

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE HISTORIA

Tesis para obtener el Grado de Licenciatura



HISTORIA DE LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN LA NUEVA ESPAÑA, 1768-1788

Tesista:

Ruth López Alejandre

Director:

Dr. Francisco Javier Dosil Mancilla

Dr. Salvador Jara Guerrero

Noviembre de 2005.

A la persona que me ha permitido ser quien he querido ser.

A quien siempre ha apoyado y respetado las decisiones que he tomado en la vida, aunque éstas no siempre han sido las correctas.

A quien con base en el ejemplo, paciencia y amor ha inculcado en mí los valores humanos elementales.

A la persona que más respeto, admiro y amo.

A mi padre.

AGRADECIMIENTOS.

La presente investigación es el producto de un proceso en el que han intervenido tanto los factores académicos, sociales, emotivos, económicos, etc. Debido a ello agradezco a todas las personas que durante este periodo han sido parte importante de mi vida, a todas aquellas que de manera directa o indirecta han creado un ambiente propicio para esta investigación.

En primer instancia, agradezco a mi padre por que ha creído siempre en mi, por que me ha apoyado en todos los sentidos, por su paciencia y amor de toda la vida. Agradezco a mis hermanos (Samuel, María Auxilio, Marco Antonio, Salvador y Víctor Manuel) por todo el amor que han tenido hacia mi, por compartir conmigo no sólo gran parte de la vida sino además por permitirme disfrutar de las personas más importantes de sus vidas, sus hijos, (Kevin, Alejandro, Julio, Alexa, Alondra, Diego, Denisse, Meliza y Leonardo). Agradezco de manera especial a mi hermana con quien me une un amor que va más allá del sanguíneo, que ha sido mi amiga y mi figura materna, de quien he aprendido muchas cosas que me han sido útiles en la vida, y a mi hermano Manuel quien me ha demostrado que lo imposible no existe cuando se ama y se tiene fuerza de voluntad. También agradezco a Ivonne que ha venido a darle un ambiente cálido al hogar, que con su nobleza y disponibilidad me ha hecho menos difícil la vida cotidiana.

Agradezco a mis directores de tesis, los doctores Francisco Javier Dosil Mancilla y Salvador Jara Guerrero, por toda la paciencia y compromiso que asumieron para con esta investigación. Quiero enfatizar mi agradecimiento al Dr. Dosil Mancilla quien sin conocerme se arriesgó y comprometió con este proyecto y ha tenido siempre observaciones acertadas; además de que financió parte de esta investigación y en los momentos en que tuvo que ejercer presión lo hizo. Al Dr. Jara Guerrero porque sus ocupaciones nunca han sido una limitante y siempre a estado al pendiente de la investigación y porque sus observaciones me generaron múltiples inquietudes.

Agradezco a mis amigos que se involucraron de manera directa en la investigación, principalmente a Christian Georgio Jullian Montañes quien no sólo facilitó mi instancia en la Ciudad de México sino que me apoyó de manera directa en la investigación, revisó la primera versión de esta Tesis y me dio consejos metodológicos que facilitaron la investigación y la redacción de la misma, además de que siempre impulsó un proyecto que

en primer instancia parecía muy complicado. De igual manera quiero agradecer a Juana Martínez que revisó una de las primeras versiones de la Tesis, me dio consejos metodológicos importantes que me facilitaron en mucho la investigación y la redacción y siempre tuvo tiempo y simpatía para hablar de “mis matemáticos”. También quiero agradecer a Quetzal Argueta Prado que sin importar sus labores académicas siempre se mostró disponible para buscarme, en la Ciudad de México, bibliografía y artículos indispensables para la investigación.

De igual manera, agradezco al Dr. Gerardo Sánchez quien me proporcionó un espacio en el Instituto de Investigaciones Históricas para llevar a cabo la redacción de mi tesis y puso a mi disposición todo el material bibliográfico de la biblioteca, y siempre mostró interés en los procesos de la investigación. Quiero externar mi agradecimiento a todas las personas que me atendieron amablemente en las bibliotecas, hemerotecas y archivos consultados, tanto en la Universidad Michoacana como en la Ciudad de México. También quiero dar mi agradecimiento a todos los profesores de las facultades de Historia y de Físico-matemáticas que contribuyeron en mi formación académica, principalmente al Dr. Darío Barreira, quien sin duda fue el mejor profesor que tuve en la facultad de Historia y de quien aprendí mucho, a pesar de su breve estancia, al Mtro. Álvaro Estada quien fomentó mi lado crítico de la historia y al Dr. Salvador Jara Guerrero que durante mi curso de historia de la ciencia en la facultad de Ciencias Físico-matemáticas despertó inquietudes sobre la historia de la ciencia.

También quiero agradecer a todos mis amigos, quienes siempre me han apoyado en lo académico y en todos los proyectos que he emprendido. Quiero externar mi más sincero agradecimiento a mis amigas de toda la vida: Lorena, Josefina y Yunuen Negrete, y a Gabriela Oaxaca; por todas las experiencias compartidas, por los momentos felices y tristes, por haberme permitido ser parte de sus vidas y ayudarme a crecer como persona, por su apoyo incondicional y por creer en mí siempre. También quiero agradecer a mi amiga de la infancia con quien pase momentos felices y tristes, pero que siempre procuró hacerme divertida la vida, Neima Díaz Valencia, que ya no está conmigo, pero que siempre la llevaré en mi corazón. A mis amigos de la facultad, principalmente a Vanessa Muñoz que siempre se ha preocupado por mí; agradezco a Alejandra Espino, Ixchel Morales, Dzoara López, Edith González, Tania Ávalos, Víctor Ávila, Yasmín Aparicio, Román, Ricardo,

Edgar Cortes, Alejandra Ceja, etc. por todos los momentos divertidos y los debates que formaron parte de mi proceso de formación académica. De igual manera, agradezco a mis amigos Rogelio Pulido, Jaqueline Ramos, Víctor Hugo y Orlando, que hicieron placentero el periodo de elaboración de esta tesis en el Instituto de Investigaciones Históricas. De manera especial agradezco a Juana Martínez que además me ha apoyado en los momentos críticos, de quien he aprendido muchas cosas y nos hemos divertido bastante.

Finalmente, agradezco a Erika Granja Hernández, Manuel Suárez y Christian Jullian quienes hicieron placentera mi estancia de investigación en la Ciudad de México. Agradezco de manera especial a Manuel Suárez con quien me une una amistad que va más allá del ámbito académico.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
SIGLAS	4
INTRODUCCIÓN.....	5

CAPÍTULO I

LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN EUROPA DURANTE LOS SIGLOS XVII Y XVIII

1.- LOS CIMIENTOS DE LA MATEMÁTICA MODERNA.....	19
1.1.- La geometría analítica y la geometría proyectiva-sintética.	21
1.2.- La Teoría Matemática de la Probabilidad, la Aritmética Superior y la Lógica simbólica: tres ramas olvidadas de la matemática del siglo XVII.....	25
1.3.- El cálculo infinitesimal: el máximo aporte de la matemática del siglo XVII.	29
1.4.- La matematización del Universo.	34
2.- LA MATEMÁTICA DE LA FRANCIA ILUSTRADA.....	36
2.1.- El matemático europeo más prolífico del siglo XVIII: Euler.	38
2.2.- La labor matemática de dos contemporáneos de Euler: D'Alembert y Clairaut.	40
2.3.- La matemática teórica en la época de la Revolución Francesa.	42
3.- PROPUESTAS DE SOLUCIÓN A UN VIEJO PROBLEMA: LA CUADRATURA DEL CÍRCULO.	48
4.- CONCLUSIONES.....	51

CAPÍTULO II

LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN LA NUEVA ESPAÑA HASTA 1750

1.- LOS ESTUDIOS MATEMÁTICOS EN LA NUEVA ESPAÑA: 1580-1630.	55
1.1.- De los tratados de matemática aplicada y su apartado de matemática teórica.	57
1.2.- Los tratados de matemática teórica.	59
2.- LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN LA NUEVA ESPAÑA: 1630-1680.	60
2.1.- La matemática teórica bajo la óptica de un mercedario.	51
2.2.- La matemática “pura”.	62

2.3.- La matemática “impura”.	67
2.4.- La cátedra de Astrología y Matemáticas y la tertulia científica.	71
3.- LA NUEVA ESPAÑA Y LA MATEMÁTICA : 1680-1750.....	74
3.1.- El sustento matemático de la <i>Libra Astronómica y Philosophica</i>	75
3.2.- La aplicación de la matemática en Carlos de Sigüenza y Góngora.	79
3.3.- Los matemáticos de la ciudad de Puebla.	81
3.4.- Los jesuitas novohispanos y la matemática.....	85
4.- CONCLUSIONES.....	86

CAPÍTULO III

HISTORIA DE LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN LA NUEVA ESPAÑA: 1768-1788

1.- LA ENSEÑANZA Y LA DIFUSIÓN DE LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN LA NUEVA ESPAÑA : 1768-1788.....	90
1.1.- Panorama general de la matemática en la Nueva España Ilustrada.	95
1.2.- Las instituciones y la matemática.....	94
1.3.- La prensa novohispana y la matemática.....	104
2.- LA OBRA DE UN MATEMÁTICO TEÓRICO CRIOLLO: ANTONIO DE LEÓN Y GAMA.	108
2.1.- Los novohispanos y la cuadratura del círculo.	109
2.2.- El encuentro de Antonio de León y Gama con el problema de la cuadratura del círculo.	111
2.3.- Otros novohispanos intentan cuadrar el círculo.	118
3.- LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN IGNACIO BARTOLACHE Y LA INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA CIENCIA.	119
3.1.- Las <i>Lecciones Matemáticas</i> de Ignacio Bartolache.	123
3.2.- Un matemático teórico olvidado: Agustín de Rotea.	130
3.3.- La institucionalización de la matemática.	135
4.- CONCLUSIONES.....	140
DISCUSIÓN.....	142
CONCLUSIONES.....	158

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161
ANEXOS	166

SIGLAS

AGN. Archivo General de la Nación.

HNM. Hemeroteca Nacional de México.

BNM. Biblioteca Nacional de México.

BPUM. Biblioteca Pública de la Universidad Michoacana.

HPUM. Hemeroteca Pública de la Universidad Michoacana.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito ofrecer una reflexión crítica del desarrollo de la matemática teórica¹ en la Nueva España, en específico en el periodo que va de 1768-1788, tomando en consideración tanto las cátedras impartidas en diferentes instituciones y las publicaciones correspondientes a esta ciencia, así como el contexto histórico en el que se llevaron acabo.

Hasta el momento no contamos con los elementos suficientes que nos permitan establecer un esquema del desarrollo de la matemática en la Nueva España por lo que hemos aceptado la división propuesta por Elías Trabulse para el estudio de la historia de la ciencia en México.²

- ✓ 1521-1580: Aclimatación de la ciencia medieval y renacentista.
- ✓ 1580-1630: Aparición de los primeros textos científicos elaborados en México.
- ✓ 1630-1680: Primeros textos de ciencia moderna.
- ✓ 1680-1750: Lenta difusión de las teóricas modernas.
- ✓ 1750-1810: Aceptación paulatina de los planteamientos mecanicistas.

Debido a que los programas académicos, tanto en los colegios religiosos como los de la Real y Pontificia Universidad de México y más tarde los de la Real Academia de San Carlos y los del Real Colegio de Minería, no son representativos del estado de conocimiento de la matemática teórica en la Nueva España, ya que sólo reflejan lo que oficialmente debió enseñarse y no lo que realmente se aprendió en las aulas, hemos considerado necesario, además de analizar algunos de estos programas, hacer el seguimiento de las obras de matemática teórica, tanto inéditas como impresas, elaboradas por los novohispanos en el periodo en cuestión.

Los estudiosos de la historia de la ciencia para este periodo en particular han profundizado sobre todo en la labor de dos matemáticos novohispanos: José Ignacio Bartolache y Antonio de León y Gama. Para este estudio hemos incluido el análisis de las obras de otros matemáticos que consideramos de capital importancia, aunque menos conocidos, entre ellos destacan, Agustín de la Rotea, Joseph Sáenz de Escobar Antonio de

¹Entiéndase por matemática teórica todo aquel estudio matemático que cae dentro de lo especulativo. Es decir, aquel que no corresponde a la matemática aplicada.

²Trabulse, Elías, *El círculo roto*, México, FCE/ CONACULTA/ SEP, 1984, p. 17.

Alcalá, José María Mancilla y Mariano Esparza. Los cuatro últimos interesados por los estudios de la cuadratura del círculo.³

Consideramos necesario un capítulo introductorio que caracterice y muestre cuál era el estado de la matemática en Europa, desde la Revolución científica hasta la Revolución francesa, ya que hipotéticamente los conocimientos matemáticos desarrollados y difundidos durante este periodo constituyen las influencias que recibieron los matemáticos novohispanos de la segunda mitad del siglo XVIII. Dicho capítulo se basará sobre todo en los estudios de E.T Bell sobre la matemática moderna.⁴

A pesar de la poca tradición existente en el estudio de la matemática teórica en la Nueva España, así como en la propia España, de las exigencias económicas de la colonia de una ciencia pragmática y de los cambios sociales y culturales acelerados por la introducción de las Reformas Borbónicas, los matemáticos de la segunda mitad del siglo XVIII se interesaron por la matemática teórica sin implicar un obstáculo la complejidad que adquirió y caracterizó, a lo largo del siglo, a esta ciencia.

Hasta el momento no se ha escrito una historia de la matemática teórica en México, a pesar de la importancia de esta ciencia. Lo pretendido en esta investigación es realizar el análisis del desarrollo de la matemática teórica a través de la obra de un grupo de matemáticos, así como tejer una historia social como síntesis en torno a dicha ciencia. Retomando las palabras de Lucien Febvre “...el sujeto de nuestro estudio no es un fragmento de lo real, uno de los aspectos aislados de la actividad humana, sino el hombre mismo, considerado en el seno de los grupos de que es miembro...”.⁵

Los estudios de la historia de la matemática teórica difundida en la Nueva España, realizados hasta la actualidad, están integrados en compendios de historia de la ciencia.⁶ Sin embargo, las interpretaciones de las teorías matemáticas requieren, de un estudio profundo que debido a las dimensiones y características de estos compendios todavía no se ha llevado a cabo. En cualquier caso, es necesario reconocer el valor de estos compendios,

³Propuesto por el matemático griego Antiphon en el siglo IV a.C. En términos muy elementales este problema consiste en encontrar el área exacta del círculo. En la época que nos interesa, pasó de ser exclusivamente geométrico para convertirse en aritmético, es decir, p comenzó a ser visualizado como un número irracional. Posteriormente fue estudiado desde el punto de vista analítico con el auxilio del cálculo infinitesimal.

⁴Bell E. T., *Historia de las matemáticas*, México, FCE, 1999, 653p.

⁵Febvre Lucien, *Combates por la historia*, Barcelona, Ariel, 1970, p. 41.

debido a que sin ellos careceríamos de una visión global de la historia de la ciencia en México. Además, estos compendios nos han servido de base para emprender una historia de la matemática con visión crítica.

Es importante conocer la historia de la matemática teórica, ya que durante el periodo que nos ocupa, esta ciencia daba las pautas de “modernidad”. La relación que guardó, y sigue guardando, con otras disciplinas hace de la matemática una ciencia indispensable para el desarrollo y progreso de otras ciencias. Quizá para algunos el hecho de que la matemática teórica guarde una relación un poco distante con lo práctico la hace carente de importancia, pero es de las abstracciones matemáticas, que en un inicio caen dentro de la matemática teórica, donde comienza a gestarse la utilidad práctica que tendrán en un futuro dichas abstracciones.

La historia de las ciencias es una rama relativamente joven. A pesar de que sus orígenes se remontan a la Ilustración, no fue sino hasta mediados del siglo XX que comenzó su desenvolvimiento con modelos historiográficos propios.

El intentar la construcción de un fragmento de la historia de la ciencia resulta tan interesante como la ciencia misma, de tal manera que preguntarse: Historia de la matemática ¿Para qué?, será como preguntarse: Matemática ¿Para qué?. Por otra parte, parafraseando a Henri Poincaré, *“Para prever el futuro de la matemática el verdadero método consiste en estudiar su historia y su situación actual”*. A su vez, una historia de la matemática nos permitirá un enfoque distinto de la historia de la ciencia en la nación. La inexistencia de un estudio de la matemática en el país y la demanda de los matemáticos porque se escriban las historias del desarrollo de esta ciencia en México, así como un gusto personal por la matemática nos han motivado a llevar a cabo esta investigación.

Hemos elegido el ya mencionado periodo porque constituye, para la ciencia en general y para la matemática teórica en particular, una época de grandes cambios, en donde coexistieron las tradiciones científicas clásica, renacentista y moderna, estableciéndose como dominante (que no implica que fuese la única) al finalizar el siglo XVIII la tradición científica moderna. Es decir, el periodo en cuestión representa una etapa de transición hacia la matemática moderna en la Nueva España. Dicho proceso tuvo como inicio el siglo

⁶Trabulsee, Elías, *Historia de la ciencia en México*, 4 tomos, México, FCE/ CONACyT, 1987. Por hacer mención del más representativo.

