular y la ondulatoria.

El catedrático recibió un sueldo de dos mil pesos anuales y el Real Tribunal de Minería le proporcionó dinero para adquirir instrumentos de física, libros e incluso para pagar el sueldo de un escribano para que terminara su libro de texto.

En el texto de Bataller hay cuestiones de cristalografía que son importante en la minería así como el estudio del telescopio que es fundamental para la observación astronómica y desarrollar mapas cartográficos.

Bataller era físico, químico y minero, en 1791 se encontraba en el Real de Minas de Tlalpujahuá y sin duda conoció las deficiencias técnicas que imperaban en las minas.⁴⁰

En su tratado de óptica consultó la Óptica de Newton, la Dióptrica de Descartes, el Tratado de la luz y Dióptrica de Marat, los Elementos de Geometría de Thomas Simpson, una Memoria presentada por Euler en la Academia de Berlín en 1747. Así mismo mencionó a Mussembroek, Maupertuis,, Brisson, Boscovich, el abate de Rochon, Du Fay, D' Alembert, Cleareaut, Gravessande, Dollond, Keill, Kircher, Aristóteles, Römer, Short, Smith, Savit, Snellius, Tahirnausen, Jarin, Malebranche y Zahuis.

En la segunda mitad del siglo XVIII, en Europa la teoría corpuscular de la luz estaba en pugna con la teoría ondulatoria desarrollada por Huygens y retomada por Euler. Este mismo debate se manifiesta en el texto de nuestro catedrático.

⁴⁰.- Rodríguez-Sala, María Luisa., Científicos y Actividad Científica en la Zona Fronteriza del Norte de México: Algunos Aspectos de su Institucionalización., p.37-43.

Para explicar los colores Bataller - vease la figura tres -hace referencia a que la luz blanca al pasar sobre un prisma se descompone en varios colores:

" Experimento 2. Si estos rayos de luz despues que hán pasado por un prisma, se hacen pasar por otro, ó por muchos más; de qualquier modo que se coloquen, con tal que los rayos ultimos no sean paralelos á los primeros siempre se normá la misma variedad de colores que el primero.

De este experimento que se ha variado de distintas maneras deduxo Newton que la luz de cada especie de rayos era homogenea e inalterable." ⁴¹

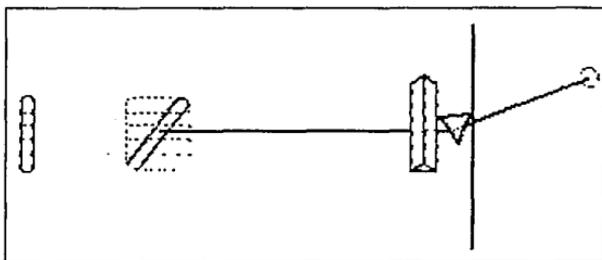


Figura 2.- La refracción de la luz, en el libro de la Óptica de Newton.

En la Óptica de Newton, lib. I, part. II, prop. II, teor. II, la cual hace referencia - vease la figura dos - que la luz del Sol consta de rayos de diferente refrangibilidad, dice:

"... coloqué un segundo prisma inmediatamente después del primero, formando una cruz con él, para que refractase de nuevo el haz de luz solar proveniente del primer prisma. El primer prisma refractaba la luz hacia arriba, y el segundo, lateralmente. Descubrir que la anchura de la imagen no aumentaba por la refracción del segundo prisma, si bien la

⁴¹.- Bataller, Francisco Antonio., Principios de Física Matemática y Experimental., p.46-47

parte superior, que en el primer prisma sufría la mayor refracción que su parte inferior que aparecía roja y amarilla, sin ninguna dilatación a lo ancho de la imagen... el Sol F el agujero de la ventana, ABC el primer prisma DH el segundo prisma, Y la imagen redonda del Sol producida por un haz directo de luz cuando se apartan los prismas, PT la imagen oblonga del Sol que proyecta la luz cuando pasa por el primer prisma solamente, al eliminar el segundo, y pt la imagen producida por las refracciones cruzadas de ambos prismas... el azul y violeta se refractaban más que el rojo y amarillo, siendo, por tanto, más refrangible... Puesto que dichas tangentes continúan siendo líneas rectas, cada uno de los círculos que el primer prisma se refractaba más o menos también se refracta... con la misma proporción en el segundo prisma... es evidente que los rayos... continúan siempre siendo homogéneos y uniformes entre sí por lo que respecta al grado de refrangibilidad...⁴²

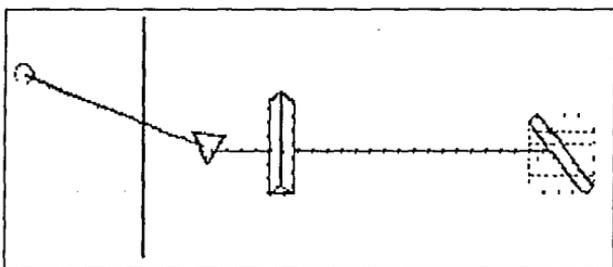


Figura 3.- La refracción de la luz, en el manuscrito Principios de Física, de Bataller.

El dibujo de Bataller, para explicar la refrangibilidad de la luz, la cual es, homogénea e inalterable lo retomo de la Óptica de Newton.

Bataller explicó la refracción con los postulados de Newton. Dice en la proposición dos:

⁴².- Newton., Op.Cit., p. 38-45.

" Cuando un rayo luminoso pasa de un intermedio mas raro a otro mas denso en dirección obliqua a una superficie plana que divide los intermedios se parta de su primera dirección acercandose á la perpendicular." ⁴³

Newton en su Óptica lib. I, part. I, axioma IV, dice que:

" 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." ⁴⁴

De igual manera explicó Bataller la reflexión en la proposición uno:

" Si un rayo de luz cae sobre un espejo, plano se reflexa formando el angulo de reflexion igual al de incidencia." ⁴⁵

La Óptica de Newton lib. I, part. I, axioma I, dice:

" Los ángulos de reflexión y refracción, están en el mismo plano que el ángulo de incidencia." ⁴⁶

A la vez, el catedrático de minería expuso la controversia en torno a la teoría newtoniana y ondulatoria, al cuestionar la propagación de la luz a la vez cuestionó el axioma de Newton:

" se reduce a suponer que la propagación de la luz se hace por una emisión de partículas que salen del cuerpo luminoso, es decir, á la manera que los cuerpos olorosos despiden varias partículas que llegan al olfato, así el cuerpo luminoso arroja de sí las partículas de la luz... para que esta emisión o traspaso de la luz se verifique en los cuerpos transparentes, es