XVII, a través de la labor científica y educativa de fray Diego Rodríguez, entre otros, y culminó con la institucionalización de la ciencia, que tuvo lugar con la fundación del Real Seminario de Minería. Los artículos realizados por un grupo de novohispanos en torno al problema de la cuadratura del círculo ⁷ ponen de manifiesto la metamorfosis, que experimentó esta ciencia en el Nueva España, en la medida que se fue asimilando y aceptando, de forma heterogénea, los planteamientos teóricos realizados en Europa.

Las interrogantes que nos hemos planteado para esta investigación son las siguientes:

1. ¿Cuáles fueron las características de la matemática europea durante los siglos XVII y XVIII?
2. ¿Qué elementos caracterizaron a la matemática teórica que se estudió y difundió en la Nueva España?
3. ¿En qué proporción la matemática estudiada y difundida en el Nueva España estuvo influenciada por la matemática teórica europea?
4. ¿Cuáles fueron las ramas de la matemática teórica más estudiadas por los novohispanos?
5. ¿De qué modo la realidad novohispana influyó en la determinación de los estudios matemáticos?
6. ¿Cuál fue la importancia que adquirieron los estudios de matemática teórica en la Nueva España?
7. ¿Cuál fue la percepción que la clase gobernante novohispana tuvo de estos matemáticos?
8. ¿Cuál fue el impacto que tuvo la institucionalización de la ciencia para la matemática teórica en la Nueva España?

⁷ Joseph Sáenz de Escobar, *Geometría practica y mecánica dividida en tres tratados, el primero de medidas de tierras, el segundo de medidas de minas, el tercero de medidas de aguas*, México, 1700. Antonio de Alcalá, *Geometría fundamental: contiene los cuatro problemas hasta ahora no resueltos con práctica de las medidas de aguas y tierras*, México, 1753. Antonio de León y Gama, “Carta de don Antonio de León y Gama al autor de la Gaceta”, *Gaceta de México*, México, 27 de diciembre de 1785. José María Mancilla, “Primera y segunda carta del Dr. Mancilla sobre la quadratura del círculo”, *Mentor de Nueva Galicia*, Guadalajara, 1813. “Contestación a las objeciones de Pbro. D. Mariano Esparza sobre la cuadratura del círculo”, *Noticioso General*, México, diciembre de 1819 y enero de 1820. Mariano Esparza, “Objeciones de Pbro. D. Mariano Esparza a la cuadratura del círculo”, *Noticioso General*, México, 1819.

Las hipótesis planteadas para este estudios son las siguientes:

1. Durante el siglo XVII la matemática teórica europea experimentó una acelerada transformación que originó el establecimiento de las ramas de la matemática que permitieron el desarrollo de la matemática teórica del siglo XVIII, cuyas características generales fueron el uso del método analítico y la rigurosidad de las demostraciones.
2. Los estudios de matemática teórica en la Nueva España se concentraron en la aritmética y geometría, por su utilidad práctica como auxiliares de la gnomónica,⁸ agrimensura,⁹ cálculo del quito real, astronomía, entre otras. Debido a que la astronomía en la Nueva España de los siglos XVI, XVII y la primera mitad del siglo XVIII mantuvo un estatus de “aritmética”, la matemática fue su ciencia auxiliar por excelencia.
3. Los elementos que caracterizaron a la matemática teórica en la Nueva España de la segunda mitad del siglo XVIII oscilaron entre tres tradiciones científicas (clásica, renacentista y moderna).
4. La fundación del Real Colegio de Minería introdujo de manera definitiva la enseñanza de las ramas de la matemática más representativas de la época, el cálculo infinitesimal y la geometría analítica.

Los objetivos a alcanzar, tras el análisis de las fuentes son los siguientes:

- 1.- Ofrecer un panorama general del estado y características del conocimiento de la matemática teórica en la Europa de los siglos XVII y XVIII.
- 2.- Realizar un análisis del estado y características generales de la matemática teórica en la Nueva España, hasta la primera mitad del siglo XVIII, en donde se establezca la importancia que tuvieron la geometría y la aritmética en los tratados realizados por los matemáticos novohispanos.

⁸El arte de construir relojes de Sol. Hasta el siglo XVII todos los estudiosos de la gnomónica fueron, astrónomos. En el patio principal del ex convento jesuita de la ciudad de Morelia existe uno de estos relojes. Véase Trábulse, Elías, *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630-1680)*, pp. 225- 232.

⁹Arte de medir el área de cualquier figura plana. Moreno, Marco Arturo, *Copérnico y el heliocentrismo en México*, Guanajuato, CICSUG, 2004, p. 51.

3.- Establecer el estado de conocimiento y características de la matemática teórica durante la segunda mitad del siglo XVIII novohispano.

4.- Indagar cuál fue el impacto que tuvo para la matemática teórica la institucionalización de la ciencia, en específico a través de la fundación del Real Colegio de Minería.

Al llegar Carlos III, de la casa de los Borbones, a la cabeza del imperio español en 1759, se inició una etapa de modernización del reino, instalando una política que se ha denominado despotismo ilustrado. En la Nueva España durante el periodo de 1760 a 1821:

...se ensaya la reforma política y administrativa más radical emprendida en el imperio y se da el auge económico más importante que registrará la Nueva España. Como consecuencia de estos fenómenos la sociedad colonial padece desajustes y desgarramientos internos, se abre a las ideas modernas y busca nuevas formas de expresión a los intereses sociales, económicos, políticos y culturales que han crecido en su seno.¹⁰

El objetivo primordial de las reformas borbónicas fue la centralización del poder en la investidura real; el cerebro ejecutor de dichas reformas fue José de Gálvez. Entre los particulares la figura más afectada fue la del virrey, quien a través del establecimiento de intendencias, el nombramiento de un mariscal real para el ejército y la reforma al rango de Hacienda, vio su poder limitado en teoría a la Ciudad de México.

Otros elementos que impactaron en la sociedad novohispana fueron las constantes guerras de la Metrópoli con otras potencias europeas, como Inglaterra, lo que obligó a la monarquía española a formar un ejército para proteger a la Nueva España, su colonia más rica. Los costos del establecimiento de las milicias constituyeron un gasto económico considerable, pero el costo social y cultural fue más elevado. El ejército fue la única institución, a parte de la iglesia, a la que tuvieron libre acceso los criollos y con ello la oportunidad de hacerse de un prestigio social. A la par está la amenaza de algunas expediciones europeas de invadir el norte del virreinato, que hizo necesaria la vigilancia constante en las fronteras, hasta entonces no establecidas. También debemos hacer mención de las expediciones científicas al norte de la colonia, que tuvieron como

¹⁰Florescano, Enrique y Menegus, Margarita, “La época de las reformas borbónicas y el crecimiento económico (1750- 1808)”, *Historia general de México*, México, Colegio de México, 2000, p. 366.

propósito, entre otros, de conocer la posición exacta de la colonia y hacer un inventario de la flora, fauna, ríos, lagos, montañas, etc. Agreguemos el incipiente bandolerismo en la colonia, que dio como consecuencia que los caminos fueran inseguros. Lo señalado podría servir como esbozo del panorama político-social que se vivió en la Nueva España durante la segunda mitad del siglo XVIII.

En el contexto científico europeo, la ciencia sufrió una metamorfosis, se transformó tras una larga Revolución científica dando inicio a la ciencia moderna, que vio sus primeras luces en los trabajos astronómicos de Nicolás Copérnico y se estableció con los aportes de los científicos a la matemática, astronomía y física experimental, siendo Isaac Newton el receptor y analista de estos aportes, quien le dio a la ciencia los elementos más sobresalientes de la historia: el cálculo infinitesimal, las leyes de la dinámica y la ley de gravitación universal, y con ellas la dinámica celeste, la teoría de la retractación de la luz, entre otros. A partir de entonces la naturaleza no volvió a ser vista con los mismos ojos y el hombre como ser racional pasó a ser el rector y el centro de los estudios científicos. La matemática del siglo XVIII se caracterizó por el análisis y el complemento a los aportes ya establecidos durante el siglo XVII. También dio vida a nuevas ramas y a medida que el siglo llegó a su fin, esta ciencia tendió cada vez más a las demostraciones rigurosas, al mismo tiempo que la astronomía pasaba de su estado de astronomía mixta al de astronomía analítica.¹¹

La corte española contó con algunos de los “intelectuales ilustrados” más reconocidos, tanto españoles como franceses, entre los que figuraban el Conde de Peñaflorida, Jovellanos, Floridablanca, Campomanes, Cavanilles, Aranda, los hermanos Ulloa, los hermanos Elhuyar, entre otros, así como el regreso de algunos españoles que recibieron instrucción en otros reinos europeos, tales son los casos de Feijoo, Piquer Arrufar, Juan Meléndez Valdez, por hacer mención de los más representativos. El Conde de Peñaflorida impulsó y actualizó los estudios de la física experimental y con la ayuda de Manuel Ignacio de Altuna, organizó tertulias científicas que fueron la base para la formación de la

¹¹ Algunas de las características de la astronomía practicada durante el siglo XVII europeo fueron las observaciones sistematizadas y rigurosas combinadas con el incipiente análisis matemático; ya en el siglo XVIII el análisis matemático tomó mayor importancia y las observaciones se efectuaron como comprobación de las predicciones matemáticas; aunque esta tendencia fue común en Europa, no llegó a consolidarse sino hasta el siglo XIX, en que la matemática alcanzó niveles de complejidad elevados, así como rigurosidad en sus demostraciones.

primera sociedad económica de Amigos del País (la Sociedad Vascongada de Amigos del País). A pesar de ello no fue sino hasta 1770 que, por decreto real, las universidades españolas introdujeron la nueva filosofía y ciencia en sus planes de estudio.

En el caso de la Nueva España, al científico criollo las reformas borbónicas le proporcionaron un ambiente de relativa estabilidad que le permitió estudiar la realidad novohispana y buscar el mejoramiento de la colonia a través de la ciencia moderna. En lo que respecta a la matemática, todo parece indicar que no encontró demasiados obstáculos para ser difundida, ni siquiera en el periodo de mayor actividad de la Inquisición. Debido a la utilidad práctica llegó la matemática teórica a la Nueva España desde época temprana. Durante todo el periodo colonial fueron comunes los tratados de matemática aplicada con su apartado de matemática teórica, así como los estudios centrados en la geometría y la aritmética. Uno de los matemáticos teóricos más representativos de la época colonial fue fray Diego Rodríguez. La cátedra de Astrología y Matemáticas fundada en 1637 en la Real y Pontificia Universidad de México significó un acercamiento a la matemática europea, aunque no siempre estuvo al día. Los antecedentes inmediatos de los científicos de la segunda mitad del siglo XVIII fueron los jesuitas expatriados: Francisco Xavier Clavijero, Francisco Javier Alegre, Diego José Abad y Rafael Campoy, quienes dieron al criollo la identidad que buscaba mediante el rescate de lo antiguo y glorioso de las culturas indígenas.

A pesar de la introducción de algunas de las ideas modernas, parece ser que los estudios matemáticos sufrieron una desaceleración debido quizá a la falta de propuestas de reformas de los planes de estudios tanto de la Real y Pontificia Universidad de México como de los colegios religiosos. Además, las necesidades económicas de la colonia exigieron una ciencia pragmática que proporcionara formas más eficientes de producción. Si tomamos en cuenta que durante las décadas de 1740-1760 las ideas modernas no se encontraron con los obstáculos de la censura, de tal manera que penetraron en la Nueva España sin complicaciones; de igual forma debemos visualizar que el escaso impacto que estas ideas tuvieron en los estudios matemáticos se debió al poco tiempo e interés que los jesuitas les dedicaron. La matemática impartida por ellos siguió siendo muy elemental.

Durante la segunda mitad del siglo XVIII, los estudios de matemática teórica en la Nueva España se llevaron a cabo en un contexto de transición en la asimilación y

aceptación de los conocimientos matemáticos modernos. Los novohispanos interesados en la matemática teórica en su mayoría estudiaron en el Colegio jesuita de San Ildefonso, de la Ciudad de México, y posteriormente en la Real y Pontificia Universidad de México en donde aprendieron, por las características de las cátedras, lo más elemental de la matemática.¹² Estos matemáticos se vieron en la necesidad de recurrir a la literatura matemática europea, tanto renacentista como moderna, para elaborar sus tratados matemáticos. La institucionalización de la ciencia a través de la fundación del Real Seminario de Minería significó para la Nueva España la introducción total de la enseñanza de las ramas más importantes de la matemática moderna, el cálculo infinitesimal y la geometría analítica.

Para explicar estas y otras características en los estudios matemáticos en la Nueva España, nos proponemos hacer el análisis de la matemática teórica, tejiendo una historia social como síntesis en torno al quehacer científico de este pequeño grupo de matemáticos novohispanos. El objetivo es llevar a cabo lo que los teóricos de la historia de la ciencia, Hans Reichenbach, Gaston Bachelard, Louis Althusser, Thomas S. Kuhn, entre otros, han llamado la historia social de la ciencia, que toma en cuenta los factores económicos, políticos, sociales, culturales, las visiones colectivas e individuales de la realidad, etc.

Esta pretendida historia social engloba al enfoque externalista (económico-político) planteado, entre otros, por Boris Hessen, y la corriente de enfoque internalista o historia de las ideas científicas desarrollada, por Alexandre Koyré, entre otros. De tal manera que nos proponemos en esta investigación una historia social de la matemática teórica que concierne a la propia cultura e identidad de la Nueva España, ya que la ciencia en ella desarrollada produjo una interacción con el medio social.

Para llevar a cabo nuestra investigación hemos elaborado un modelo historiográfico basado en las fuentes que hasta ahora hemos revisado, así como en las características y

¹² Agustín de la Rotea estudió en el Colegio de San Ildefonso de Puebla y posteriormente se trasladó al Oratorio de San Felipe de Neri en San Miguel el Grande. Benito Díaz de Gamarra estudió en San Ildefonso en la Ciudad de México, posteriormente realizó una estancia en Italia de 3 años y a su regreso se instaló como director del Oratorio en San Miguel el Grande. Por su parte, Joaquín Velázquez de León, José Ignacio de Bartolache y Antonio de León y Gama, estudiaron en el Colegio jesuita de San Ildefonso de la Ciudad de México y más tarde pasaron a estudiar a la Real y Pontificia Universidad de México, siendo, posteriormente, los dos primeros catedráticos de Astrología y Matemáticas de la Universidad. Es decir, todos los matemáticos motivo central de este estudio recibieron instrucción en algún Colegio jesuita, sin implicar ello que los jesuitas hubiesen sido definitivos en su formación matemática.

necesidades de dicho estudio, sin pretender con ello limitar nuestras alternativas, sino sólo contar con una guía que nos facilite dicha investigación.

1. Inventario del estado del conocimiento matemático compartido durante el siglo XVIII, perteneciente a lo que Kuhn denomina ciencia normal. Este inventario tendrá como centro a la geometría, aritmética, álgebra, logaritmos y trigonometría, por ser las ramas de la matemática que fueron estudiadas por los novohispanos.
2. Establecer el desarrollo conceptual de la matemática teórica que entra en los parámetros de la ciencia normal, y la trayectoria temporal del estado de conocimiento público (compartido) que posiblemente va más allá del periodo de estudio. Es decir, establecer un enlace dinámico entre los antecedentes, tanto europeo como novohispano, los trabajos matemáticos de los novohispanos motivo central de este estudio y lo que representó la fundación del Colegio de Minería para la matemática. Considerando que la noción del tiempo-fenómeno, no puede ser lineal, no se tiene por que suponer que una cosa nos conduce inevitablemente a la otra, sino que se debe estar muy atento a las discontinuidades o coyunturas.
3. Estado particular del conocimiento matemático de cada uno de los novohispanos motivo central de esta investigación, a través de la consulta de fuentes de primera mano, manuscritos, borradores, correspondencia, publicaciones, entre otras.
4. Posteriormente, realizar el análisis del estado del conocimiento de la matemática teórica en dos vertientes, la matemática pública que influyó directa o indirectamente en el matemático novohispano, y su propia visión del mundo. Ambas se interceptan en el espacio-tiempo motivo de nuestro estudio.
5. Desarrollo biográfico de los matemáticos novohispanos motivo de estudio, que nos facilitará entender su entorno social, así como el impacto que tuvieron sus trabajos en la sociedad novohispana.

Las fuentes de información para realizar nuestra investigación en su mayoría son bibliográficas, entre las que destacan las obras científicas de los matemáticos novohispanos que han llegado hasta nosotros, las cuales se encuentran en la Biblioteca Nacional de México (BNM) y en la Biblioteca Pública Universitaria de la UMSNH.

Algunas de estas obras han sido reeditadas, a menudo con comentarios muy valiosos por parte de sus editores. También recurriremos a fuentes archivográficas, en específico al Rubro de Universidad del Archivo General de la Nación (AGN). Las fuentes hemerográficas de mayor importancia para este estudio son: *Gaceta de México*, *Gaceta de Madrid* y *la Gaceta de Literatura de México*, *Mercurio Volante*, así como el diario *Noticioso general* de la Cuidad de México, localizados en la Biblioteca Nacional de México (HNM); la revista de historia de la ciencia *Quipu* editada por la SMHCyT.

Hemos clasificado las fuentes bibliográficas en cuatro grupos:

1.- Las obras escritas por los personajes motivo de este estudio: *Elementa Recentioris Philosophiae* (1774) de Juan Benito Díaz de Gamarra y Dávalos, que contiene un apartado de geometría elaborado por Agustín de la Rotea titulado “Elementa Geometriae”, localizado en la Biblioteca Pública Universitaria de la UMSNH. *Libra astronómica y filosófica* (1690) de Carlos de Sigüenza y Góngora, comentada por José Gaos y editada por Bernabé Navarro (1984). *Phisica particulie* (1753) de Francisco Xavier Clavijero, reeditada por Bernabé Navarro (1984), ambas localizadas en la biblioteca de la Facultad de Filosofía “Samuel Ramos” de la UMSNH. En su mayoría las obras escritas por los matemáticos novohispanos se encuentran en la Biblioteca Nacional: *Geometría práctica y mecánica dividida en tres tratados, el primero de medidas de tierras, el segundo de medidas de minas, el tercero de medidas de aguas* (1700) de José Sáenz de Escobar, *Lecciones matemáticas que en la Real Universidad de México dictaba Don José Ignacio Bartolache* (1769) escrito por José Ignacio de Bartolache, etc. El compendio de Elías Trabulse *Historia de la ciencia en México* (1987), localizado en la biblioteca de la Facultad de Historia de la UMSNH, contiene fragmentos de textos científicos de importancia para nuestro estudio.

2.- Las obras que nos auxilien a contextualizar la época: Las cuales varían desde las historias generales de México y las obras específicas, que se encuentran en las bibliotecas de la Facultad de Historia, del Instituto de Investigaciones Históricas (IIH), Biblioteca Central y Biblioteca Pública Universitaria de la UMSNH. Incluiremos aquellas que nos ayuden a establecer el estado de conocimiento de la matemática europea de los siglos XVII

y XVIII, las cuales se localizan en las bibliotecas del área de Matemática Educativa y en la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, en la Facultad de Filosofía de la UMSNH, en el Instituto de Matemática (IMATE) de la UNAM (campus Morelia).

3.- La producción historiográfica sobre los científicos novohispanos motivo de este estudio: Es muy variada y extensa, hemos localizado algunas de estas obras en las bibliotecas de la Facultad de Historia y del IIH, en la Biblioteca Central y en la Biblioteca Pública Universitaria de la UMSNH.

4.- Sobre teoría de la historia de la ciencia: Revisaremos las existentes en las bibliotecas de las Facultades de Historia, Filosofía y Ciencias Físico-Matemáticas y la biblioteca del área de Matemática Educativa de la UMSNH. Estas obras son algunas de las escritas por autores como: Imre Lakatos, Alexandre Koyré, Thomas S. Kuhn, Paul Feyerabend, Karl Popper, Ilya Prigogine, entre otros.

Por otra parte, para cubrir los objetivos planteados por esta investigación hemos considerado adecuado dividir nuestro trabajo en tres capítulos, en los cuales estableceremos el estado de la matemática teórica tanto en Europa como en la Nueva España durante los siglos XVII y XVIII.

El primer capítulo lo hemos titulado “La matemática teórica en Europa durante los siglos XVII y XVIII”, en donde de manera muy general tratamos de establecer el estado de conocimiento de la matemática teórica en Europa durante este periodo. Partiendo de la hipótesis de Bell, sobre los siete pilares de la matemática moderna, estableciendo las características que diferencian a la matemática desarrollada durante el siglo XVII y la del siglo XVIII.

El capítulo II intitulado “La matemática teórica en la Nueva España hasta 1750”, en términos muy generales establece las características de la matemática teórica durante el periodo, también pone en evidencia que el estado de conocimiento de la matemática en la Nueva España no fue homogéneo, y fueron muy pocos los matemáticos novohispanos quienes realizaron estudios de esta ciencia guiados por las tendencias de la misma en Europa, así como la desaceleración sufrida por estos estudios durante la primera mitad del siglo XVIII. También queda de manifiesto, a grandes rasgos, que los estudios matemáticos emprendidos en la Nueva España durante la época obedecieron a las necesidades económicas y sociales de la colonia.

Y finalmente el capítulo central de esta investigación, titulado “Historia de la matemática teórica en la Nueva España: 1768-1788” establece la importancia que tuvieron las cátedras y publicaciones periódicas en el proceso de difusión de esta ciencia, durante un periodo que se ha establecido como de inicio de actualización de la ciencia. De igual manera, a través del análisis de la obra escrita de matemática teórica de algunos novohispanos, se identificó que la matemática estudiada en la Nueva España durante esta época representa un periodo de transición hacia de la matemática moderna, la cual quedo establecida con la institucionalización de la ciencia.

CAPÍTULO I

LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN EUROPA

DURANTE LOS SIGLOS XVII Y XVIII.

La matemática es uno de los saberes más antiguos desarrollados por la humanidad, ha pasado de las concepciones místico-religiosas a las abstracciones de lo racional. Desde las más antiguas civilizaciones hasta los hombres del cronológico siglo XXI han sumado sus esfuerzos para construir el todavía inconcluso cuerpo de conocimiento matemático. Los caminos por los que se han llevado a cabo los procesos de desarrollo de la matemática no han sido progresivos y menos aún constantes, han estado marcados por rupturas significativas, por aceleración y desaceleraciones, pero sobre todo por las visiones dominantes de la realidad de cada periodo histórico.

A pesar de que civilizaciones tan antiguas como la fenicia, mesopotámica, babilónica, egipcia, hindú, china, entre otras, tuvieron adelantos considerables en el álgebra, aritmética y geometría, la matemática no obtuvo su estado de racional, es decir, mantuvo una estrecha relación con concepciones mágicas, religiosas y místicas. La matemática como ciencia se fue conformando gracias a los procesos de asimilación y aceptación de la matemática recogida y reformada por los griegos y a los aportes de los europeos a partir del siglo XVI.

Aunque debemos a los algebristas italianos del Renacimiento contribuciones tan importantes, como la noción de número imaginario y los logaritmos, el inicio de cambios sustanciales y acelerados en la matemática no se dio sino hasta la tercera década del siglo XVII, tras medio siglo de aportes que fueron configurando las bases de la matemática moderna. Es indudable que los matemáticos que iniciaron tal aventura se encontraron altamente influenciados por los del Renacimiento, pero también rompieron con algunos parámetros establecidos por aquellos. Los matemáticos del siglo XVIII se encontraron con una vasta gama de ramas matemáticas iniciadas por sus predecesores inmediatos y se dieron a la labor de asimilarlas, enriquecerlas, difundirlas y ampliarlas con nuevas ramas. Su tarea consistió en trasponer las demostraciones matemáticas a campos de mayor complejidad y adaptarlas a un lenguaje universal.

Estos procesos de gestación y cambios acelerados en las concepciones matemáticas, tuvieron lugar en las sociedades europeas con un insipiente capitalismo, en donde a la vez existía una variedad de concepciones religiosas, siendo las Iglesias dominantes la católica y la protestante. Estos dos factores, el económico y el religioso además del político, serán decisivos en la formación y desarrollo de la matemática.

1.- LOS CIMIENTOS DE LA MATEMÁTICA MODERNA

Durante el siglo XVII en Europa se gestó una etapa de cambios acelerados en torno de la matemática, de tal modo que en unas pocas décadas evolucionó más de lo que se había desarrollado desde su nacimiento. En tan solo medio siglo (de 1637 a 1687), surgieron los aportes que fueron la base de la matemática moderna. Este intervalo estaría definido por la publicación de la *Geométrie* (1637) de Descartes y los *Principia* de Newton (1687). En medio siglo se pasó de la geometría euclidiana a la geometría analítica (1629-1637), caracterizada por la fusión de la geometría con el álgebra y por sus formulas generales; la arquitectura se vio altamente beneficiada con la geometría proyectiva sintética (1636-1639); el azar tomó su forma matemática en la Teoría Matemática de la Probabilidad (1654), rama del análisis combinatorio desarrollada gracias a la afición de algunos nobles en los juegos azar; la aritmética superior (1630-1665) hizo posible, dos siglos más tarde, el álgebra moderna; el cálculo infinitesimal (1666-1675) vino a agitar los conceptos de movimiento y hasta la idea de recta numérica rígida y de números enteros, al permitir el estudio de los números infinitamente pequeños; con ayuda del cálculo se visualizaron matemáticamente las leyes de la dinámica (1591-1684) y vio la luz la teoría de gravitación universal newtoniana (1666-1687); para rematar la genialidad de la época surgió la Lógica Simbólica (1665-1690). En palabras de E.T. Bell:

Estos eminentes fundadores de la matemática moderna no fueron simplemente media docena de personalidades en una multitud; sobresalían por encima de la mayoría de los que los precedieron y de los que los siguieron. Después de la vida de estos hombres fue mucho más difícil concebir una

preeminencia sobresaliente en las matemáticas, sencillamente porque la fuerza de sus métodos había elevado súbitamente el nivel de lo que es dable en matemáticas.¹

Las ramas de la matemática más explotadas en el siglo XVIII fueron la geometría analítica y sobre todo el cálculo infinitesimal, planteadas según hemos visto, en el siglo anterior. Las ecuaciones más importantes de la mecánica, la astronomía y de la física incluyeron a las diferenciales e integrales.

Estos cambios tan acelerados generaron autenticas convulsiones en las Universidades europeas, que pocas veces lograron asimilar las nuevas propuestas con la rapidez necesaria de las circunstancias. Los núcleos del desarrollo científico fueron las sociedades científicas financiadas por sus miembros (Royal Society), por algún mecenas noble (en Italia fue muy común) o por la propia corona (la Academia Francesa de Ciencia o la Academia de Berlín). En su interior, los matemáticos contaron con libertad, para el intercambio de ideas y la difusión de su trabajo. Las tres Academias de mayor importancia, que congregaron en su seno a los matemáticos más destacados de la época, fueron: La *Royal Society* de Londres, *Académie des Sciences* de París y *Societät der Wissenschaften*.

A su vez, las concepciones copernicanas del universo, adoptaron su expresión matemática con las leyes de Kepler, además de que fueron verificadas por las observaciones del Galileo y sus leyes del movimiento, para que finalmente Newton introdujera en su estudio el análisis matemático, otorgándole de una vez y para siempre, el grado de verdaderas porque lo estableció bajo los principios de la matemática, de tal manera que rompió con los paradigmas establecidos por los peripatéticos, así como con la concepción religiosa de XV siglos. Aunque en los países católicos, sobre todo en los portadores de la contrarreforma, este nuevo sistema del mundo tardó en ser aceptado, por emanar de una mente protestante y por lo tanto se consideró falso.

Los principales problemas de los que se ocuparon los matemáticos que estuvieron ligados a estas instituciones fueron: las tangentes, las series infinitas y los indivisibles; la rectificación de las curvas, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XVII; la precisión de la latitud (de extraordinaria importancia para la navegación y la astronomía) y la cuadratura del círculo, problema aún sin solución y que ya preocupó a los matemáticos

¹ Bell, E.T., *Historia de las Matemáticas*, México, FCE, 1999, p. 142.

griegos. Muchos de estos problemas fueron también de los que se ocuparon los matemáticos novohispanos del mismo periodo, como ejemplo Sáenz de Escobar, Antonio de Alcalá, Antonio de León y Gama, José María Mancilla, etc.

1.1.- La geometría analítica y la geometría proyectiva sintética

A pesar de que algunos estudiosos de la historia de la matemática han determinado el establecimiento de la geometría analítica en épocas remotas, desde Apolonio, ésta no consolidó sus bases hasta la tercera década del siglo XVII en los tratados de René Descartes y Pierre Fermat. En las décadas siguientes los planteamientos de estos dos matemáticos experimentaron modificaciones, sobre todos derivadas de la creación posterior del cálculo infinitesimal.

Las siguientes palabras de Courant y Robbins describen de manera clara la situación de la geometría en este periodo de cambios:

Durante casi dos mil años el paso de la tradición geométrica griega, retrasó la inevitable evolución del concepto de número, y el desarrollo del cálculo algebraico, que más tarde habrían de ser [una de] la[s] base[s] de la ciencia moderna[...] Mientras que la geometría griega conservaba aún un lugar destacado, el ideal griego de cristalización axiomática y de deducción sistemática, desaparece durante los siglos XVII y XVIII. Razonamientos lógicos rigurosos, a partir de definiciones claras y no contradictorias, axiomas evidentes, fueron cuestiones sin importancia para los nuevos exploradores de la ciencia matemática.²

La contribución de René Descartes (1596-1650), se desarrolló dentro de la explicación renacentista del Universo, según la cual Dios diseñó el universo bajo leyes matemáticas, de tal modo que la única manera de aproximarse a la verdad divina era a través de la matemática; pero, Descartes agregó un nuevo elemento: esa creación de Dios no pudo ser caótica sino ordenada y se mueve, bajo leyes generales. En consecuencia, traslado la idea de lo general a la matemática, derivando de ello, en 1619, un nuevo método, el de la generalización que aplicó a la resolución de los problemas de la geometría.

², Courant, Richard y Robbins, Herbert, “¿Qué es la matemática?” En Miguel Aparicio Lara (coord.), *Antología de Matemáticas*, México, UNAM, 1990, p. 13.

En 1628, estableció las bases de la geometría analítica con su descubrimiento sobre las interrelaciones entre el álgebra y la geometría, que resultaron más inteligibles mediante el uso de coordenadas en el estudio de las ecuaciones con dos incógnitas. Su aporte consistió en la representación gráfica de las ecuaciones indeterminadas. Descartes proporcionó una base geométrica al álgebra mostrando que las cinco operaciones aritméticas correspondían a construcciones sencillas de regla y compás. Con ello no intentó reducir la geometría al álgebra, sino realizar una construcción geométrica. Introdujo una notación algebraica exponencial para las potencias que interpretó geométricamente como segmentos simples y no, según los griegos, como cuadrados o cubos.³

A las curvas geométricas (recta, circunferencia y cónica) las consideró como curvas algebraicas descritas exactamente por oposición a las curvas mecánicas (cuadratriz y espiral logarítmica), que son curvas intrascendentes descritas inexactamente. Esta distinción permitió abrir el campo de las curvas permisibles y preparó el camino para una clasificación basada en la existencia de ecuaciones algebraicas. De igual manera Descartes como parte de la teoría de ecuaciones, estableció las reglas de combinación, factorización, transformación y resolución de ecuaciones, y determinó el modo de identificar las raíces racionales (cuando existen), reducir el grado de una ecuación cuando se conoce su raíz, cambiar el signo de las raíces, determinar el número posible de raíces positivas y negativas mediante la celebre regla de los signos.

Abordó el problema de las tangentes bajo el principio siguiente: una línea cualquiera variable que corta a una curva dada en un punto fijo M y en un segundo punto P variable que se aproxima indefinidamente a M, llega a ser tangente a esta curva cuando los dos puntos de intersección coinciden. Pero, una polémica sostenida con Fermat, dio origen a otros dos métodos para determinar la tangente a una curva: 1) considerándola como la posición particular de una secante que gira en torno al pie de la tangente hasta que dos de sus puntos de intersección con la curva llegan a coincidir, y 2) por una recta que gira alrededor del punto de contacto dado, hasta que el otro punto en el que aquélla corte a la curva venga a coincidir con el primero; este es el punto de vista aceptado en la actualidad.

³ Todo esto caracteriza un enfoque analítico de la geometría, pero no representa la geometría de coordenadas en su uso habitual.