⁴³.- Bataller, Op.Cit., p.90

⁴⁴.- Newton, Op.Cit., p. 13

⁴⁵.- Bataller, Op.Cit., p. 262

⁴⁶.- Newton, Op.Cit., p. 11

necesario que sus poros se hallen enfilados ó en, linea recta hacia todas direcciones." ⁴⁷

Con respecto a la teoría ondulatoria, la cuál prefirió, Bataller señaló que:

" Huygens y Malebranche... suponen que la propagación de la luz se hace por un movimiento ondulatorio, ó de vibración del Eter, esto es, suponen que hay una materia mas sutil que el ayre que llena todo el universo á la cual llaman el Eter, y que vibrándose los cuerpos luminosos causan en él un movimiento ondulatorio... Esta opinión se halla adoptada ultimamente por Eulero, y apoyada con varias razones que producen una excelente Teoría que há dado sobre esta materia." ⁴⁸

El Colegio de Minería adquirió telescopios reflectores y refractores. Los alumnos utilizaron ambos instrumentos para estudiar la bóveda celeste. Esta práctica sirvió como complemento al curso de astronomía instaurado en 1798. ⁴⁹

En la tarea ayudó Diego de Guadalajara, quien construyó las lentes necesarias para la observación.

Bataller se interesó en el problema de la aberración que mostraban los telescopios, al respecto dice lo siguiente:

" Newton hizo ver que aun quando se corrigiese la aberración de esfericidad segaría muy poco sino se corrigiese la de refrangibilidad de que seguramente pende el defecto de que se observa en los telescopios astronómicos como se dirá en su

⁴⁷.- Bataller, Op.Cit., p. 22-24., Vid. Cfr., Newton, Op.Cit., p. 40

⁴⁸.- Bataller, Op.Cit., p.25-26., Vid. Cfr., Huygens, Cristian., Treatise on Light., p. 558-560., y Euler, Leonhard., Reflexiones sobre el espacio la fuerza y la materia., p.95.

⁴⁹.- Moreno, Corral Marco A., " Telescopios utilizados en México (Siglos XVII, XVIII y XIX)." en Elementos., v.I., n.6., Puebla., Universidad Autónoma de Puebla., Ener.- Mar. 1986., p.23-30

lugar... Por él mismo trabajó mucho para conseguirla, y aun que le pareció imposible, dio sin embargo un medio que fue el de hacer unas lentes compuestas de vidrio y de agua." ⁵⁰

Mas adelante Bataller se inclinó a favor de las ventajas del telescopio acromático construido por Euler:

" Euler... le ocurrió la idea de que haciendo unas lentes compuestas de vidrio de diferente densidad, se podrían corregir las aberraciones, por lo que le dió el nombre de objetivos ó lentes acromáticas... Ha parecido conveniente hacer aquí esta digresión para que los principiantes se impongan mejor en esta materia tan difícil, y así continuaremos dando un resumen de los más interesante de estos trabajos conforme al método de Euler..." ⁵¹

Posteriormente, Bataller demostró matemáticamente que se puede corregir la aberración:

"...(la) refracción en el fint glass ó cristal de pedernal respecto á los rayos rojos es $n: N= 100:1585$ la de los medios $n: m'= 1000: 1600$, y la de los violados $n:N'=1000:1615$, Luego habiendo hecho $l= N-n$, y $q N-n$, sera $q=585$, y $q=615$.
Sustituyendo por ultimo estos valores de P,

Q-q
Q, p y q en la expresión $B= \frac{q}{p-P} x A$, sacare-

2
mos que $B= \frac{2}{3} A$. Quiere decir que siendo el

valor de B negativo, la segunda lente L, cuyo medio es B, ha de ser concava, y asi mismo la razon de B:A ha de ser la de

⁵⁰.- Bataller, Op.Cit., p. 204-205., y Vid. Cfr., Newton, Op. Cit., lib.I, part.I, prop.VIII, prob., II, p. 98-102, en donde el autor describe el telescopio reflector.

⁵¹.- Bataller, Op.Cit., p. 206-209

3:2 para que quede corregida la aberracion de refrangibilidad.

Luego en los valores hallados antes de Z' y de Z'' se habrá de mudar el signo B y quedará

$$Z' = \frac{-nAB}{qq HA - 2PHB + nAB}$$

$$\text{y } Z'' = \frac{-nHAB}{2qHA - 2pHB + nAB}. \text{ Es de advertir}$$

1. Que estos mismos valores se sacarán si desde luego se supone que la primera lente es convexa de vidrio comun, y la segunda de cristal fino, y en esta suposicion se executara un calculo semejante... 2. Que si la primera lente se supone concava de cristal, y la segunda convexa de vidrio comun, el calculo viene en substancia á ser el mismo, y la distancia focal no varia nada. 3. Que si en lugar de la razon de refracción de los rayos rojos, y de los violados se sustituye la de los medios haciendo P' = m-n, y q' = m'-n, se sacará la distancia focal correspondiente á

$$\text{estos } Z''' = \frac{-nHAB}{2q' HAB - 2p' HB + nAB}, \text{ cuyo}$$

valor resulta ser igual al del Z', y del Z''.⁵²

En el capítulo tercero titulado " De la Catoptrica " ó Reflexión de la luz, Bataller demostró su experiencia como minero al explicar la reflexión de la luz en cuerpos opacos o pulidos nos dice:

" Quando la luz dá en los cuerpos opacos se reflexa en ellos ó parece lo que llamamos reflexion que es un retroceso semejante al que observamos en los cuerpos elasticos quando chocan contra un plano dotado de elasticidad. Há enseñado la experiencia que la luz se refleja en las superficies de los cuerpos en

⁵².- Bataller, Op.Cit., p.214-216.

mucho cantidad á proporcion de su mayor pulimento, y de la mayor cantidad de poros: asi vemos que la superficie del agua y algunas piedras como el azabache forman una especie de espejos naturales.⁵³

Bataller presentó una proposición sobre la reflexión, empleando como método la experimentación.

" Si un rayo de los que cae sobre un espejo plano se reflexa formando el angulo de reflexión igual al de incidencia. En la circunferencia de un semicirculo graduado de laton ó de madera AHB se hará una ranura ahb por la qual pueda correr una platina S de laton con una abertura circular muy pequeña Z. Cerca del centro se pondrá un espejo plano de metales de modo que la superficie exterior mn coincida exactamente con el diametro AB... Hecho esto, si en el punto D se supone un alfiler ó un punzon de cuero, ese se verá dentro del espejo rs en d siempre que el arco DH sea igual al arco HE y se mire por la apertura z de la platina S... De estas definiciones y del experimento anterior se infiere que el angulo ACD será igual al angulo BCE por ser complemento á los dos angulos rectos ACH y HCB; y asi la igualdad del angulo de reflexión con el de incidencia se puede tomar indiferentemente, o bien con respecto á los angulos segundos."⁵⁴

⁵³. - Ibid., p. 260-261. El azabache, es un variedad de lignito negro, duro y compacto susceptible de pulimento; se utiliza para hacer esculturas, dijes y objetos de adorno.