Por su parte Pierre Fermat (1601-1665), uno de los matemáticos más destacados de todos los tiempos⁴ influenciado por el rescate de la obra de los matemáticos griegos, se propuso reconstruir los libros de Apolonio sobre los *Lugares Planos* a partir de la información obtenida en la *Colección matemática de Pappus*; se encontró frente al problema de circunferencias tangentes a tres circunferencias, que generalizó en términos de esferas tangentes a cuatro esferas dadas. Para el problema de lugares geométricos hizo uso del análisis de Vieta, presentando en un estilo moderno los principios fundamentales de la geometría analítica; proponiéndose someter esta teoría a un análisis general de los problemas de los lugares enunció el principio fundamental de la geometría analítica: *Cuando una ecuación contiene dos incógnitas, hay un lugar correspondiente, y el punto extremo de una de estas cantidades describe una línea recta o una curva*. De tal manera que, Fermat visualizó el extremo de una de las variables como la posibilidad de poder ocupar diversas posiciones consecutivas de manera que representara una línea, he aquí la idea de variable algebraica. A su vez, enunció que todas las ecuaciones de primer grado representan líneas rectas y concibió a los coeficientes lineales y a las coordenadas como positivos. Demostró que las ecuaciones $x^2 = y^2$ (y todas las que son homogéneas en x e y) representan una línea recta; $x^2 = By$, $y^2 = Dx$ y $b^2 \pm a^2 = By$ son parábolas; $x^2 + y^2 + 2Dx + 2dy = b^2$ es una circunferencia; $b^2 - x^2 = ky^2$ y $b^2 - 2x^2 = 2xy + y^2$ son elipses; y que $b^2 + x^2 = ky^2$ es una hipérbola.

En síntesis podemos decir que Descartes y Fermat lograron describir figuras curvas y planas (la recta, la circunferencia, la elipse, etc.) a partir de ecuaciones sencillas formadas por dos incógnitas (x, y). Esto, junto con los métodos algorítmicos que desarrollaron ambos matemáticos, de manera independiente, para ligar estrechamente la ecuación y la curva correspondientes, bastan para atribuirles, la fundación de la geometría analítica”.⁵

Aunque por caminos distintos los dos matemáticos franceses continuaron los trabajos de Vieta; Descartes comenzó por un problema de lugar geométrico a partir del cual obtuvo una ecuación de lugar, mientras que Fermat partió de una ecuación y dedujo las propiedades de la curva.

⁴ Pierre Fermat contribuyó de manera contundente a la matemática, en ramas tan variadas como: la geometría analítica, el cálculo infinitesimal, la teoría de números y la teoría de la probabilidad. Es considerado el matemático francés más importante del siglo XVII. Sus escritos fueron publicados después de su muerte con el título de *Varia opera mathenatica*.

La idea fundamental de la geometría analítica en estos dos matemáticos consistió en utilizar las ecuaciones algebraicas para estudiar y representar las curvas, esta idea marcó la fusión del álgebra con la geometría. Los matemáticos del siglo XVII se tardaron en asimilar y hacer uso de ésta, ello suscitó que algunos matemáticos se opusieran firmemente a la idea de servirse del álgebra para hacer geometría y viceversa, mientras que otros, llevaron sus críticas al extremo de insinuar que en este nuevo planteamiento se confundían los símbolos algebraicos con la geometría.

La geometría proyectivo sintética.

La geometría proyectiva sintética vio la luz como rama independiente de la matemática en 1639, producto del ingenio de Girard Desargues (1591-1661).⁶ La influencia de los escritos griegos rescatados durante el Renacimiento y los avances de los artistas en dibujo de perspectiva fueron motores indispensables para su surgimiento. La genialidad de su autor es innegable, pero la simbología que utilizó fue confusa, quizá, ello determinó que su difusión fuera muy limitada a lo largo del siglo XVII.

Desargues, al reflexionar sobre las diferentes técnicas de perspectiva (la gnomónica, la práctica de las piedras y la construcción de los cuadrantes solares), se esforzó en dar métodos universales basados en una comprensión de los fundamentos geográficos comunes a estas diferentes técnicas. Para Desargues la geometría fue el medio para simplificar y generalizar las diversas reglas gráficas utilizadas por las diferentes técnicas, mientras que la perspectiva era una aplicación directa de la geometría. Su nueva teoría geométrica de las cónicas la desarrolló en el *Borrador* (1639), donde analizó las propiedades comunes de las tres cónicas, pertenecientes a la circunferencia basándose en las propiedades de ella que se conservan por perspectiva.⁷

⁵ Collette, Jean Paul, *Historia de las matemáticas*, México, Siglo XXI, 2002, Vol. II, p. 27.

⁶ En la terminología actual, “proyectivo” quiere decir invariancia de todas las transformaciones lineales generales homogéneas bajo el grupo G y en el espacio (de 1, 2, 3, ... dimensiones) en cuestión, pero no de todas las transformaciones de todo grupo que contenga a G como subgrupo

⁷ Las ideas rectoras [de la geometría proyectiva...] son las nociones de punto y de recta en el infinito; la relación involutiva entre los puntos de un eje, o entre las rectas de un haz; la involución de cuatro puntos, inducida para la división armónica de puntos; las definiciones de polos y polares, de triángulo polar; la involución de puntos conjugados con respecto a una cónica; la definición de diámetro como el polar de un punto en el infinito; los ejes, los diámetros conjugados, las asíntotas de una cónica obtenida por proyección a partir de una circunferencia u otra cónica. Collette, *op. cit.*, p. 61

La geometría proyectiva resolvió muchos problemas de proyección, algunos de ellos gracias al teorema de Desargues, que enuncia que: *los triángulos perspectivos en el plano o en el espacio, son tales que los tres puntos de intersección de sus lados homogéneos están alineados y recíprocamente*. A pesar de que su *Borrador* tuvo poco éxito, escribió otros dos tratados sobre cónicas: *Lecciones de tinieblas* y *Manual de perspectivas dirigido a los teóricos*.

Blaise Pascal (1623-1662), el más entusiasta de todos los partidarios de Desargues y su geometría, escribió durante la adolescencia un breve texto que sirvió de base a su *Ensayo sobre cónicas*, compuesto por tres definiciones y tres lemas. “La primera definición introduce la noción de haz de rectas (ordenación de línea)... que asocia el caso de las rectas concurrentes al de las rectas paralelas. La segunda se refiere a la sección de cono y enumera los tres casos generales (elipse, hipérbola y parábola) y dos casos particulares.”⁸ En el primer lema enunció, para el caso de la circunferencia, la propiedad de alineación de tres puntos de intersección de los lados opuestos de un Hexágono inscrito. El segundo lema sostiene que el eje de un haz de planos pertenece al haz especial de rectas determinado por las intersecciones de los planos del haz con otro plano y el tercer lema es una generalidad para una cónica cualquiera del primer lema. En su *Ensayo* enumeró teoremas destinados a dar una idea precisa de la generalidad de su método. En síntesis, Pascal no sólo comprendió la importancia del estudio unitario de las cónicas, tal y como lo visualizó Desargues con la ayuda de consideraciones proyectivas, sino que intentó realizar este estudio por otro camino.

1.2.- La Teoría Matemática de la Probabilidad, la Aritmética Superior y La Lógica simbólica: tres ramas olvidadas en la matemática del siglo XVII

La teoría matemática de la probabilidad es una rama del análisis combinatorio. Desde el siglo XV los matemáticos europeos mostraron cierta preocupación por conocer cuál era la probabilidad de triunfo de un jugador cualquiera en un juego de azar. No fue hasta 1654, tras el intercambio de correspondencia entre dos eminentes matemáticos, Pierre Fermat y Blaise Pascal, que se establecieron sus fundamentos. Debido a las habilidades matemáticas

⁸ *Ibidem.*, pp. 52-53.

de Pascal, su amigo el caballero de Méré le sugirió dos problemas: el de la partida, enunciado por Pacioli,⁹ y el de los dados. Fermat asumió el desafío de resolverlos. Los dos matemáticos llegaron a soluciones originales ligadas esencialmente al análisis combinatorio.

En una carta a Fermat, Pascal planteó el siguiente problema: “... un jugador debe obtener un seis con un dado lanzado ocho veces; supongamos que después de tres lanzamientos sin éxito decide retirarse; ¿Qué porcentaje de la apuesta le corresponde?”.¹⁰

La solución que dio Fermat al problema de los puntos era válida para un número de jugadores superior a dos, quedo formulada (antes de 1636)de la siguiente manera:

$$C_n^p = \frac{n(n-1) \dots (n-p+1)}{p!}$$

Por su parte, Pascal relacionó el estudio de las propiedades con el triángulo aritmético, del cual dedujo propiedades nuevas y aplicaciones a la teoría de combinaciones y a la teoría de probabilidades. De esta manera elaboró un método de demostración, que hoy día recibe el nombre de inducción matemática.

Ni Fermat ni Pascal se molestaron en publicar sus resultados, por lo que Huygens, amigo de ambos, recopiló los problemas resueltos por estos matemáticos, agregando otros cinco resueltos por Fermat y uno por Pascal, y los publicó en 1657 en un pequeño tratado titulado *De relaociniis in ludo aleae*.

La teoría matemática de la probabilidad trasladó al análisis combinatorio del dominio de la matemática teórica al de la aplicada. Tan sólo medio siglo después desde su creación se calcularon las primeras tablas de mortandad.

⁹ Luca Pacioli en el siglo XV, enuncia el celebre problema de los puntos, que consiste en repartir equivalentemente la apuesta entre jugadores cuya destreza es igual, y que convienen en dejar la partida antes de que esta termine, con la condición de que para ganar la partida, el primero debe alcanzar un número dado de puntos, diferente para cada uno de los jugadores.

¹⁰ Collette, *op. cit.*, p. 55.

La Aritmética Superior.

La aritmética superior está considerada dentro del campo de lo discreto en la matemática. Su consolidación tuvo lugar 1630 y 1665. Aunque la propuesta de Fermat se limitó al estudio de las relaciones de las subclases de la clase de todos los enteros racionales. Esta rama de la matemática se diferencia de otras por su falta de métodos generales, de hecho es mucho más difícil idear teoremas generales en la aritmética que en el álgebra y en el análisis.¹¹

Los trabajos de Fermat sobre aritmética superior, están contenidos en sus anotaciones en los márgenes de su ejemplar de Diofanto de Bachet y en su correspondencia. Sus primeros estudios de 1638 contienen el problema: “Sea $x^2 + 2(a + b)x = a^2 + b^2$, en donde a y b son racionales. Demostrar que si x es raíz, entonces es una diferencia de dos números inconmensurables.”¹² Entre 1638 y 1644, dio a conocer las siguientes proposiciones:

1. Ningún triángulo rectángulo tiene por área un cuadrado. (Por descenso infinito)¹³
2. Las ecuaciones $x^4 + y^4 = z^4$ y $x^3 + y^3 = z^3$ son irresolubles. (Por descenso infinito)
3. Ningún número de la forma $8k - 1$ es cuadrado o suma de dos o tres cuadrados.
4. Todo número es la suma de tres números triangulares, de cuatro números cuadrados, de cinco números pentágonos, etc. (Por descenso infinito)
5. $2^n - 1$ es compuesto si n es compuesto; si n es primo es congruente con 1 módulo $2n$. Y sus divisores primos son de la forma $2nk + 1$.
6. $a^p \equiv 1 \pmod{p}$ si p es primo.
7. Cuando $n = p^2 + q^2$, y con p y q primos entre sí, n no tienen ningún divisor de la forma $4k - 1$ (demostrado por descenso infinito).¹⁴

Itard, el más destacado de los biógrafos de Fermat, supone que durante esta época, el matemático francés creó la teoría de las formas cuadráticas, al menos para la forma $x^2 + y^2$, además enunció los teoremas de factorización parcialmente erróneos, y dio a conocer, en 1643, el procedimiento de factorización por diferencia de dos cuadrados.

¹¹ Bell, E.T., *op. cit.*, p. 165. En aritmética el problema correspondiente más sencillo es el de la resolución en términos enteros de las ecuaciones de dos incógnitas con sus coeficientes enteros, y sobre él, no hay nada que se acerque a una teoría completa.

¹² Collette, *op. cit.*, p. 33.

¹³ Que está fundado en una especie de inducción inversa. En efecto, si un número goza de una propiedad específica, y se puede probar que un número inferior goza también de esa propiedad, por iteración se llega a la conclusión del absurdo de la suposición, porque los números no pueden decrecer indefinidamente.

¹⁴ Collette, *op. cit.*, pp. 33- 34.

La Lógica simbólica.

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) denominó *Calculus Ratiocinator* a la Lógica Simbólica y aunque no llegó a fundamentarla de manera sólida, sí realizó tres intentos para ello, pero no logró deslindarse de las influencias de la escolástica. Entre sus propósitos se encontró la transcripción de las reglas del silogismo a su notación, sacrificando sus mejores ideas por un deseo de reencontrar todas las reglas de Aristóteles. A pesar de que Leibniz había previsto la importancia de la lógica simbólica para toda la matemática, su idea de una matemática de la deducción, aun con sus progresos en el álgebra de clases, no fue retomada hasta el siglo XIX aunque no con el ímpetu necesario para convertir a la lógica simbólica en una de las ramas principales de la matemática, esto sucederá hasta el siglo XX. Es en *De arte combinatoria* de 1666, en donde Leibniz inició este proceso de construcción de las lógicas simbólica y matemática, si bien todavía lejos de un pensamiento definitivo, como ha enfatizado Bell:¹⁵

Aunque este[*De Arte...*] no contenía nada determinado de lógica simbólica, es el origen histórico tanto de la lógica simbólica como de la lógica matemática, ya que Leibniz imaginó la posibilidad de una ‘característica universal’ o ‘tipo de matemáticas universales’ en el que un ‘cálculo de razonamiento’ expresado con un simbolismo eficaz sujeto a reglas adecuadas de combinación elaboradas de una manera para siempre, guiarían la razón. Entonces, los errores, excepto los de hecho, no se podían deber más que a deslices de cálculo[...] la reserva que hace Leibniz se pone de manifiesto dolorosamente en las matemáticas aplicadas, en que un leve error de hecho en las hipótesis científicas puede conducir a conclusiones sin ningún valor, aunque el “cálculo de razonamiento” por el cual se deducen las conclusiones sea bueno y esté bien empleado.¹⁶

En 1679-1780 el filósofo alemán enunció en terminología corriente las propiedades principales de la suma y la multiplicación lógica, la negación, la clase mutua, y la inclusión de clases e indicó la semejanza de ciertas propiedades de inclusión de clase.

¹⁵ La primera es “la estructura formal del pensamiento deductivo investigada por el método simbólico. La lógica matemática es el razonamiento deductivo tal y como se presenta en las matemáticas; contienen mucho de lo que no aparecía en la lógica clásica, según la tradición de Aristóteles en la Edad Media, y no tienen por que ser simbólica.” *Ibíd.*, pp. 567-568.

¹⁶ *Ibíd.*, p. 568.

Sin la lógica matemática preconizada por Leibniz, el problema de la continuidad, la obra crítica del siglo XX sobre los fundamentos del análisis y, en general, de toda la matemática, hubiera sido imposible.

1.3.- El cálculo infinitesimal: el máximo aporte de la matemática del siglo XVII

La creación de manera separada y casi simultánea del cálculo infinitesimal por Isaac Newton y Gottfried W. Leibniz, significó el comienzo de una nueva era en la ciencia. Quizá ninguno de sus creadores fue conciente de todo lo que se desencadenaría a partir de este.¹⁷ Su creación exigió la asimilación de los métodos geométricos de Cavalieri y Barrow, y los métodos analíticos de Descartes, Fermat y Wallis, y estar en condiciones de comprender la relación de reciprocidad entre los problemas de las tangentes y el de las cuadraturas de las curvas bajo un método general. Además fue necesario traducir los problemas de variación, tangentes, máximos, mínimos y sumación a problemas de diferenciación e integración. Newton y Leibniz fueron los primeros en estudiar los problemas de análisis infinitesimal a través de un método general que les permitió resolver diversos problemas de geometría y física.

El cálculo infinitesimal hace uso del concepto de función, que dicho de manera imprecisa, es una relación entre variables. Además introdujo dos conceptos nuevos y complejos, la derivada y la integral definida, que requieren de una fundamentación lógica a parte de la que pudiera proporcionar al método aritmético.¹⁸

Puede considerarse a Newton (1642-1727) uno de los pilares más fuertes de la ciencia moderna, quizá más por sus aportes a la física (creador de la mecánica y la óptica) y a la astronomía (ley universal de gravitación y mecánica celeste), que por sus contribuciones a la matemática, pero sin su cálculo infinitesimal algunos de los aportes hubiesen sido imposibles. El propósito de su cálculo fue la elaboración de logaritmos que le permitieran simplificar la solución de los problemas de las tangentes, cuadratura y rectificación de

¹⁷ Este término de cálculo infinitesimal fue utilizado por primera vez por Pascal, y se refiere al cálculo diferencial y al cálculo integral.

¹⁸ El concepto de derivada estuvo íntimamente relacionado con la velocidad, tomando en cuenta que no siempre es constante; el concepto de integral definida por otra parte, está relacionado con los problemas de las áreas limitadas en su totalidad o en parte por curvas, con el cálculo de volúmenes de figuras limitadas por superficies y con la determinación de centros de gravedad de cuerpos de formas variadas.

curvas, a su vez, descubrió los principios del cálculo infinitesimal. Desarrolló tres enfoques diferentes, en donde sus aportes al concepto de derivada son significativos, pero poco hizo por el de integral definida.

Su *Analysis per aequationes numero terminorum infinitos* (escrito en 1669 y publicado en 1711), representa la introducción a su cálculo infinitesimal. Contiene los fundamentos de las series infinitas que se manipulan mediante operaciones de división y extracción de raíces. Newton tomó de la filosofía natural algunos conceptos que le fueron de utilidad para su método y para traducir su concepción cinemática de las curvas. Fue en su *Methodus fluxionum et serierum infinitarum* (1671), donde introdujo las fluxiones como concepto operacional a nivel logarítmico y donde utilizó por primera vez las coordenadas polares. Al disponer de un método general determinó los máximos y los mínimos de relaciones, las tangentes a curvas, el radio de curvatura, los puntos de inflexión y el cambio de concavidad de las curvas, su área y su longitud. También expuso su “formula de aproximación” $a_2 = a_1 - f(a_1)/f'(a_1)$.¹⁹

Entre 1665 y 1666, Newton elaboró su primer modelo del cálculo caracterizado por ideas intuitivas del movimiento, es decir, se imaginó una curva trazada por el movimiento de un punto que fluía, llamó momento a la infinitamente pequeña trayectoria descrita por el punto en un tiempo infinitamente pequeño. Y llamó fluxión al momento dividido por el tiempo infinitamente pequeño; por lo tanto, si el momento es x , su fluxión será $\dot{x}$. A pesar de considerar como una verdadera razón entre dos cantidades infinitamente pequeñas a (dx/dt) , Newton estuvo lejos de establecer el concepto de límite actualmente aceptado.

Newton en su cálculo de fluxiones, estableció la reciprocidad existente entre la diferencial y la integral, de igual manera, creó un método para obtener el área comprendida bajo diversas curvas y para la resolución de problemas que requieren sumaciones. También enunció que la integral indefinida de una suma de funciones, es la suma de las integrales de cada una de las funciones, la cual conduce al método de integración por partes.

El propósito de Newton en *De quadratura curvarum* (1676), fue fundamentar su cálculo sobre bases geométricas sólidas, por lo que hizo hincapié en la concepción cinemática de las curvas, abandonando así las cantidades infinitamente pequeñas en beneficio de una aplicación del concepto de fluxión que requirió la comparación de velocidades instantáneas

¹⁹ Es la formula actual, en donde a_2 es el primer valor aproximado y a_1 el segundo.

en la razón última de los pequeños crecimientos. Es así, como la tercera concepción de Newton se presenta en forma operacional mediante el método de las primeras y últimas razones de las cantidades, enunció y demostró el Lema I:

Las cantidades o razones de cantidades que tienden constantemente a la igualdad en un tiempo finito y que, antes del final de ese tiempo se aproximan más la una a la otra que cualquier diferencia dada, son al final iguales Las razones últimas en las que las cantidades desaparecen no son realmente las relaciones de cantidades últimas, sino los límites hacia los cuales se aproximan constantemente las razones de cantidades, que decrecen sin límite, y hacia los cuales puede aproximarse tanto como cualquier diferencial dada, pero sin sobre pasarlos o alcanzarlos antes de que las cantidades disminuyan indefinidamente.²⁰

A la vez introdujo la noción de diferencial, designada por la palabra momento, el cual es producto de una cantidad variable que llamó genita que es una aproximación al concepto de función. Las genitas según Newton son variables indeterminadas que aumentan o decrecen mediante un movimiento continuo, mientras que sus momentos son crecimientos temporales que pueden crear partículas.

De manera independiente y casi simultánea, Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)²¹ hizo su propuesta de cálculo infinitesimal. Para entender el pensamiento matemático de Leibniz, sin duda influenciado por los trabajos de sus contemporáneos, habrá que remontarse a su obra *De arte combinatoria* (1666), que le dio título de doctor en filosofía. Sus concepciones matemáticas se derivaron directamente de su álgebra del pensamiento, de

²⁰ *Ibíd.*, pp. 114- 115. En otros términos Δx y Δy son pequeños crecimientos en x e y , y dx y dy , entonces la diferencia entre las razones $\Delta y / \Delta x$ y dy / dx puede hacerse tan pequeño como se quiera eligiendo un intervalo de tiempo t suficientemente pequeño.

²¹ Leibniz fue uno de los hombres más inquietos de la historia: abogado, filósofo, matemático, diplomático, historiador, técnico, conciliador religioso, plurilingüe, etc. de carácter extrovertido, muy polémico y a veces agresivo; viajero recurrente por Europa y el medio Oriente. Caracterizado por un optimismo sin límites (afirmaba que este era el mejor de los mundos posibles y que la maldad existente era necesaria) que pretendió no sólo un lenguaje universal, sino también una Iglesia universal mediante la unión de católicos y protestantes. Su nombre quedó registrado en la historia por su filosofía basada en las monadas, por sus aportes a la matemática y por su facultad para crear símbolos matemáticos superado sólo por Euler. Creador de una calculadora que superaba por mucho la creada anteriormente por Pascal, en la que era posible realizar las cuatro operaciones básicas, cuya finalidad era servir de apoyo a los astrónomos en sus cálculos. "... concibe la idea de que podría ser posible crear un alfabeto del pensamiento humano, que combinando las letras del alfabeto y analizando las palabras obtenidas, sería posible inferir y deducir sobre todas las cosas." *Ibíd.* Collette, pp. 117- 118. La simbología que hoy día se utiliza en el cálculo infinitesimal es la creada por Leibniz, ya que era mucho más sencilla y clara que la de Newton; como ejemplo de dicha genialidad: $f(x)$,

la estrecha relación del todo y sus partes. Bajo esta idea realizó combinaciones de números naturales con la finalidad de obtener las formulas diferenciales.

Al leer los trabajos de Pascal (1673) consideró sencilla una demostración de Dettonville, que aquel no resolvió. Se trata de la determinación de la tangente mediante la diferencia de las ordenadas QR dividida por la diferencia CR, en un triángulo QRC descrito en una curva. Esta idea varias veces repetida, condujo a Leibniz al descubrimiento del cálculo infinitesimal, desarrollando una transformación general mediante la cual expresó el área de un cuadrante de círculo en términos de una serie infinita.

En el desarrollo de las propiedades de las sucesiones y de series, observó que si en una sucesión de términos $a_1, a_2, a_3, \dots$, los términos disminuyen progresivamente hasta cero, es posible utilizar el cálculo de diferencias para efectuar sumas de series infinitas. Partiendo de la sucesión de números, sostuvo que x representa el orden de los términos e y el valor de cada uno de ellos. También consideró la sucesión de los términos como los valores de y en una función y la diferencia entre dos términos cualesquiera como la diferencia entre dos valores próximos a y ; es decir, dx es siempre la diferencial de orden de dos términos, mientras dy es la primera diferencia de dos términos sucesivos.

Para representar la suma de las primeras diferenciales de una sucesión que comienza con cero, Leibniz determinó el área de un triángulo de líneas (isósceles y rectángulo) por medio de un cálculo de diferenciales determinadas, el área es: $omn.yl = y^2/2$.²² Posteriormente consiguió pasar del caso discreto a lo continuo, en que dy y dx son ahora los incrementos de una función arbitraria $f(x)$, la formula con notación actual queda de la siguiente manera: $y^2/2 = \int y dy = \int y \frac{dy}{dx} dx$. A partir de una argumentación geométrica obtuvo $x^2 = x^3/3$. Con estos resultados se sintió satisfecho y emprendió la solución del problema inverso, es decir, dada un área su diferencia debe de proporcionar una longitud.

Tomando como base el triángulo característico de Pascal y Barrow, Leibniz se dio cuenta que la determinación de la tangente de una curva depende de la razón de las diferencias de ordenadas y abscisas cuando se hacen infinitamente pequeñas. En 1680 dio una fórmula para la longitud de arco ($ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$), y el volumen de un sólido de

dx , fue el primer matemático en utilizar (.) para representar la multiplicación y en representar las proporciones $a:b=c:d$, también se le deben los signos de semejanza ($\sim$) y el de congruencia.

²² Que en la notación actual es $\int y dy = y^2/2$.

revolución obtenido por la rotación de la curva alrededor del eje de las x dado por: $V = p \int y^2 dx$.

El enfoque del cálculo infinitesimal de Leibniz está basado en el concepto de sumas y diferenciales finitas que cuando se aplican a curvas pueden llegar a ser infinitamente pequeñas. El objetivo de Leibniz no fue el establecimiento de teoremas sino la elaboración de un método mediante el cual, sin recurrir a diagramas, se pudieran determinar ciertas propiedades de las figuras por medio de un cálculo de diferencias.

Los puntos fundamentales que abordó en su *Acta su De geometría recondita et analysis indivisibium ayque infinitarum* (1684), son: "...la gran utilidad del símbolo de la sumación combinado con el de la diferenciación de la manera siguiente: $ydy = xdx$ entonces $\int ydy = \int xdx$, e inversamente, lo que traduce el carácter inverso de las operaciones $\int$ y d ... la potencia del método para representar las cantidades transcendentales que están prácticamente inexploradas."²³ En esta obra también se encuentra la ecuación de la cicloide, las diferenciales de las funciones logarítmicas y exponenciales, así como una exposición que trata de la curva y de la teoría de las envolventes.

Gracias a los hermanos Bernoulli, Jacob y Johann, el método propuesto por Leibniz, más eficaz y de simbología más apropiada que el de Newton fue bien recibido en la Europa continental; y durante el siglo XVIII varios matemáticos continuaron trabajando sus planteamientos mejorándolos considerablemente.

Aunque las concepciones de derivada e integral definida en ambos matemáticos fueron muy parecidas a las que se tienen ahora, sus concepciones de límite y función no aparecieron de manera explícita aunque sí aproximada en sus trabajos.

La polémica que se desató entre estos dos matemáticos y entre sus discípulos por la paternidad del cálculo infinitesimal, fomentó en buena medida los planteamientos matemáticos en las décadas siguientes. Los matemáticos de la época en la Europa continental, en general fieles a Leibniz, estuvieron más apegados al análisis algebraico, aunque en absoluto desatendieron el análisis geométrico. Mientras tanto, en Inglaterra los seguidores de Newton pregonaron el método geométrico, lo cual los mantuvo alejados de la vanguardia matemática durante un siglo. La polémica entre newtonianos y leibnizianos no fue la única originada en torno al cálculo infinitesimal. Ambas posturas debieron enfrentar

²³ Collette, *op.cit.*, p. 128.

por separado las críticas provenientes de otros matemáticos como Bernart Nieuwentijt, Michel Rolle y George Berkeley, que se cuestionaron los métodos que habían empleado, sobre todo por su falta de claridad.

1.4.- La matematización del Universo

Las leyes de la mecánica al igual que la teoría universal de la gravitación, están consideradas, hoy día, como base indispensable de la física clásica, pero en el siglo XVII la física aún no definía sus límites, aun no surgía tal y como hoy la concebimos, por lo que ambos aportes en la época en cuestión se encontraron en el campo de la matemática aplicada.²⁴ Durante el siglo XVII se consolidó la matematización del Universo, que eliminó lo cualitativo en la explicación del sistema del mundo otorgado por Aristóteles y retomado por los astrónomos del Renacimiento, para centrar dicha explicación en lo cuantitativo.

En este sentido puede verse como un replanteamiento de los postulados platónicos, que vinieron a imponerse en los empiristas desarrollados por los peripatéticos (seguidores de Aristóteles). Tal postura, llegó al extremo de que Galileo afirmara que si la realidad contradecía sus métodos matemáticos, entonces la realidad estaba mal. La interpretación de este periodo generó una polémica entre Koyré y Crombie.

Gracias a que Galileo introdujo una especie de contra filosofía de la ciencia: la ciencia debe buscar la descripción matemática en lugar de la explicación física, abandonando así lo cualitativo para enfocarse a lo cuantitativo. De igual manera injertó la idea de que los principios básicos se deben obtener de los experimentos y de la inducción a base de los mismos, con ello Newton cambió el curso de la ciencia al adoptar premisas matemáticas en lugar de hipótesis físicas haciendo posible realizar predicciones con certeza.

Las leyes de la dinámica, hoy conocidas como las tres leyes de Newton, tienen su origen en algunas observaciones hechas por Galileo, que emprendió los estudios de la caída de los cuerpos y la trayectoria de un proyectil dando forma matemática a la distancia, al tiempo, a la velocidad y a la aceleración, haciendo de ellos los entes científicos que aún están en la dinámica clásica. Pero su matemática contradecía al sentido común que el los

²⁴ No lo hizo sino hasta el siglo XVIII tras la denominada revolución de la química; en que todo fenómeno de los cuerpos “sin vida” serán estudiados por la física.

siglos anteriores se habían tomado como criterios de verdad (“científica”). La *Philosophie naturelleis principia matemática* (1687) de Newton contiene los fundamentos de la física y la astronomía en el lenguaje de la geometría pura, estos los generalizó enunciando las tres leyes de la dinámica.²⁵ La ley de gravitación universal ($F = m_1m_2/r^2$) la dedujo de las leyes astronómicas de Kepler, la ley centrípeta de Huygens del movimiento circular y de la evidencia a partir de la primera ley del movimiento de que algunas fuerzas debían actuar sobre los planetas empujándolos al sol porque de no ser así estos se moverían en línea recta. Newton concibió a la fuerza de gravitación como inversamente proporcional al cuadrado de su distancia y abordó un problema más amplio y recurrente en la mente de los matemáticos de mediados del siglo XVII: ¿Se podía establecer una conexión entre las leyes de Galileo del movimiento de los cuerpos terrestres y las leyes de Kepler del movimiento celeste? La respuesta que la mente matemática y el corazón religioso de Newton dieron a esta interrogante fue un rotundo “sí”. De tal manera que introdujo la dinámica celeste, la cual la complemento con la ley de gravitación universal, y para explicar porque los planetas siguen una trayectoria fija y no otra, estableció la existencia de una atracción gravitacional entre dos esferas homogéneas (dos planetas), a partir del cálculo de su centro de masa.

Dadas las bases de una dinámica celeste demostró que los movimientos de los planetas y de la Luna tienen influencia en algunos fenómenos naturales de la Tierra, de tal manera que aplicó la ley de la gravitación universal para explicar un fenómeno que hasta entonces no había sido estudiado: las mareas oceánicas producidas por las fuerzas gravitacionales ejercidas por la luna y en menor medida por el sol sobre grandes masas de agua. Junto con Huygens, calculó la protuberancia de la Tierra alrededor del ecuador, y demostró que la trayectoria de los cometas se ajusta a la ley de gravitación universal. Newton, con su labor científica, estableció una nueva visión del universo, cuyo comportamiento obedece a leyes únicas y generales, expresables sólo matemáticamente. Dicho orden facilitó la evolución y desarrollo de la astronomía y de lo que hoy conocemos como física, específicamente la óptica, el estudio del sonido, la hidrodinámica, entre otras, a partir del siglo XVIII.

²⁵ Primera ley: Cuando no hay ninguna fuerza que actúe sobre un cuerpo, si el cuerpo está en reposo permanecerá en reposo y si está en movimiento se seguirá moviendo en línea recta a velocidad constante; segunda ley: Si una fuerza actúa sobre un cuerpo de masa m , esta fuerza proporcionará al cuerpo una aceleración; además la fuerza será igual al producto de la masa por la aceleración ($F = ma$) y la tercera ley: Si un cuerpo A ejerce una fuerza F sobre un cuerpo B, entonces B ejerce una fuerza sobre A que es igual en magnitud y dirección a la fuerza F , pero de sentido contrario.

2.- LA MATEMÁTICA EN LA FRANCIA ILUSTRADA

A inicio del siglo XVIII los hombres dedicados a las labores científicas comenzaron a asociarse y a especializarse, haciendo posible el tránsito del filósofo de la naturaleza al científico tal como lo concebimos en la actualidad. El espíritu científico ilustrado se caracterizó por la búsqueda de la sistematización, las concepciones globales y la interpretación de la diversidad de los fenómenos en función de unas cuantas causas susceptibles de conocer por la razón.

Durante el siglo XVIII, se aceptó como conocimiento sólo aquel emanado de la razón, los otros saberes (los basados en la tradición, en la religión, etc.) se consideraron engaños; la única manera de conocer la verdad fue la razón, la cual se dispuso a desentrañar los misterios de la naturaleza, a resolver los problemas filosóficos, políticos, económicos, sociales, etc. Las ciencias de la vida tomaron un mayor ímpetu y se confinó a la explicación del comportamiento de la naturaleza a un conjunto de leyes que proporcionaron la ilusión del control sobre la naturaleza en beneficio de la humanidad, estas mismas leyes fueron desplazadas al ámbito de lo social, dando origen a la idea de progreso.

En esta época la ciencia ya no fue sólo útil sino necesaria, dando lugar al establecimiento de nuevos vínculos entre científicos y las coronas, se buscó a través de los conocimientos científicos nuevas vías de expansión y desarrollo económico. La ciencia adquirió su grado de institución y se fundaron Academias de Ciencia nacionales, provinciales, observatorios astronómicos, gabinetes hidrográficos, jardines botánicos, escuelas de minería, etc. Los recursos naturales se inspeccionaron, clasificaron y se buscó su utilidad, por ello tomó especial importancia la ciencia experimental, perfilándose la física como la ciencia más sólida y prolifera del siglo siguiente.