El lignito es carbón fósil que no produce coque cuando se calcina; es de color pardo oscuro, sus propiedades físicas son de un tipo intermedio entre la turba y carbón bituminoso, se utiliza como combustible, aun que da relativamente poco calor y mucho humo. El azabache, susceptible de pulimento, es de una de sus variedades.

⁵⁴. - Ibid., p.262-265.

De este modo al concluir el siglo XVIII novohispano, los alumnos del Colegio de Minería tenían un excelente maestro como Bataller, y contaban con un gabinete de física en donde había instrumentos de Ramsden, Adams, Leonor y Berthoud.⁵⁵

⁵⁵.- Humboldt, Alejandro de., Op.Cit., p.99

CONCLUSIÓN.

La minería novohispana tuvo grandes problemas científicos y técnicos, para explotar la plata, ante esta situación el novohispano Federico Gamboa escribió, los Comentarios a las Ordenanzas de Minas (1761), planteó la situación minera era deplorable, por falta de técnicos.

Joaquín Velázquez de León y Juan Lucas de Lessaga elaboraron la Representación (1774), donde plantearon la necesidad de organizar a la minería con un Tribunal y un Colegio de Minería, pero ambos fallecieron y en 1786, Carlos III nombró a Fausto de Elhuyar como director de ambas instituciones mineras.

El Real Seminario de Minería abrió sus puertas en 1792, su finalidad era proporcionar técnicos para el laborío de las minas.

La cátedra de física, se impartió en 1793, con Francisco Bataller y es a partir del año de 1795, cuando empezó a escribir su libro Principios de Física y Matemática Experimental, para fines pedagógicos.

Su obra consta de cuatro tomos y quedó inconclusa al sorprenderlo la muerte en 1800. El cuarto volumen dedicado a la óptica, nos narra el desarrollo de esta disciplina científica.

En la segunda mitad del siglo XVIII, la óptica corpuscular establecida por Newton, era desplazada por la teoría ondulatoria de Euler.

La teoría corpuscular afirmó que la propagación de la luz era en línea recta, al contrario de la ondulatoria que mencionó que se propagaba en forma de onda.

Al respecto, Bataller no fue ajeno de lo que sucedía en Europa con los nuevos planteamientos teóricos de la óptica y lo refleja en su texto, al aceptar la teoría ondulatoria propuesta por Euler.

Por primera vez en la historia de la ciencia novohispana, la enseñanza de la óptica será impartida en un colegio de laicos: el Real Seminario de Minería.

El catedrático Bataller contó con el apoyo económico de los mineros, para difundir el estudio de la óptica, para adquirir material óptico y para escribir su obra. Esto se explica por el interés, que adquirió el estudio de la física para la difusión de la ciencia y el mejoramiento de las minas novohispanas.

Bataller en el volumen de óptica de su autoría aplicó la matemática, para explicar la refracción y reflexión de la luz.

Así mismo a lo largo de su obra, hace un análisis de las teorías ópticas, ondulatoria y corpuscular. Con una explicación matemática, experimental y con dibujos.

El pensamiento científico de Bataller, esta entre dos estructuras científicas, por un lado acepta la teoría corpuscular de la luz para ciertos fenómenos ópticos y por otro la rechaza para dar cabida a la teoría ondulatoria, es decir, acepta ambas para explicar la naturaleza del fenómeno óptico.

CONCLUSIONES FINALES.

Los jesuitas en la segunda mitad del siglo XVIII, enseñaban la óptica cartesiana en sus colegios, pero nunca llegaron a escribir un texto exclusivamente de óptica. Sin embargo su aportación fue significativa en la cátedra de filosofía en donde explicaron la física moderna.

Sus obras filosófico-científico abordaron gran variedad de temas, como la teoría seminal, el atomismo, la electricidad, entre otras. Por lo anterior, los jesuitas fueron eclécticos en sus explicaciones de las teorías científicas "contemporáneas".

En la Nueva España la filosofía cartesiana perduró aproximadamente de 1680 a 1774, año en que Benito Díaz de Gamarra escribió su texto los Elementos de la Filosofía Moderna, en los que puso en crisis, los postulados cartesianos a través de la crítica a sus hipótesis. En el terreno de la óptica aceptó la teoría corpuscular newtoniana.

A diferencia de la óptica cartesiana, que explica la materia con fines heurísticos, la teoría corpuscular newtoniana esta estructurada en axiomas, experimentos y con la ayuda de la matemática más adelantada de su época.

Newton explicó la refrangibilidad de la luz mediante la descomposición de la luz solar a través de un prisma en un cuarto oscuro y observó siete colores.

El citado experimento fue practicado a lo largo del siglo XVIII, en Europa y América.

Por lo que respecta a la Nueva España, la mayoría de los científicos novohispanos lo mencionan como es el caso de León y Gama y Bataller.

Díaz de Gamarra, se apoyó en éste experimento, para criticar, la óptica cartesiana y por primera vez en la historia de la ciencia novohispana en sus Elementos hay un capítulo, dedicado al estudio de la óptica.

Gamarra explicó la óptica con fines pedagógicos a sus alumnos en la cátedra de filosofía en el Colegio de San Francisco de Sales, en la mitra de Michoacán.

En la Nueva España, el triunfo de la física newtoniana sobre la cartesiana es confirmada con el texto de Gamarra.

La física newtoniana llegó a su máximo esplendor en suelo novohispano, con la figura del ilustre científico Antonio de León y Gama. Con motivos de la aparición de la aurora boreal de 1789. Alzate, León y Gama y Rangel tuvieron una polémica sobre el citado fenómeno natural. De los tres científicos, Alzate y Rangel estuvieron de acuerdo que la aurora se forma a través de una chispa eléctrica en la atmósfera siguiendo la teoría de Mussembroek; mientras León y Gama se apoyó en la física de Newton, en su obra Disertación Física sobre la Materia y Formación de las auroras boreales (1790), siguió el léxico de Newton, es decir, utiliza a lo largo de su libro, conceptos newtonianos como teoría gravitacional, inercia, masa, espacio, tiempo y en cuanto a óptica mencionó la

refrangibilidad de la luz, para explicar la aurora boreal.

León y Gama expuso la física newtoniana y analizó el fenómeno celeste, él consultó las obras de Newton y de sus difusores, para tener un amplio conocimiento de la dinámica newtoniana.