El siglo XVIII representó para la matemática el siglo del algoritmo, existió una marcada preferencia por los métodos analíticos,²⁶ siendo esta quizá la característica dominante. Aunque continuó la simbiosis entre matemática y ciencia natural, comenzó a estudiarse el símbolo matemático por sí mismo, estudio en el cual el símbolo privó sobre el

²⁶ Método de resolución de problemas mediante el empleo de ecuaciones algebraicas y las operaciones del cálculo infinitesimal.

concepto, y la fuerza latente del logaritmo atrajo, a veces peligrosamente, hacia nuevas combinaciones y juegos de símbolos y operaciones. La matemática del siglo XVIII fue de carácter formal, aunque no riguroso, pues el rigor en la matemática vino en el siglo XIX.

Otras características, que la matemática de la época adquirió, fueron: la tendencia de las coronas europeas a financiar las academias de ciencia, lo que contribuyó a su profesionalización y a la demanda justificada de matemáticos; la movilidad de los científicos en las academias; la importancia de las publicaciones científicas periódicas que ya no eran sólo en latín; la creación de manuales de matemáticas como material didáctico, etc. Pero las características más representativas de la época fueron la necesidad de una ciencia pragmática y tecnológica, y la diversidad de temas científicos estudiados por estos hombres, debido a que los límites entre las distintas ciencias aun no estaban establecidos y no fue sino hasta un siglo posterior que sucedió.²⁷ De igual manera sobrevivieron algunos de los elementos que caracterizaron a la matemática del siglo anterior: la correspondencia entre científicos, los desafíos y las disputas.

De la tendencia seguida por los matemáticos, hacia el método analítico, se dedujeron otras ramas importantes tales como: series infinitas, ecuaciones diferenciales, ecuaciones de derivadas parciales, geometría diferencial y cálculo de variables. Las contribuciones de los matemáticos del siglo XVIII, sobre todo en el álgebra, la geometría analítica y el cálculo, fueron tales, que estas ramas se modificaron hasta el grado de ser casi irreconocibles. Los procesos realizados en la matemática y otras ciencias, originaron una gran confianza en el valor explicativo y el poder práctico de la ciencia.

²⁷ Dicha sectorización de la ciencia, a partir de la década de 1970, ha sido cuestionada, entre sus retractores se encuentran Immanuel Wallerstein, que invita a romper los límites que separan a las ciencias sociales en sus obras: *Impensar las ciencias sociales* y *Repensar las ciencias sociales*. A su vez Ilya Prigogine se muestra más ambicioso, al no aceptar la división burda y tajante de la ciencia en los tres grandes grupos, a saber: las ciencias sociales, las humanas y las exactas, y convoca al reconocimiento de la retroalimentación entre estas es su obra titulada *La nueva alianza*.

2.1.- El matemático más prolífero del siglo XVIII europeo: Euler

Leonhard Euler (1707-1783), enriqueció todas las ramas de las matemáticas teórica y aplicada. Sus trabajos consagrados a la mecánica, al álgebra, al análisis matemático, a la teoría de los logaritmos, a la geometría analítica y diferencial y al cálculo de variaciones, se han convertido en auténticos clásicos. Euler fue el matemático más prolífero del siglo XVIII.

En 1736, publicó su célebre tratado de mecánica basado en el nuevo análisis sin recurrir a las demostraciones sintéticas, largas y hasta tortuosas que caracterizaron a los tratados anteriores. Su *Introduction in analysim infinitem* (1748), se convirtió rápidamente en el texto obligado para el estudio del análisis, contiene las formulas que relacionan las funciones trigonométricas y la exponencial, expresiones del seno y el coseno en forma de productos infinitos, una geometría analítica tridimensional, proposiciones relativas a la teoría de las curvas algebraicas y el uso de los símbolos e , p , i , etc.

Euler transformó el cálculo en una teoría formal de funciones sin necesidad de las concepciones geométricas; fue el primer matemático que hizo hincapié en el concepto de función y realizó un estudio sistemático de todas las funciones elementales así como de su derivada e integral; definió la función de una cantidad variable como una expresión analítica formada de números y constantes; englobando así a los polinomios, las series de potencia y las expresiones tanto trigonométricas como logarítmicas.

Su inquietud por el estudio de los logaritmos y los números complejos surgió de los trabajos y correspondencia de los hermanos Bernoulli y Leibniz. En su obra *De la controversia entre los señores Leibniz y Bernoulli sobre los logaritmos negativos e imaginarios* (1749) realizó contribuciones importantes a la teoría de los logaritmos de los números complejos, mientras que Cotes y De Moivre encontraron las fórmulas que relacionan a los números complejos con las funciones logarítmicas y trigonométricas; Euler reconsideró sistemáticamente los argumentos de Leibniz y los hermanos Bernoulli, y tras refutarlos demostró el siguiente teorema: *Para cada número existe una infinidad de logaritmos*. Generalizó este planteamiento con las afirmaciones: para los números reales positivos hay un solo valor logarítmico que es real, siendo el resto imaginarios, pero en el caso de los negativos y complejos todos los valores del logaritmo son imaginarios y todo

número complejo elevado a una potencia compleja puede escribirse como el complejo $p + qi$. Además consideró que los números complejos sólo existen en la imaginación, pero que son útiles para el estudio de los problemas para los que no sabemos si existe una solución.

Entre 1736 y 1740 incursionó en la teoría de números demostrando algunos de los teoremas de Fermat: si p es primo, entonces a^{p-a} es divisible por p ; $a^n + b^n = c^n$, para los casos de $n = 3$ y $n = 4$, con relación a la conjetura de Fermat: 2^{n+1} es siempre primo; indicó que esta afirmación para $n = 5$ es inexacta. Y para la afirmación de que “Todo número primo de la forma $4n + 1$ se descompone de manera única en una suma de dos cuadrados”, demostró que no podían ser cuadrado, además añadió tres pares de números amigos a la lista de Fermat y demostró el recíproco del teorema de Euclides. “Todos los números perfectos pares son de la forma 2^{n-1} donde 2^{n-1} es un número primo”. La contribución más importante de Euler, y la más importante del siglo XVIII en este campo fue la ley de reciprocidad cuadrática.

Al abordar el estudio de las funciones trigonométricas desde la perspectiva analítica, demostró que el seno no es la longitud de un segmento sino un número o una razón. Con su hallazgo de las series infinitas de e^z , $\operatorname{sen} z$ y $\operatorname{cos} z$ dedujo las identidades trigonométricas modernas, utilizando los desarrollos en serie y en productos infinitos de las funciones trigonométricas. Desarrolló el método de las series para la solución de ecuaciones diferenciales e introdujo las series hipergeométricas, también generalizó el problema de la braquistócrona bajo un nuevo método basado en las cantidades mínimas. Al mejorar este método dedujo la ecuación fundamental del cálculo de variaciones: $fx - fy'x - fy'y' - fy'y'' = 0$.

Euler expuso el primer método general para resolver problemas de extremos creando el cálculo de variaciones, hizo uso de las coordenadas polares y presentó las ecuaciones de transformación de las coordenadas rectangulares en polares bajo la forma trigonométrica moderna. La contribución más importante a la geometría diferencial es su teoría de las superficies, publicada en *Investigaciones sobre la curvatura de superficies* (1760). Sus aportes a la geometría analítica se encuentran en su *Apéndice a su Introducción* (1775), primer tratado de geometría analítica sólida, en donde están las primeras fórmulas para la traslación y rotación de ejes en el espacio, las nociones de superficies algebraicas

trascendentales y de segundo grado que constituyen una familia de cuadráticas en el espacio.

2.2.- La labor matemática de dos contemporáneos de Euler: D'Alembert y Clairaut

La matemática teórica durante el siglo XVIII encontró en Euler a un receptor de los aportes de la matemática del siglo XVII; la labor desarrollada por otros matemáticos contemporáneos, marcó el inicio de cambios sustanciales en el estudio de esta ciencia. Con la disputa matemática por la paternidad del cálculo infinitesimal, que caracterizó a las últimas décadas del siglo XVII y las primeras del siglo XVIII; los estudios efectuados desde Francia al respecto abordaron ambas perspectivas, la newtoniana y la leibniziana, lo que obviamente condujo a una visión más amplia sobre el cálculo y con ello los logros fueron significativos, de tal manera que la escuela matemática francesa se mantuvo como hegemónica, durante el periodo; ello no implica que no existieran otros aportes importantes al proceso de desarrollo de la matemática.

Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783), de espíritu inquieto. Quizá la amistad con Denis Diderot, Voltaire y los "Philosophes" le hizo tomar conciencia sobre la situación política, social y cultural en que se movió Francia. A partir de 1751 hasta 1772 colaboró en la elaboración de la *Enciclopedia*, dirigida por Diderot; redactó casi en su totalidad las partes de matemática y filosofía, también participó activamente en la preparación intelectual de la Revolución Francesa.

En el *Tratado de dinámica* (1743) se encuentra el Principio de D'Alembert: "En un sistema, las fuerzas internas de inercia son iguales y opuestas a las fuerzas que producen la aceleración". En 1746 su teoría general de los vientos fue galardonada por la Academia de Berlín; un año más tarde, la aplicó al problema de las cuerdas vibrantes de donde derivó que $u = f(x + t) + g(x - t)$ donde f y g son funciones arbitrarias.

D'Alembert definió el logaritmo mediante dos progresiones, como lo había hecho su creador Napier; y sostuvo que los números negativos pueden ser reales o imaginarios, según la elección del sistema de logaritmos. D'Alembert empleó argumentos de naturaleza metafísica o geométrica para demostrar que las conclusiones de Euler no son necesariamente ciertas. Para ello no dudó en cambiar varias veces la base de los logaritmos,

y al servirse de una base negativa para utilizar en el mismo sistema las bases -1 y $1/a$ demostró que $\log(-1) = 0$ y que en general, $\log a^n = \log(-a^n)$. También creyó en la posibilidad de establecer un cálculo con variables complejas a través de una combinación similar al de las variables reales.

Por otra parte las investigaciones de Alexis Claude Clairaut (1713-1765), tuvieron como centro a la geometría, la teoría de ecuaciones y la forma real de la Tierra. Fue un pedagogo nato, publicó dos obras didácticas: *Elementos de geometría* y *Elementos de álgebra*, que tuvieron una gran influencia dentro de la enseñanza francesa.

En sus estudios relacionados con la figura de la Tierra abordó las geodésicas de las superficies de revolución y dio solución a algunos problemas de máximos y mínimos. En sus obras *Teoría de la figura de la Tierra* y *Teoría de la Luna*, aplicó las matemáticas al problema de la atracción gravitacional y a la configuración de la Tierra, lo que lo colocó en los orígenes de la teoría del potencial. En 1731 desarrolló las ideas que Descartes había sugerido en el estudio de las curvas del espacio mediante la consideración de las dos proyecciones sobre los planos coordenados. De tal manera que pudo determinar numerosas curvas en el espacio mediante la intersección de superficies, dio las ecuaciones de algunas superficies, además demostró que son necesarias dos de estas ecuaciones para describir una curva en el espacio. Estableció las formulas generales de la distancia en dos y tres dimensiones, así como las ecuaciones de superficie cuadráticas, las tangentes de curva del espacio y que una ecuación homogénea en x, y, z (con todos sus términos del mismo grado) representa un cono cuyo vértice está en el origen²⁸

De Igual manera existieron algunos aportes significativos por parte de la escuela matemática inglesa. Edward Waring (1734-1793) se ocupó del problema de la convergencia de las series infinitas y de la descomposición de los números. En la serie $1 + 1/2n + 1/3n + 1/4n + \dots$, consideró que converge para $n > 1$ y que diverge para $n < 1$, enunciando el criterio del cociente “si es menor que uno, la serie converge, si es mayor que uno la serie, diverge, y si el límite es igual a uno, no se puede concluir nada respecto de la convergencia” y el teorema “Todo entero es, o bien un cubo, o bien la suma de, como mucho, nueve cubos” y el enunciado “Todo entero es, o bien una potencia cuarta o la suma de, como mucho, diecinueve potencias cuartas.” Por último, otro teorema que no

²⁸ Collette, *op. cit.*, p. 218.

demostraría “Para cada número primo p , si $(p - 1)! + 1$ es divisible por p , q es un número primo.”

Johann Heinrich Lambert (1728-1777) utilizó los trabajos de Euler sobre series continuas. Demostró que “Si x es un número racional diferente de cero, entonces e^x y $\lg x$, no pueden ser racionales.” También demostró que no sólo e^x es irracional para x entero positivo, sino que todos los números racionales tienen logaritmos en base e irracionales. En 1761 presentó en la Academia de Berlín la prueba de que π es un número irracional que se deduce de la irracionalidad de $\lg x$ como $\lg x^{p/4}$, un número racional, se deduce que $p/4$ no puede serlo y por tanto tampoco p . También demostró que el desarrollo de $\lg x$ en fracciones continuas es convergente. En su estudio sobre funciones hiperbólicas introdujo las notaciones modernas: $sh x$, $ch x$ y $th x$, así como promovió dichas funciones.

2.3.- La matemática teórica en la época de la Revolución Francesa

Durante las últimas décadas del siglo XVIII y las primeras del siglo XIX, dio inicio una nueva etapa de institucionalización de la ciencia, con ello la condición del científico dio un giro apenas perceptible. Aunque dicha denominación, la de científico, no se estableció hasta la cuarta década del siglo XIX, existió una especialización en cada una de las ramas de la ciencia. Para recibir la denominación de matemático, por ejemplo, era necesario, ya no únicamente tener los conocimientos suficientes de esta ciencia, sino además pertenecer alguna Academia científica, y con ello a una insipiente comunidad de matemáticos que se pretendía global, es decir, fue desapareciendo el matemático aficionado que caracterizó a los siglos anteriores.

La tardía revolución científica de la química vino a establecer los campos de estudios de esta ciencia, así como los de la física, que hasta entonces se había denominado física experimental debido su distanciamiento de la matemática; a finales del siglo XVIII, la física introdujo como base a la matemática. La física y la química fueron altamente desarrolladas durante este periodo; desarrollo que obedeció a las demandas económicas y políticas de los imperios europeos que cada vez exigían que la ciencia abandonara el terreno de lo especulativo y fuese más pragmática, además que este estado práctico de la ciencia se viera

reflejado en beneficio de la economía y la sociedad; por lo que tuvo un significativo impulso la tecnología.

Los matemáticos inmersos en la Revolución Francesa se sintieron altamente influenciados por un movimiento intelectual que se gestó unos años antes: el enciclopedismo, producto del propio espíritu de la Ilustración. No fue extraño que los matemáticos sustentaran algún puesto político o administrativo y que se sintieran consternados por los procesos políticos que se vivían en Francia. Esta introducción del científico en la política permitió una reforma a las viejas instituciones, así como la fundación de otras. De Igual manera se preocuparon por la difusión y enseñanza de la matemática, dándose a la tarea de redactar folletos y libros de texto; aunque algunos otros se ocuparon de la vulgarización de la ciencia, en actos públicos en donde asistían lo mismo personas interesadas en los logros científicos, como curiosos.

La matemática desarrollada y difundida durante la Revolución Francesa, fue heredera directa del proceso de asimilación, avances y contribuciones hechos por los matemáticos de las primera décadas del siglo XVIII. Heredera directa de los trabajos de Euler, principalmente, la matemática tuvo sus portavoces en seis matemáticos eminentes: Lagrange, Laplace, Monge, Condorcet, Cartot y Legendre.

Los estudios matemáticos efectuados por Joseph Louis Lagrange (1736-1813), se caracterizaran por la continuidad, no siempre lineal de los estudios efectuados por Euler en algunas áreas de la matemática, así como en la solución de problemas muy concretos, tal es el caso de los isoperímetros. También dio la primera exposición del cálculo de variables a través de un método diferente basado en el problema fundamental de hacer mínima o máxima la integral; retomando para ello, el principio de mínima acción de Euler, que expresó bajo una forma concreta: *¿ mvds debe ser un mínimo o un máximo para la trayectoria actual de una partícula de masa m y de velocidad v entre dos puntos fijos, con esta expresión no le fue difícil establece las ecuaciones del movimiento y el principio de velocidades virtuales.*²⁹ De tal manera que en su *Mecánica analítica* (1788), realiza un estudio de la mecánica por medio de un método puramente algebraico sin incluir figuras geométricas; aplicando el análisis de la mecánica en los puntos y en los cuerpos rígidos; a su vez, se sirvió del cálculo de variaciones para realizar la aplicación de principios de la

²⁹ *Ibíd.*, p. 235.

estadística y la dinámica; siendo el fundamento en la estadística el principio de las velocidades virtuales, mientras que el principio proporcionado por D’Alambert es utilizado en toda la dinámica. Una vez establecido esto, a Lagrange le fue posible proporcionar la ecuación de movimiento; por ello y otros elementos esta obra constituyó un triunfo para los estudios analíticos.