Con la apertura del Real Seminario de Minería en 1792, se institucionalizó la ciencia novohispana y para la cátedra de física Antonio Bataller, escribió un libro que nunca llegó a la imprenta: Principios de Física Matemática y Experimental (1795-1800). En el cuarto tomo dedicado a la óptica, Bataller hace alarde de su erudición, y esta a la altura de los científicos europeos. Así mismo explica la transición de la teoría corpuscular a la teoría ondulatoria de la luz, propuesta por Euler paralelamente a lo que ocurre en Europa.

En el Colegio de Minería, se estudió la óptica, y la astronomía y por primera vez se consolidó la física como materia independiente de la cátedra de filosofía, que enseñaban los jesuitas y los filipenses.

Los ilustrados de la Nueva España tuvieron un conocimiento amplio de la física moderna, y tanto a la disponibilidad de un material bibliográfico, de los científicos europeos contemporáneos como las polémicas que se suscitaron para explicar la aurora boreal, todo ello les permitió elaborar investigaciones y aplicar las teorías físicas en los fenómenos del cosmos.

Además contaron con diferentes telescopios que les facilitaron el obtener un conocimiento aceptable de la naturaleza, a través de la observación, la experimentación y la matemática. Con esta nueva

metodología rompieron con la filosofía escolástica y con la cosmovisión cartesiana.

La física novohispana en la segunda mitad del siglo XVIII llegó a su máximo esplendor cuando los novohispanos aceptaron los postulados newtonianos y los aplicaron en su contexto social. Como fue el caso de Gamarra, quien expuso la manera de construir lentes para mejorar la visión de los enfermos de miopía.

A su vez, León y Gama explicó con postulados newtonianos en la aparición de la aurora boreal de 1789, mientras la población se refugiaba temerosa en las iglesias.

Con Bataller, la física newtoniana es aceptada al igual que los nuevos conocimientos en óptica realizados por Euler.

Por lo anterior consideramos que, la física novohispana del siglo XVIII tuvo en su momento grandes exponentes que difundieron y desarrollaron la física experimental, para explicar la naturaleza.

La astronomía observacional apoyada con la macromecánica newtoniana, hizo que los novohispanos escribieran tratados sobre el macrocosmos, para demostrar científicamente los fenómenos naturales.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

FUENTES PRIMARIAS.

Alzate, Juan Antonio de., " Carta al Autor de la Gazeta de Literatura al Anónimo que imprimió en las de México NN. 44 y 45 un Discurso sobre la Aurora Boreal." en Gazeta de Literatura., t.I., n.13., México., Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros., 8 de Marzo de 1790., p. 97-104.

_____, Gazeta de Literatura., t.II., n.10., México., Imp. de Felipe Zúñiga y Ontiveros., 11 de Enero de 1791., p. 75-76.

_____, " Noticia del Meteoro observado en esta ciudad en la Noche del día 14." en Gazeta de Literatura., t.I., n.6., México., imp. de Felipe Zúñiga y Ontiveros., 19 de Noviembre de 1789., p.41-43.

_____, " Novedad Literaria. Disertación (nombrada) Física, sobre la materia y formación de las auroras boreales... por D. Antonio de León y Gama &c." en Gazeta de Literatura., t.I., n.24., México., Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros., 16 de Agosto de 1790., p.16.

Bataller., Francisco Antonio., Principios de Física y Matemática Experimental., t.IV., México., 1802., (manuscrito).

Beristain de Souza, José Mariano., Biblioteca Hispano Americana Septentrional., v.I., México., Imp. de Alejandro Valdés., 1816.

" Carta de D. Francisco Rangel al Autor de la Gazeta de Literatura que contiene varias reflexiones tocantes al sistema de D. Antonio de León y Gama, y al pie de ellas ciertas Notas de un Anónimo." en Gazeta de Literatura., t.II., n.15-16., México., Imp. de Felipe Zúñiga y Ontiveros., 22 de Marzo, 5 de abril de 1791., p.117-127.

Cavo, Andrés., Suplemento a la Historia de los Tres Siglos de México durante el Gobierno Español., v.III., Pres. de Carlos María de Bustamante., México., Imp. de Alejandro Valdés., 1836.

Díaz de Gamarra y Dávalos, Johann Benedicti., Elementa Recentioris Philosophiae., v. Alternum., Mexici., Apud. Lic. Joseph Jauregui., 1774.

Gamboa, Francisco Xavier de., Comentarios a las Ordenanzas de Minas dedicados al Católico Rey Nuestro Señor don Carlos III., Madrid., S.P.I., 1761.

Gazeta de México., t.IV., n.15., México., Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros., 20 de Julio de 1790., p.143.

_____, t.IV., n.15., México., Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros., 10 de Agosto de 1790., p.148.

León y Gama, Antonio de., " Continuación del Discurso sobre la Aurora Boreal." en Gazeta de Mexico., t.III., n.45., México., Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros., Diciembre de 1789., p. 444-447.

_____, Descripción Ortographica Universal del Eclipse de Sol., México., Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros., 1778.

_____, " Discurso sobre la Luz Septentrional, que se vio en esta Ciudad el dia 14 de Noviembre de 1789 entre 8 y 9 de la noche." en Gazeta de México., t.III., n.44., Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros., 15 de Diciembre de 1789., p.432-447.

_____, Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales., México., imp. de Felipe Zúñiga y Ontiveros., 1790.

Minería Informes 1789-1800. S.P.I.

Valdés, Manuel Antonio., " Elogio histórico de Alzate." en Gazeta de México., t.IX., n.28., México., Imp. de Felipe Zúñiga y Ontiveros., 4 de Marzo de 1799., p.219-223.

_____, " Elogio histórico de Don Antonio de León y Gama." en Gazeta de México., v.XI., n.20., México., Imp. de Felipe Zúñiga y Ontiveros., 8 de Octubre de 1802., p.158-164.

FUENTES SECUNDARIAS.

Abetti, Giorgio., Historia de la Astronomía., Trad., de Alejandro Rossi., México., Fondo de Cultura Económica., 1980., (Breviario, 18).

Aceves, Patricia., "La difusión de la ciencia en la Nueva España: Polémica en torno a la nomenclatura de Linneo y Lavoisier." en Quipu., v. IV., n. 3., México., SLHCT., Sept.-Dic., 1987., p. 357-385.

_____, "La difusión de la química de Lavoisier en el Real Jardín Botánico y en el Real Seminario de Minería (1788-1810), en Quipu., v. VII., n. 1., México., SLHCT., Ene.-Abr., 1990., p. 5-36.

_____, La Difusión de la Química Moderna en el Real Jardín Botánico de la Ciudad de México., México., Tesis para optar el grado de Maestro de Historia., presentada en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM., 1989.

_____, Química, Botánica y Farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII., México., Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco., 1993., (Biblioteca: Memoria Mexicana: 2).

Alzate y Ramírez, José Antonio de., Obras I. Periódicos., ed., int., de Roberto Moreno., México., Instituto de Investigaciones Bibliográficas-UNAM., 1980., (Nueva Biblioteca Mexicana, 76).

_____, Descubrimiento del Carbón Mineral y Petróleo en México., ed. Facsímilar., Not., Pref., de José Sánchez Flores., México., SLHCT., 1988., ils., (Cuadernos de Quipu: 3).

Arboleda, Luis Carlos., "Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: El caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)." en Quipu., v. IV., n. 1., México., SLHCT., Ene.-Abr., 1987., p. 7-30.

Arnaiz y Freg, Arturo., "D. Fausto de Elhuyar y de Zubice." en Revista de Historia de América., n. 36., México., Agosto 1939., p. 75-96.

Ashton, T.S., La Revolución Industrial 1760-1830., 2ed., Trad., de Francisco Cuevas Cancino., México., Fondo de Cultura Económica., 1988., (Breviario, 25).

Babini, José., El Siglo de las Luces: Ciencia y Técnica., Buenos-Aires., América Latina., 1971., (Biblioteca Fundamental del Hombre Moderno, 10).

Bakewell, P.J., Minería y Sociedad en el México Colonial Zacatecas 1546-1700., Trad., Roberto Gómez Ciriza., México., Fondo de Cultura Económica., 1985.

Becerra, López José Luis., La Organización de los Estudios de la Nueva España., México., Universidad Nacional Autónoma de México., 1963.

Bora, Woodrow., "Un Gobierno Provincial de Frontera en San Luis Potosí (1612-1620).", en Historia Mexicana., v.XIII., n.4., México., El Colegio de México., Abr.-Jun., 1964., p.532-550.

Brading, D.A., "La minería de la plata en el siglo XVIII: el caso Bolaños." en Historia Mexicana., v.XVIII., n.3., México., El Colegio de México., Ene.-Marz., 1969., p. 317-333.

_____, Mineros y Comerciantes en el México Borbónico (1763-1810)., Trad. de Roberto Gómez Ciriza., México., Fondo de Cultura Económica., 1985.

Bravo, Ugarte José., La Ciencia en México., México., Jus., 1967.

_____, "Los jesuitas mexicanos del siglo XVIII y sus actividades en el campo de las ciencias." en Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia., v.II., México., SMHCT., 1964., p.69-82.

"Carta en elogio del Sr. D. Joaquín Velázquez de León, colegial que fue del insigne mayor y mas antiguo de Santa María de Todos los Santos de esta ciudad de México, abogado de la Real Audiencia de ella, e individuo de su ilustre colegio, catedrático, del consejo de S.M., su alcalde de corte honorario y director del importante cuerpo de Minería de este reino, escribió a un dependiente suyo D. Antonio de León y Gama." en El Museo Mexicano o Miscelánea Pintoresca de Amenidades Curiosas e Instructivas., v. IV., México., Ignacio Cumplido., 1884., p. 541-549., fechada el 6 de octubre de 1786.

Cardozo, Galué Germán., Michoacán en el Siglo de las Luces., México., El Colegio de México., 1973., (Centro de Estudios Históricos , Nueva Serie, 16).

Caso, Antonio., "Don Juan Benito Díaz de Gamarra un filósofo mexicano discípulo de Descartes." en Revista de Literatura Mexicana., año 1., n.2., México., Oct.-Dic. 1940., p.197-123.

Cassirer Ernst., La Filosofía de la Ilustración., 2 ed., Trad. de

Eugenio Imaz., México., Fondo de Cultura Económica., 1972.

Castrejón, Diez Jaime., El Sur en la Época Colonial., México., Patria-Gob. del Estado de Guerrero., 1989., (Jornadas Alarconianas).

Cohen, Bernard I., Benjamín Franklin su Aportación a la Tradición Norteamericana., Trad., de María Antonieta Baral., México., Herrero., 1965.

_____, "Isaac Newton." et. al., Newton., México., Conacyt., 1982., p.105-111.

_____, La Revolución en la Ciencia., Trad. de Daniel Zadunalsky., Barcelona., Gedisa., 1989., (Límites de la Ciencia,18).

_____, La Revolución Newtoniana y las Transformaciones de las Ideas Científicas., Trad. de Carlos Sólis., Madrid., Alianza Editorial., 1983., (Alianza Universidad, 360).

Descartes, René., Discurso del Método., Est., Int.-Anal., de Francisco Larroyo., México., Porrúa., 1984., (Sepán Cuantos, 177).

_____, Discurso del Método, Dióptrica, Meteoros y Geometría., Trad. de Guillermo Quintas., Madrid., Alfabuara., 1981.

_____, El Mundo o Tratado de la Luz., Est.-Int., Trad., y Not., de Laura Benítez Grobet., México., Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM., 1986.

Díaz de Gamarra y Dávalos Juan Benito., Academias Filosóficas, et. nal. Anuario del Instituto de Investigaciones Humanística., t.I., n.1., ed. facsímilar., México., Universidad Iberoamericana., 1973.

_____, Academias Filosóficas, et. al. Humanistas Novohispanos de Michoacán., ed. Facsímilar., Morelia., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo., 1982.

_____, Elementos de Filosofía Moderna., t.I., Pres., Trad. y Not. de Bernabé Navarro., México., Centro de Estudios Filosóficos-UNAM., 1963., (Nueva Biblioteca,6).

Díaz, Molina Libertad., "La física en Cuba a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX." en Quipu., v.VIII., n.1., México., SLHCT., Ene,-Abr., 1991., p.63-90.

Einstein, Albert., Ideas and Opinion., 2 ed., Trad., Sonja Bargmann., New-York., Crown Publishers., 1954.

., Sobre la Teoría Especial y la Teoría General de la Relatividad. El Significado de la Relatividad., Trad., de Miguel

Paredes Larrueca-Albino Arenas Gómez., México., Planeta., 1985., (Obras Maestras del Pensamiento Contemporáneo: 1).

Espinosa, Sánchez Juan Manuel y Patricia Aceves., " La evolución de la óptica novohispana a finales del siglo XVIII: Controversias en torno a la óptica de Newton." Ponencia presentada en el I Congreso Iberoamericano de Docentes e Investigadores en Historia de la Educación Latinoamericana, dentro del Simposio: La Introducción de las Ideas Ilustradas en América Latina, celebrado en la Ciudad de Santa Fé de Bogotá, Colombia, en septiembre de 1992. 14p.