Pero la mente inquieta de Lagrange, además se introdujo en el estudio del método algebraico de John Landen, así como en el desarrollo de la serie de Taylor; aunque desde la perspectiva del análisis dicha postura es algo limitada, ya que no todas las funciones se desarrollan necesariamente por la serie de Taylor y no consideró el problema de la convergencia de series. Dichos acercamientos a estas ramas de la matemática quedaron establecidos en dos de sus obras: *Nota sobre la metafísica del cálculo infinitesimal y Miscellanea Taurinensia 2*.

Con relación al álgebra, Lagrange, se ocupó de los estudios de las fracciones continuas para determinar aproximaciones de las raíces irracionales de las ecuaciones y presentó algunos métodos para separar la raíz real de una ecuación algebraica. Con su obra *Reflexiones sobre la resolución algebraica de las ecuaciones*, dio inicio a una nueva fase en el estudio de la teoría de las ecuaciones. Sus contribuciones al álgebra están contenidas en las memorias de la Academia de Berlín, de 1771 a 1773, y son las bases de los trabajos de Abel y Galois, quienes proporcionaron las bases del álgebra moderna; en estas memorias a decir de Collete, Lagrange:

...considera la resolución de las ecuaciones en los términos de permutaciones de las raíces, reduciendo el problema al estudio de los diferentes valores que puedan tomar combinaciones elegidas de las raíces cuando se les permuta de todas las maneras posibles... La idea fundamental de Lagrange, consiste en considerar los valores que toma una función racional cuando se permutan sus variables, conduce directamente a la teoría de las permutaciones o a los grupos de sustitución.³⁰

Una vez más, tomando como base los procesos efectuados por Euler, esta vez en teoría de números, Lagrange demostró la existencia de raíces en la ecuación de Pell, $x^2 - Ay^2 = 1$; a demás dio una solución completa para la ecuación general de segundo grado y demostró el enunciado de Fermat: “Todo entero positivo es la suma de, cuando mucho, cuatro

³⁰ *Ibíd.*, pp. 236- 237

cuadrados perfectos.” A su vez determinó de la representación de los números enteros mediante formas binarias u otras formas, que si un número es representado bajo la forma: $N = ax^2 + bxy + cy^2$, este número, a su vez, puede ser representado bajo otras formas llamadas equivalentes por medio de cambios de variables: $x = ax' + \beta y'$, $y = \gamma x' + \delta y'$.

La teoría de la probabilidad, surgida como rama de la matemática durante el siglo XVII, utilizada desde entonces para calcular los índices de mortandad así como en los seguros que los bancos vendían a las embarcaciones, tuvo en Pierre Simon de Laplace (1749-1827) un digno precursor. Aunque sus estudios de probabilidad estuvieron guiados por sus intereses astronómicos; de tal manera que el problema de la determinación de la probabilidad de las causas de los fenómenos observados fue retomado por Laplace, que enunció la regla conocida como de Bayes: “Sea x la posibilidad de un suceso simple e y la posibilidad de un suceso compuesto que depende del suceso simple de una manera arbitraria, lo que implica que y es una función conocida de x . Supongamos que este suceso x ha sido observado; entonces la probabilidad de que la posibilidad del suceso simple se sitúe entre a y β es: $\int_a^\beta y dx / \int_{1,0} y dx$ ”.³¹ Al combinar esta regla con los teoremas de la probabilidad total y la compuesta le permitió evaluar la probabilidad de sucesos futuros, lo cuál constituyó un logro en los terrenos de la astronomía.

Por su parte, Marie- Jean- Antonine- Caritat de Condorcet (1743-1794), en su *Ensayo sobre la aplicación del análisis a las probabilidades de las decisiones debidas a la pluralidad de votos* (1785), representó el primer intento de construir una matemática política y social, pero la insuficiencia de medios teóricos, las dificultades intrínsecas en este tipo de problemas, así, como la falta de claridad de sus ideas, impidieron que influyera favorablemente en sus contemporáneos.

Otro problema de orden social que también lo mantuvo alerta tiene que ver con inoculación de la vacuna contra la viruela; dicha discusión se movió entre los que estuvieron en contra (D'Alembert y Daniel Bernoulli) y a favor de esta (Condorcet, Voltaire y Bernoulli), Francia fue el reino que se mantuvo más reaccionario a la inoculación. “Esta discusión de orden matemático permitió, sin embargo, mostrar a la vez

³¹ *Ibíd.*, p. 255.

el interés y las dificultades de un estudio estadístico de ciertos problemas biológicos y médicos.”³²

Pero este periodo no sólo se caracterizo por contribuciones a ramas ya establecidas de la matemática, sino también se asentaron las bases de nuevas ramas, tal es el caso del cálculo de variaciones que ya hemos mencionado, y de la geometría descriptiva. Los trabajos efectuados por Gaspard Monge (1746-1818) con relación de un problema de desenfiladas y su visión del espacio lo condujeron a dar las bases de una nueva técnica gráfica, la geometría descriptiva que de manera inmediata se incluyó en la enseñanza regular. El concepto clave del método de la geometría descriptiva es el de proyección ortogonal y el conocimiento preciso de la relación entre las dos proyecciones ortogonales en una misma figura.

Monge, mostró ser un geómetra de primer orden; sus contribuciones a la geometría analítica fueron muy significativas; estableció las teorías más importantes de la geometría analítica tridimensional, además contribuyó de manera original al análisis y a la geometría infinitesimal.”³³

En la geometría analítica, Monge, al igual que Lagrange, centró su estudio en el problema del espacio. En su *Memoria sobre las evolutas, los radios de curvatura y los diferentes géneros de inflexión de las curvas de doble curvatura*, abordó algunos problemas de geometría analítica, tales como: 1) Encontrar la ecuación del plano trazado por un punto dado perpendicularmente a una recta dada por sus dos ecuaciones, encontrando la solución aceptada en la actualidad y la ecuación del plano buscado que pasa por el punto (x_1, y_1, z_1) puede representarse como: $A(x - x_1) + B(y - y_1) + C(z - z_1)$. 2) Encontrar las ecuaciones de una recta trazada por un punto dado perpendicularmente a una recta dada; Monge determinó la longitud de la perpendicular desde un punto (x', y', z') a una recta dada por medio de la fórmula de la distancia aplicada a dos puntos en el espacio. 3) Encontrar la ecuación del plano normal trazado por un punto o una curva del espacio, este problema pertenece al campo del análisis.

³² *Ibíd.*, p. 241.

³³ *Ibíd.*, p. 246.

Como parte de la difusión y enseñanza de la matemática, en 1802, Monge redactó *Aplicación del álgebra en la geometría*, como libro de texto para los estudiantes del primer curso de la Escuela Politécnica.

Otro geómetra importante fue Lazare- Nicholas Marguerite Cartot (1753-1823), que intentó establecer una universidad de la geometría teórica parecida a la que posee la geometría analítica, por lo que demostró que varios de los postulados de Euclides pueden ser considerados como casos particulares de un teorema general; bajo esta vertiente fundó la geometría pura moderna, su inclinación a la generalización lo condujo a formas elegantes equivalentes de teoremas bien conocidos; llegó a investigar la determinación de las coordenadas intrínsecas; a su vez extendió la ley de los cosenos en trigonometría al caso de tetraedro; esa misma inclinación es la que lo conduce al estudio de las coordenadas intrínsecas.

La teoría de números tuvo en Adrien- Marie Legendre (1752-1833) un contribuidor importante; aunque en esta rama de la matemática no fue en la única en la que incursionó, también los hizo en las ecuaciones diferenciales, el cálculo de variables, la teoría de funciones, geometría euclidiana e integrales elípticas.

Su *Ensayo sobre la teoría de los números* constituyó el primer tratado consagrado a ella, presentando una variedad de resultados interesantes, ley de la reciprocidad cuadrática, una demostración del último teorema de Fermat para $n = 5$, la hipótesis de que $p(n)$ se aproxima a $n/\ln n - 1.08366$ cuando n aumente indefinidamente y fórmulas válidas para determinar los números primos.

Preocupado por la enseñanza de la matemática en sus *Elementos de Geometría* simplificó la geometría euclidiana para una mejor comprensión, esto fue posible por el conocimiento que tenía de la obra del matemático griego; que a su vez estimuló su interés en el postulado de las paralelas, durante 20 años se esforzó por proponer diferentes tentativas para su demostración; la más interesante se parece al enfoque de Saccheri. Decido estudiar la hipótesis de la suma de los ángulos rectos, así consiguió destacar la hipótesis del ángulo obtuso estableciendo que: *la suma de los ángulos de un triángulo cualquiera es inferior o igual a dos ángulos rectos.*

3.- PROPUESTA DE SOLUCIÓN A UN VIEJO PROBLEMA: LA CUADRATURA DEL CÍRCULO

El matemático griego Antiphon, contemporáneo de Sócrates, propuso un problema geométrico muy singular: “construir, utilizando únicamente regla y compás, un cuadrado de área igual a un círculo dado”, es decir, la cuadratura del círculo. Antiphon inscribió un cuadrado en el círculo, posteriormente un octágono y propuso doblar el número de lados hasta que el polígono obtenido coincidiera con el círculo. Brisón, matemático griego, en la misma época hizo uso, para el mismo problema, de los polígonos circunscritos. Posteriormente, Arquímedes (287-212 a.C.) estableció que π es la razón de la circunferencia de un círculo a su diámetro, con ello unió el problema de la cuadratura del círculo al cálculo del valor exacto de π .³⁴

Pero no fueron únicamente los griegos quienes fundieron ambos problemas bajo un mismo objetivo: conocer el área exacta del círculo. Una de las primeras referencias de los intentos de calcular π se encuentra en uno de los textos matemáticos más antiguos, el *Papiro Rhind* (1700 a.C.), que muestra al escriba Ahmés calculando el área de un círculo inscrito en un cuadrado. Previo a los estudios de los matemáticos griegos se conocen otros intentos por establecer el valor de π , por ejemplo, en un pasaje de la *Biblia* (Reyes-I-7-23) se estableció que $\pi = 3$; en Babilonia, en la *Tablilla de Susa* (1600 a.C.), se dio el valor de $\pi = 3 \frac{1}{8}$; los egipcios, en el *Papiro de Ahmes* (1650 a.C.), le asignaron a π un valor de 3.16; Brahmagupta (en la India en el año 500 a.C.) calculó el valor de $\pi = 3.09$. A pesar de estos intentos, fueron los griegos quienes establecieron la relación entre el diámetro y la circunferencia.³⁵

En los *Elementos*, Euclides desarrolló el método de exhaustión, que consistió en doblar el número de lados de los polígonos inscritos y circunscritos, y mostró la convergencia del procedimiento. Con estos elementos, Arquímedes mostró que el área de un círculo es el semiproducto de su radio por su circunferencia y que la relación de la circunferencia al diámetro está comprendida entre $223/71 = 3.14084$ y $22/7 = 3.14285$. Arquímedes estableció

³⁴ El problema de la cuadratura del círculo se refiere a la rectificación del círculo, es decir, construir un segmento de recta de igual longitud que una circunferencia dada. Si existiese solución para este problema, π satisficaría a una ecuación algebraica de coeficientes enteros y de grado igual a una potencia 2; sería un número algebraico.

³⁵ Dubreil, Paul, “Historia de los números misteriosos”, en Miguel Lara Aparicio (Coord.), *Antología de Matemáticas*, México, UNAM, 1990, pp. 66-68.

para las áreas y perímetros de los polígonos regulares inscritos y circunscritos, de n y $2n$ lados, relaciones de recurrencia de forma notable, que le permitieron calcular p con una aproximación dada de 3.14163. Este método es conocido como el “algoritmo de Arquímedes”.

Durante el Renacimiento, en Europa los trabajos de ciclometría se multiplicaron. Purbach construyó una tabla de senos de $10'$ en $10'$ y calculó el valor de $p = 3.14666...$ Los siglos XV y XVI se destacaron por el desarrollo de la trigonometría, bajo el impulso dado por Copérnico y Kepler; y los intentos por conocer el área exacta del círculo no se resistieron al avance y los logros de la trigonometría y los logaritmos. Rhaeticus construyó una tabla de senos en la que estableció ocho decimales exactos a p . Por su parte, Adrien Romain (1561-1615) obtuvo 15 decimales, mientras que el matemático germano Ludolph (1539-1610) estableció 32 decimales exactos.

Pero la proeza de Ludolph se vio opacada por los logros de Snell (1580-1626) y Huyghens (1629-1655), quienes aportaron al método de Arquímedes la idea de que el arco está contenido entre su seno y su tangente. La propuesta de Snell se centró en reemplazar estos dos límites por otros más eficientes, presentados bajo la fórmula de combinaciones trigonométricas. Snell estableció que $3\text{sen}x/(2+\cosh)$ y $1/3(2\text{sen}x + \tan x)$, con este método obtuvo 34 decimales exactos de p , partiendo del cuadrado y doblando 28 veces el número de lados; por su parte, Huyghens, bajo la expresión $(\text{sen}^2 x \tan x)^{1/3}$ y haciendo uso del hexágono, obtuvo nueve decimales exactos. Con ambos cálculos se cierra la etapa de las aproximaciones al valor de p por medio de consideraciones geométricas; hasta el siglo XVII la mayoría de los métodos utilizados se basaron en el cálculo de las áreas de los polígonos inscritos y circunscritos en un círculo, dichas áreas fueron calculadas con reglas geométricas elementales. Hasta mediados del siglo XVII la notación p no fue utilizada, además de que p no representó una constante, solamente como un cociente geométrico.³⁶

Aunque en el siglo XV, en la India, se intentó calcular el valor de p a través de una serie infinita convergente, el primero en establecer una fórmula de esta naturaleza, en donde no figuran más que los números 1 y 2 para establecer su valor, fue el matemático francés Vieta en el siglo XVI. Pero no fue hasta la octava década del siglo XVII, con la creación del cálculo infinitesimal, que Gregory, Leibniz y Wallis lograron separar a p de su origen

³⁶ *Ibíd.*, pp. 69-71.

geométrico y lo insertaron en el análisis matemático, a través de series infinitas y el cálculo de áreas de bajo de una curva dada.

Para tal efecto, Wallis (1616-1703) propuso una serie infinita [$p = 2 * (2/1 * 2/3 * 4/3 * 4/5 * 6/5 * 6/7 \dots)$] que al igual a la propuesta por Leibniz; [$p = 4 * 1/1 - 1/3 + 1/5 - 1/7 + \dots$] son series que convergen muy lentamente, por lo que Gregory propuso una serie más general: $\arctng(x) = x - x^3/3 + x^5/5 - x^7/7 + \dots$ donde $-1 < x < 1$, de la que obtuvo: $\arctng(1/\text{raíz cuadrada de } 3) = p/6$, de ello derivó $p/6 = (1/\text{raíz cuadrada de } 3) * (1 - 1/(3*3) + 1/5*3*3 - 1/7*3*3*3 + \dots)$. Este resultado fue utilizado por John Machin, que en 1706 obtuvo la siguiente serie: $p/4 = 4 * \arctng(1/5) - \arctng(1/239)$. En este mismo año, William Jones empleó el símbolo p para denotar la relación entre la circunferencia y su diámetro.

El ingenio de Euler, en el siglo XVIII, emparentó p con otros números tales como e , i ; así como la relación existente entre las funciones seno, coseno y e^x , esta última es una función periódica y su periodo imaginario es $2ip$. La serie que Euler proporcionó para el cálculo de p es $p^2/6 = S(n=1 \dots \infty) 1/n^2 = 1/1^2 + 1/2^2 + 1/3^2 + \dots$. Pero, a mediados de siglo, el matemático alemán Johan Heinrich Lambert (1728-1777) probó que p es un número irracional, es decir, que no se puede escribir en forma de fracción racional, y con ello el estudio de p se trasladó al campo de la teoría de números. Un siglo después, Ferdinand Lindemann (1852-1932) demostró que p es un número trascendental, es decir, es un número que no se puede expresar en cualquier serie finita de operaciones algebraicas o aritméticas y que está lejos de todo método racional para localizarlo; por lo tanto, el problema de la cuadratura del círculo no tiene solución. Para establecer la trascendencia de p , Lindemann se apoyó en la fórmula $e^{pi} = \cos z + i \sin z$, donde $e^{pi} = -1$. A pesar de que fue demostrada la trascendencia de p en 1882, aún se sigue calculando su extensión decimal.

Actualmente, con la ayuda de la tecnología, ha sido posible calcular más de 500 mil millones de decimales y la rama de la matemática en la que se aborda el estudio de p es la probabilidad, a través de la teoría del caos. Los matemáticos contemporáneos consideran que si demuestran que p nunca se repite será un avance importante en la teoría de números.³⁷

³⁷ Whitehouse, David, "¿Cómo el azar es el Pi?", en *Línea de la ciencia en las noticias de BBC*, Reino Unido, Martes 23 de julio de 2002.