., " Un científico newtoniano en la Nueva España del ultimo tercio del siglo XVIII: Antonio de León y Gama." Ponencia presentada en el III Congreso Latinoamericano y III Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, dentro del Simposio: Newton en América, celebrado en la Ciudad de México, el 15 de enero de 1992., 15p.

Estrada, Jesús., Música y Músicos de la Época Virreinal., prol., rev., y not., de Andrés Lira., México., Secretaría de Educación Pública., 1973., ils., (Sep/Setentas:95).

Euler, Leonhard., Reflexiones sobre el Espacio la Fuerza y la Materia., Int., Sel., Trad. y Not., de Ana Rioja., México., Secretaría de Educación Pública-Alianza Editorial., 1985., (Libro de Bolsillo, 1100).

Fernández del Castillo, Francisco., " El doctor don José Ignacio Bartolache, médico. escritor e innovador." en Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología., v.II., México., SMHCT., 1964., p.207-220.

., "La inquieta vida del doctor Bartolache." en El Médico., año 6-7., n.12,1., México., Mar.- Abr., 1957., p. 49-56, p.54-62.

Ferraz, Fayos Antonio., Teorías sobre la Naturaleza de la Luz de Pitágoras a Newton., Prol. de Carlos Paris Amador., Madrid., Dossat., 1974.

Flores, Salinas Berta., "El paso de Venus." en Historia Mexicana, v.IX., n.4., México., El Colegio de México., Abr.-Jun., 1960., p.582-585.

Gonzalbo, Pilar., El Humanismo y la Educación en la Nueva España., México., Secretaría de Educación Pública- Ediciones el Caballito., 1985., (Biblioteca Pedagógica).

González-Casanova, Pablo., El Misoneísmo y la Modernidad Cristiana en el Siglo XVIII., México., El Colegio de México., 1948.

González, Claveran Virginia., La Expedición Científica de Malaspina en la Nueva España (1789-1794)., México., El Colegio de México., 1988.

_____, Malaspina en Acapulco., Int. de Javier Wimer, Pról. de Elías Trabulse., Doc., María Dolores Higuera., Madrid., Turner- Gob. del Estado de Guerrero., 1989., ilus.

_____, "Observaciones celestes en el México de 1791." en Historia Mexicana., v.XXXV., n.2 (138)., México., El Colegio de México., Oct.-Dic., 1985., p.197-218.

Gortari, Eli., La Ciencia en la Historia de México., 2 ed., México., Grijalvo., 1988.

Hadley., Phillip L., Minería y Sociedad en el Centro Minero de Santa Eulalia Chihuahua (1709-1750)., Trad. de Roberto Gómez Ciriza., México., Fondo de Cultura Económica., 1979.

Hazard, Paul., El Pensamiento Europeo en el Siglo XVIII., Trad. de Julián Marías., Madrid., Guadarrama., 1958., (Guadarrama de Crítica y Ensayo, 16).

Hernández, Luna Juan., José Antonio Alzate. Estudio Biográfico y Selección., México., Secretaría de Educación Pública., 1945., (Biblioteca Enciclopédica Popular. 41).

Herr, Richard., España y la Revolución del Siglo XVIII., Trad., de Elena Fernández Mel., Madrid., Aguilar., 1964.

Herrejón, Peredo Carlos., "Benito Díaz de Gamarra a través de su biblioteca." en Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas., 2 época., n.2., México., Instituto de Investigaciones Bibliográficas-UNAM., 1988., p.149-189.

_____, "Benito Díaz de Gamarra crítica sobre su física." en Humanistas Novohispanos de Michoacán., Morelia., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo., 1982., p.103-117.,

(Biblioteca de Nicolaitas Notables, 15).

Holton, Gerald y Duane H.D. Roller., Fundamentos de la Física Moderna., Trad., de Facundo José Sancho., Barcelona., Reverte., 1963.

Howe, Walter., The Mining Guild of New Spain and its Tribunal General, 1770-1821., Cambridge, Mass., Harvard University., 1949., (Harvard Historical Studies: 56).

Humboldt, Alejandro de., Ensayo Político, sobre el Reino de la Nueva España., 4 ed., Est.-Pre., Rev., del Texto., Cot., Not. y Ane., de Juan A.Ortega y Medina., México., Porrúa., 1984., (Sépan Cuantos, 39).

Huygens, Christian., Treatise on Light., Ed. Robert Maynard., Tras., Silvanus P. Thompson., Chicago., Unisersity of Chicago., 1978., (Great Books of the Western World, v.34).

Ibarra, Herrerías., María de Lourdes., José Ignacio Bartolache. La Ilustración en Nueva España., Tesis., México., Universidad Iberoamericana., 1976.

Izquierdo, Joaquín J., "Las ciencias modernas en la primera etapa del Seminario de Minería de México." en Memorias de la Academia Mexicana de la Historia., v.XXIII., n.3., México., Jul.-Sept., 1964., p.248-270.

_____, La Primera Casa de las Ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)., México., Ediciones Ciencia., 1958.

Jiménez, Francisco., "Pasos de Mercurio y Venus por el disco del Sol observados en México y California en 1769." en Boletín de Geografía y Estadística de la República Mexicana., 2 época., t.IV., México., Imp. del Gobierno., 1872., p. 94-105.

Junco de Meyer, Victoria., Gamarra o el Eclecticismo en México., Fondo de Cultura Económica., 1973.

Keeding, Ekkehart., " Las ciencias naturales en la Antigua Audiencia de Quito: El sistema de Copérnico y las leyes newtonianas." en Boletín de la Academia Nacional de Historia., v.LVII., n.152., Quito., Jul.-Dic., 1973., p.43-67.

Kepler, Johannes., Conversación con el Mensajero Sideral., Trad. Intr., de Carlos Solís Santos., Madrid., Alianza Universidad., 1984., (Libro de Bolsillo: 995).

_____, El Secreto del Universo., Trad., Int., y Not. de

Eloy Rada García., Madrid., Alianza., 1992., (Alianza Universidad:700).

King, Henry C., The History of the Telescope., Cambridge Massachusetss., Sky Publishing., 1955.

Koyré, Alexandre., Newtonian Studies., Cambridge., Harvad University., 1965.

Lafuente, Antonio y José Sala Cátala., " Ciencia y Mundo Colonial: El Contexto Iberoamericano". et.al., Ciencia Colonial en América., Madrid., Alianza., 1992., p. 13-25., (Alianza Universidad:710).

Lakatos, Imre., La Metodología de los Programas de Investigación Científica., ed. John Worall, Gregory Currie., Ver. de Juan Carlos Zapatero., Madrid., Alianza Universidad., 1983., (Alianza Universidad: 349).

Lavoisier, A.I., Tratado Elemental de Química., ed. Facsímilar., Est.-Prel., de Patricia Aceves., México., Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.,1990.

Leonard, Irving A., Don Carlos de Sigüenza y Góngora. Un Sabio Mexicano en el Siglo XVII., México., Fondo de Cultura Económica., 1984.

_____, La Época Barroca en el México Colonial., México., Fondo de Cultura Económica., 1986., (Popular, 129).

Lindberg, David C., Studies in the History of Medieval Optics., London., Variorum Reprints., 1983.

Lindberg, David C. y Geoffrey Cantor., The Discorse of Light from the Middle Ages to the Enlightenment., Los Angeles., William Andrews Clark Memorial Librerly-University of California., 1982.

López, Miramontes Alvaro., Las Minas de Nueva España en 1753., México., Instituto Nacional de Antropología e Historia., 1975., (Científica Fuentes de Historia Económica, 29).

López, Piñero José María., La Introducción de la Ciencia Moderna en España., Barcelona., Ariel., 1969.

Lovett, Cline Barbara., Los Creadores de la Nueva Física: Los Físicos y la Teoría Cuántica., Trad., de Juan Almeda., México., Fondo de Cultura Económica., 1985., (Breviario:134).

Luque, Alcaide Elisa., La Educación en la Nueva España en el

Siglo XVIII., Sevilla., Escuela de Estudios Hispano-Americanos., 1970.

Maldonado-Koerdell, Manuel., " Observaciones astronómicas en México a finales del siglo XVIII"., en Anuario del Observatorio Astronómico Nacional., México., Instituto de Investigaciones Astronómicas-UNAM., 1969., p.257-268.

Michelson, Albert A., y Edward W. Morley., " Sobre el movimiento relativo de la Tierra y el éter luminífero." et. al., La teoría de la Relatividad: Sus Orígenes e Impacto sobre el Pensamiento Moderno., 7ed., Sel. y Not. de Pearce Williams., Trad. de Miguel Parédes Larrucea., Madrid., Alianza., 1981., p.34-45., (Alianza Universidad: 62).

Mira, Guillermo., "Plata y Tecnología en la América Española del siglo XVIII: Una aproximación a los cambios productivos bajo la Ilustración." et. al., Ciencia Colonial en América., Madrid., Alianza., 1992., p.253-271., (Alianza Universidad: 710).

Miranda, José., Humboldt y México., México., Instituto de Historia-UNAM., 1962.

_____, Las Ideas y las Instituciones Políticas Mexicanas Primera Parte, 1521-1820., México., Instituto de Derecho Comparado- UNAM., 1952., (Ed. del IV Centenario de la Universidad de México, XIII).

Mondragon, Ballesteros Alfonso., La Ciencia en la Cultura de México., Toluca., Instituto Mexiquense de Cultura., 1992.

Montejano y Aguiñaga, Rafael., El Real de Minas de la Purísima Concepción de los Catorce S.L.P., 2 ed., San Luis Potosí., Academia de Historia Potosina., 1981., (Biblioteca de Historia Potosina, Serie Estudios: 14).

Morales, Francisco., Clero y Política en México (1767-1834). Algunas Ideas sobre la Autoridad, la Independencia y la Reforma Eclesiástica., México., Secretaría de Educación Pública., 1975., (Sep/Setentas: 224).

Moreno, Corral Marco A., Com., Historia de la Astronomía en México., México., Secretaría de Educación Pública-Conacyt., 1986., (La Ciencia desde México:4).

_____, " Telescopios utilizados en México (Siglo XVII,

XVIII y XIX)." en Elementos, v.I., n.6., Puebla., Universidad Autónoma de Puebla., Ener.-Mar., 1986., p.23-30.

Moreno, Roberto., Ensayo de Bibliografía Mexicana, Autores, Libros, Imprenta, Bibliotecas., 2 ed., México., Instituto de Investigaciones Bibliográficas-UNAM., 1989.

_____. , Ensayos de la Ciencia y la Tecnología en México., México., Instituto de Investigaciones Bibliográficas-UNAM., 1986., (Serie de Ciencia y la Tecnología: 2).

_____. , " Los instrumentos científicos del abate Chappe D' Autoroche." en Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, n. 4., México., SMHCT., 1974., p. 309-324.

_____. , Joaquín Velázquez de León y sus Trabajos Científicos sobre el Valle de México. 1773-1775., México., Instituto de Investigaciones Históricas-UNAM., 1977., (Serie de Historia Novohispana: 25).

_____. , Un Eclesiástico Criollo frente al Estado Borbón., México., Coordinación de Humanidades-UNAM., 1980.

Navarro, Bernabé., " Aspectos de filosofía y ciencia modernas en el pensamiento de Clavigero." Ponencia Presentada en el II Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología., México., el 29 de Agosto de 1990.

_____. , Cultura Mexicana Moderna en el Siglo XVIII., México., Facultad de Filosofía y Letras-UNAM., 1983.

_____. , La Introducción de la Filosofía Moderna en México., México., El Colegio de México., 1948.

Newton, Isaac., Isaac Newton's Paper & Letters on Natural Philosophy and Related Documents., Int. I. Bernard Cohen., Cambridge., Harvard University., 1958.

_____. , Óptica o Tratado de las Reflexiones, Refracciones, Inflexiones y Colores de la Luz., Int., Trad., Not., e Ind.-Ana., de Carlos Solís., Madrid.,Alfaguara., 1977.

_____. , Principios Matemáticos de la Filosofía Natural., Ed., Int. y Not., de Antonio Escohotado., Trad. de Antonio Escohotado y M. Saéz de Heredia., Madrid., Editora Nacional., 1982., (Clásicos para una Biblioteca Contemporánea: Pensamiento, 20).

_____, El Sistema del Mundo., Trad., Int. y Not. de Eloy Rada García., México., Alianza Editorial - Secretaría de Educación Pública., 1988., (Libro de Bolsillo, 980).

Nunis, Doyce B.J., The 1769 Transit of Venus the Baja California Observations of Jean-Baptiste Chappe d'Auteroche, Vicente Doz y Joaquín Velázquez Cárdenas de León., Los Angeles., Natural History Museum of Los Angeles County., 1982., (Baja California Travels Series, 46).

O' Gorman, Edmundo., " Papeles de D. Benito Díaz de Gamarra, siglo XVIII." en Boletín del Archivo General de la Nación., México., t. XIII., n.3., Jul.- Sep., 1942., p.407-422.

Osorio, Romero Ignacio., Historia de las Bibliotecas Novohispanas., México., Secretaría de Educación Pública., 1986., (Historia de las Bibliotecas en México: 1).

Pérez, Herrero Pedro., "El México Borbónico: ¿Un éxito fracasado?" et. al., Interpretaciones del Siglo XVIII Mexicano. El Impacto de las Reformas Borbónicas., México., Nueva Imagen., 1992., p.109-151.

Pérez- Marchand, Monelisa Lina., Dos Etapas Ideológicas del Siglo XVIII, en México a través de los Papeles de la Inquisición., México., El Colegio de México., 1945.

Popper, Karl R., Conocimiento Objetivo. Un Enfoque Evolucionista., Madrid., Tecnos., 1974., (Estructura y Función. El Porvenir Actual de la Ciencia: 40).

Priestley, Herbert Ingram., José de Gálvez Visitor - General of New Spain (1765-1771)., Berkeley., University of California., 1916.

Quiroz- Martínez, Olga Victoria., La Introducción de la Filosofía Moderna en España. El Eclecticismo Español de los Siglos XVII-XVIII., México., El Colegio de México., 1949.

Ramírez, Esteban., " Bi-biografía del Dr. Juan Benito Díaz de Gamarra y Dávalos." en Memoria y Revista de la Academia Nacional de Ciencias., t. LIX., n.3-4., México., 1964., p.255-333.

Ramírez, Santiago., Datos para la Historia del Colegio de Minería, Recogidos y Compilados en Forma de Efemerides., México., Imp. del Gobierno., 1890.

Ramos, Lara María de la Paz., Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el Siglo XVIII., Tesis.,

Facultad de Ciencias-UNAM., 1991.

Randall, R.W., Real del Monte: Una Empresa Minera Británica en México., Trad., de Roberto Gómez Ciriza., México., Fondo de Cultura Económica., 1986.

Rodríguez, Borneatexea Adolfo., " Los hermanos Elhuyar. El aislamiento del wolframio y sus relaciones secretas con la corona española." en Elementos., v.I., n.6., Puebla., Universidad Autónoma de Puebla., Ener.- Mar., 1986., p.31-41.

Rodríguez-Sala, María Luisa., Científicos y Actividad Científica en la Zona Fronteriza del Norte de México: Algunos Aspectos de su Institucionalización., México., Instituto de Investigaciones Sociales-UNAM., 1990., (Cuadernos de Investigación: 20).

Rovira, María del Carmen., Eclécticos Portugueses del Siglo XVIII y Algunas de sus Influencias en América., México., Facultad de Filosofía y Letras-UNAM., 1979.

., " El espíritu crítico y científico de Gamarra." en Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología., t. II., México., SMHCT., 1988., p.590-596.

Rubio, Mañe Ignacio., " La fundación del Real Seminario de Minería de la Nueva España, según los documentos que custodia el Archivo General de la Nación." en Memorias del Primer Coloquio Mexicano de la Ciencia., t. II., México., SMHCT., 1964., p.239-272.

Ruíz, Castañeda María del Carmen., " La tercera Gaceta de la Nueva España. Gaceta de México (1765 - 1771).", en Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas., n.6., México., Instituto de Investigaciones Bibliográficas-UNAM., Jul.- Dic., 1971., p.137-150.

Sabra, A.I., Theories of Light from Descartes to Newton., Londres., Oldbourne., 1967.

Saladino, García Alberto., " La difusión científica en el siglo XVIII: homenaje a la Gaceta de Literatura de México." en Ciencia y Desarrollo., v.XIV., n. 84., México., Conacyt., Ene.- Feb., 1989., p.93-99.

Sarrailh, Jean., La España Ilustrada de la Segunda Mitad del Siglo XVIII., Trad. de Antonio Alatorre., México., Fondo de Cultura Económica., 1981.

Semo, Enrique., Historia del Capitalismo en México., México., Era-Secretaría de Educación Pública., 1987., ilus.; (Segunda Serie, Lecturas Mexicanas, 91).

Sigüenza y Góngora, Carlos de., La Libra Astronómica y Filosófica., 2da. ed., Pres. de José Gaos., México., Instituto de Investigaciones Filosóficas- UNAM., 1984., (Nueva Biblioteca: 2).

Steffens, Henry John., The Development of Newtonian Optics in England., New York., Science History Publications., 1977.

Tanck de Estrada, Dorothy., La Ilustración y la Educación en la Nueva España., México., Secretaría de Educación Pública - Ediciones El Caballito., 1985., (Biblioteca Pedagógica).

_____, " Tensión en la torre de marfil. La educación en la segunda mitad del siglo XVIII mexicano." Et. al., Ensayos Sobre la Historia de la Educación en México., México., El Colegio de México., 1981., p.23-113.

Torre, Villar Ernesto de la ., " El colegio de estudios de San Francisco de Sales en la Congregación de San Miguel el Grande y la mitra de Michoacán." en Estudios de Historia Novohispana., v.VII., México., Instituto de Investigaciones Históricas-UNAM., 1981., P.161-198.

Trabulse, Elías., Ciencia y Religión en el Siglo XVII., México., El Colegio de México., 1974., (Centro de Estudios Históricos. Nueva Serie: 18).

_____, " Ciencia y Tecnología en la temprana ilustración mexicana"., en Diálogos., v.XVII., n.4 (100)., México., Jul.-Agos., 1981., p. 53-55.

_____, La Ciencia Perdida. Fray Diego Rodríguez un Sabio del Siglo XVII., México., Fondo de Cultura Económica., 1985. (Cuadernos de la Gaceta. 13).

_____, El Círculo Roto. Estudios Históricos sobre la Ciencia en México., Secretaría de Educación Pública - Fondo de Cultura Económica., 1982., (SEP/80, 37).

_____, Francisco Xavier Gamboa: Un Político Criollo en la Ilustración Mexicana (1717-1794)., México., El Colegio de México., 1985., (Jornadas, 109).

_____, Historia de la Ciencia en México., v.I., México., Fondo de Cultura Económica - Conacyt., 1983.

_____, Historia de la Ciencia en México., v.III., México., Fondo de Cultura Económica - Conacyt., 1985.

_____, " La obra científica de Carlos Sigüenza y Góngora 1667-1700." et. al., Ciencia Colonial en América., Madrid., Alianza., 1992., p.221-252. (Alianza Universidad:710).

_____, " Para una historia de la ciencia mexicana." en Nexos., v.V., n.49., México., Enero, 1982., p.31-35.

Vázquez, Mantecón Carmen., Historia de las Bibliotecas en Oaxaca., México., Consejo Nacional para la Cultura y las Artes., 1984.

Velázquez de León, Joaquín., Descripción de la Antigua California 1768., La Paz, Baja California Sur., Ayuntamiento de la Paz, B.C.S., 1975., (Cabildo, 2).

Westfall, Richard S., The Construction of Modern Science Mechanisms and Mechanics., Cambridge., Cambridge University., 1977.