De todo lo dicho, es preciso destacar que el problema de la cuadratura del círculo tiene más de 35 siglos y que ha encontrado su aplicación, desde muy pronto, en los cálculos astronómicos, efectuados de manera aproximada debido a la imposibilidad de dar el valor exacto de π . Los físicos han establecido la existencia de π en la naturaleza: en los discos de la luna y el sol, la hélice doble del DNA gira alrededor de π , en el arco iris, en las ondas ondulatorias, por lo tanto π está presente en los colores y en la música, etc. No debe extrañarnos, en consecuencia, que en torno de π también hayan existido algunos enfoques religiosos, la cuadratura del círculo ha formado parte de la simbología religiosa durante siglos. Quizá el ejemplo más representativo de lo que la cuadratura del círculo ha significado para la humanidad la tenemos en el Hombre de Vitruvio de Leonardo Da Vinci.

Hasta aquí hemos presentado una síntesis de la historia de la cuadratura del círculo, que va de las civilizaciones antiguas hasta Grecia y de ella a Europa, de su origen geométrico a su enfoque trigonométrico y logarítmico, su paso al análisis matemático y finalmente su establecimiento en la teoría de números; de su demostración como número irracional al establecimiento de π como número trascendental y con ello la imposibilidad de la cuadratura del círculo. Esta síntesis obedece a la necesidad de establecer en qué nivel de actualización se encontraron los tratados de los novohispanos al abordar este problema.

4.- CONCLUSIONES

Los aportes a la matemática durante la denominada Revolución Científica del siglo XVII, son una ruptura no definitiva pero sí significativa con la vieja tradición matemática, es decir aquella cultivada durante el Renacimiento, pasando de la síntesis al análisis. Aunque como heredera directa de dicha tradición matemática, en el siglo XVII coexisten algunos de los viejos elementos que caracterizaron a la matemática anterior con los elementos dominantes de la nueva matemática.

Surgieron nuevas ramas de la matemática, no de manera definitiva ni mucho menos inmutable, ramas que a lo largo de los siglos se han ido enriqueciendo y transformando, que han servido como base a la creación de otras. Es indudable que las tendencias dominantes de la ciencia en general en una época determinada, están altamente influenciadas por las

visiones de la realidad dominantes, que tienen mucho que ver con la cultura con la que interactúa el científico.

El periodo analizado, está dividido en forma implícita en dos grandes etapas, con características propias: la matemática emanada de la denominada Revolución Científica (1637-1687), y la matemática de la Ilustración, caracterizada por el enriquecimiento, de la simbología y metodología matemática de los siete pilares de la matemática moderna, y también por la introducción de nuevos aportes. A finales del siglo XVIII, se poseía cierta formalidad aunque el rigor en las demostraciones saltará a la escena hasta el siglo XIX. El siglo XVIII para la matemática, representa el desarrollo de los aportes emanados de la Revolución Científica, así como el dominio del método analítico. Es esta matemática la que se revitalizara, después de un supuesto periodo de crisis, para dar paso a la aventura matemática del siglo XIX, con su rigor y su complejidad.

Es de los aportes de la matemática del siglo XVII de donde parecen surgir ciertos “paradigmas” que caracterizarán a la ciencia moderna: la necesidad de fórmulas generales, la creación de sistemas ordenados, la búsqueda de la “verdad única”, la posibilidad de las predicciones, por mencionar algunos. Es en estos aportes en donde surge el planteamiento de nuevos problemas y la solución a problemas antiguos analizados desde perspectivas innovadoras; es claro que dichos aportes se han metamorfeado y lo seguirán haciendo.

El proceso de difusión, asimilación y aportes por parte de los matemáticos del siglo XVIII, modificó de tal manera los aportes surgidos durante el siglo XVII, que fueron casi irreconocibles. La labor emprendida por Euler inicio el transito de la matemática hacia la complejidad.

CAPÍTULO II

LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN LA NUEVA ESPAÑA HASTA 1750.

Una de las vías por las cuales se filtró, desde épocas tempranas, la ciencia europea en Nueva España fue el arribo (legal o clandestina) de obras científicas.¹ En su mayoría, esta bibliografía tuvo como origen Francia, Bélgica, Austria, Italia, Portugal y obviamente España, y a pesar de la constante vigilancia de la Inquisición hubo algunas obras emanadas de reinos protestantes, sobre todo de Holanda e Inglaterra. En consecuencia, podemos decir que el reducido círculo de científicos novohispanos siempre contó con un acervo bien nutrido de libros científicos que llegaron a la colonia poco tiempo después de ser editados. Esto hizo posible la formación de vastas e importantes bibliotecas, tanto en conventos (quizá las más representativas fueron las de los mercedarios y los jesuitas) como entre particulares, en las que no resultó extraño que predominaran, después de la literatura religiosa, los libros científicos. Podría parecer contradictorio que en una colonia de un reino católico, como lo fue España, la ciencia se moviera con relativa libertad. La Inquisición intervino sólo cuando la práctica científica caía en la heterodoxia, aunque su acción no fue contra la ciencia teórica propiamente dicha, sino sobre las ciencias ocultas (astrología judiciaria, demonología, geomacia, entre otras). La heterodoxia en la matemática teórica parece no haber sido considerada peligrosa para el dogma religioso.²

Las teorías científicas que penetraron y se difundieron durante el siglo XVII, lo hicieron a través de una tradición conceptual hermética-neoplatónica, propiamente renacentista, siendo ésta el conducto por el cual las ciencias exactas se introdujeron en

¹ Moreno, Roberto, "Los primeros libros científicos que llegaron a la Nueva España" en *Memorias del Primer Coloquio de Historia de la Ciencia*, México, Sociedad Mexicana de Historia de las Ciencias, Tomo 2, pp. 586-589.

² A menudo se ha considerado que la ciencia se ha desenvuelto alejada de los núcleos religiosos y que su desarrollo es independiente a estos, así como que los elementos que caracterizan aquella están en contraposición a los paradigmas religiosos. Y siendo España el reino que encabezó la contrarreforma religiosa, quizá podría pensarse que la monarquía española vio en la ciencia un semillero de herejes. Lo cierto es que todas estas suposiciones están lejos de ser veraces, ya que parte de la metamorfosis de la ciencia se da al interior de los conventos y muchos de sus elementos estuvieron en comunión con los paradigmas religiosos; y mientras las iglesias (católica y protestante) lucharon entre ellas para establecerse como hegemónicas, algunas de las áreas de la ciencia se desarrollaron con relativa libertad. Las ramas que sufrieron la represión religiosa, sea el caso específico de la astronomía, tuvieron en la iglesia protestante una censura

Nueva España. Esta tradición había surgido como respuesta a la ciencia deductiva de la escolástica. A pesar de que en el hermetismo hubo cabida para “las ciencias ocultas”, podríamos considerarlo como una de las etapas de transición entre la escolástica y el mecanicismo.

Durante la época colonial, la ciencia en México se desarrolló con un cierto distanciamiento entre la teoría y la práctica. Los estudios matemáticos no fueron la excepción, aunque en los tratados de matemática aplicada los novohispanos se vieron en la necesidad de recurrir al sustento teórico de la matemática, de ahí que por lo general dedicaran un capítulo a este. La matemática que desde el siglo XVI comenzó a ser estudiada y difundida en la Nueva España emanó directamente de la matemática europea, la cual aún estaba en proceso de rescate, síntesis y asimilación de la matemática griega. La mayor parte de los tratados de matemática de esta época fueron de matemática aplicada, que desde el siglo XVI estuvo relacionada principalmente con la astronomía, agrimensura, gnomónica, los proyectos de desagüe, planeación de rutas comerciales, minería, etc.

La matemática en Europa desde la tercera década del siglo XVII sufrió grandes transformaciones, pasando de la síntesis a la creación, surgiendo nuevas ramas, entre ellas la geometría analítica y el cálculo infinitesimal. A pesar de que la difusión y asimilación de esta matemática europea en la Nueva España fue un proceso lento, no podemos en absoluto señalar que los estudios de matemática teórica realizados en esta colonia española estuvieran rezagados. Hasta antes de la fundación del Real Seminario de Minería, la mayoría de los matemáticos novohispanos centraron sus estudios principalmente en la aritmética y geometría, aunque no descuidaron el álgebra, la trigonometría y los logaritmos.

En la Nueva España de los siglos XVI y XVII los estudios matemáticos, al igual que los astronómicos, mantuvieron un lugar privilegiado en el interés de los hombres de ciencia, debido principalmente a la necesidad de conocer la ubicación exacta de cualquier punto del planeta y con ello establecer rutas que facilitaran el comercio en ultramar. Durante este periodo la difusión de la matemática se dio a través de folletos, algunos libros impresos y tertulias, en donde se discutían, entre otros temas, problemas matemáticos. De manera oficial no se enseñó esta ciencia en la Nueva España hasta 1637. En este año se fundó la

mayor durante los siglos XVI, XVII y XVIII; como ejemplo, basta recordar que Lutero consideraba a Copérnico un loco.

cátedra de Astrología y Matemáticas en la Real y Pontificia Universidad de México, la cual fue dirigida por el matemático y astrónomo fray Diego Rodríguez.³ El siglo XVII representó para la matemática novohispana un periodo fecundo ya que, como ha señalado Trabulse:

...fue precisamente en esta época [segundo tercio del siglo XVII] cuando la ciencia moderna penetró y se difundió en México [a través, entre otras vías, de la cátedra impartida por fray Diego Rodríguez y la tertulia científica encabezada por él mismo] y fue la obra de Sigüenza donde convergió esta novedosa corriente de apertura que se gestó y se desarrolló en los cuatro decenios anteriores a sus trabajos científicos... [que] se manifiesta desde el punto de vista científico como uno de los más brillantes de nuestra historia, no tanto por el volumen de lo producido... sino por los aportes que se hicieron en el campo de las matemáticas y de la astronomía.⁴

No hay que perder de vista las visiones religiosas dominantes en la Nueva España, que quizá en lo referente a la matemática teórica no manifestaron su oposición como en otras áreas del saber, como la astronomía, que con frecuencia fue difícil diferenciarla de la astrología. Aunque la astronomía científica pocas veces fue cuestionada por la Inquisición, fue esta disciplina la que, apoyada en la matemática, rompió con los paradigmas establecidos, tanto científicos como religiosos. De igual manera no hay que omitir los cambios socio-culturales en medio de los cuales estuvieron inmersas las sociedades del siglo XVII, que más que representar el fin de un periodo (no sólo en materia científica), significó la posibilidad de estructurar una visión global de la realidad en torno a la ciencia; implicó el inicio de la adaptación de toda la estructura cultural al mecanicismo.

1.- LOS ESTUDIOS MATEMÁTICOS EN LA NUEVA ESPAÑA: 1580-1630

El interés por los estudios matemáticos llegó a Nueva España en una etapa temprana, adoptando las tendencias y características de la matemática europea del siglo XVI (el

³ Recordemos que desde el siglo XVI, en el Convento de Tiripetío en Michoacán ya se enseñaba la geometría, pero no fue hasta el siglo XVII que se fundó una cátedra de matemáticas. Véase Marco Antonio Moreno Corral, *Copérnico y el Heliocentrismo en México*, México, 2002, Universidad de Guanajuato (UG)/SMHCyT.

⁴ Elías Trabulse, "La obra científica de Don Carlos de Sigüenza y Góngora (1667- 1700)", en Alicia Mayer (Coord.) *Carlos de Sigüenza y Góngora. Homenaje. 1700-2000*, México, UNAM, 2002, p. 94.

rescate y la síntesis del conocimiento matemático griego), aunque no de manera directa sino a través de la interpretación realizada por europeos de algunas de las obras matemáticas más representativas. En la colonia española los estudios de esta ciencia se concentraron en sus ramas tradicionales: la geometría, el álgebra, la aritmética y la trigonometría. Se elaboraron algunos tratados de matemática aplicada que por lo regular contaron con un apartado de matemática teórica.

Los primeros matemáticos de los que se tiene noticia en la Nueva España, gracias a la difusión de su obra, fueron autodidactas por necesidad, aunque lo elemental lo aprendieron en algunos colegios religiosos. No hay que olvidar que durante los siglos XVI y XVII estuvieron estrechamente vinculadas la astronomía, la matemática y la navegación, no sólo en la Nueva España, sino en todo el orbe, por lo que con frecuencia los hombres de ciencia novohispanos que se ocuparon del estudio de los fenómenos astronómicos fueron también matemáticos aficionados. La importancia e interés en el estudio de la matemática en la Nueva España en estos siglos son casi comparables al ímpetu de los estudios astronómicos, debido a que la astronomía en casi toda la época colonial se mantuvo como “aritmética”. Asimismo, las necesidades económicas hicieron que la matemática fuera estudiada con fines prácticos, de tal manera que se elaboraron varios tratados que, con el auxilio de la aritmética, álgebra y geometría, propusieron mecanismos más fáciles y eficientes para el cobro del quinto real, para conocer las dimensiones de un predio, etc.

A partir de la segunda mitad del siglo XVI, tras la fundación de la Real y Pontificia Universidad de México, se establecieron los primeros núcleos científicos de importancia. Dichos grupos no sólo se concentraron en la capital del virreinato, también los hubo en las ciudades de Puebla, Oaxaca, Valladolid de Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Guadalajara, Zacatecas, Guanajuato, Mérida, entre otras, siendo los centros matemáticos de mayor trascendencia los de la Ciudad de México y Puebla. Algunos de los elementos que caracterizaron a los hombres dedicados a la labor científica durante el periodo colonial fueron: la preocupación por dejar su legado científico, impreso o manuscrito; la importancia que le dieron a la enseñanza de la ciencia; la intervención en polémicas

científicas;⁵ la asistencia a reuniones esporádicas que se realizaban en forma de tertulias y el interés por los conocimientos científicos propios así como europeos.

Aunque es bien sabido que existió cierta comunicación entre los científicos novohispanos, así como entre estos y algunos científicos extranjeros, hasta el momento no se ha realizado un estudio de las relaciones existentes entre los científicos novohispanos, menos aún de los vínculos de algunos de estos científicos con los del resto de América, y con los de Europa, es decir, hasta hoy es inexistente un estudio de las redes científicas de los novohispanos que puedan dar luz sobre el alcance de estas redes y sus influencias recíprocas.⁶ Existen algunos intentos por parte de Rodríguez Sala y algunos otros historiadores de la ciencia en México, por establecer las redes científicas en el interior del virreinato de la Nueva España, pero hasta ahora, ninguno de estos intentos se ha dirigido de manera específica a las redes establecidas por los matemáticos novohispanos.

1.1.- De los tratados de matemática aplicada y su apartado de matemática teórica

La primera obra de matemática aplicada impresa en la Nueva España fue el *Sumario compendioso de las quantas de plata y oro que en los reinos del Pirú son necesarias a los mercaderes y todo genero de tratantes. Con algunas reglas tocantes a la aritmética* (1556), obra del “aritmético” Juan Diez. Consta de 124 páginas e incluye diversas tablas y una breve sección de “questiones o problemas de aritmética”, un apéndice de seis páginas de “arte mayor”, donde se hace uso de ciertos métodos algebraicos, acordes con los avances

⁵ Aunque en torno a la matemática sólo hemos identificado los debates en que participaron “el sujeto de Madrid”, “el sujeto de las Californias” y Antonio de León y Gama sobre el problema de la cuadratura del círculo, así como la polémica sostenida entre José María Mancilla y Mariano Esparza, sobre el mismo tema. De igual manera, la discusión entre Carlos de Sigüenza y Góngora y el jesuita alemán Eusebio Francisco Kino, la cual no fue propiamente matemática, sino astronómico-filosófica, sustentada en la matemática teórica, que trataba de la formación y naturaleza de los cometas, y que puede ser considerada la más afamada de las polémicas científicas en la Nueva España.

⁶ Fray Diego Rodríguez mantuvo correspondencia científica con su discípulo en Perú Francisco Ruiz Lozano, intercambiando datos sobre las observaciones astronómicas de los eclipses de 1638 y 1641, y mandó una obra al padre Claudio Dechaes a Madrid. Sigüenza, según su propia confesión, se carteaba con Kircher, Cavina, Caramuel, Cassini, Zaragoza, Flamsteed y muchos otros científicos europeos. Además intercambiaba información con Juan de Ascaray, catedrático de la Universidad de Lima, y recibió varios datos del jesuita Pedro van Ha mme, radicado en Pekín, y de su discípulo el cubano Marco Antonio Gamboa y Riaño. De igual manera la correspondencia que mantuvo el matemático y físico poblano Alejandro Fabián con el jesuita Athanasius Kircher con quien intercambió ideas acerca del magnetismo, y la sostenida entre Antonio de León y Gama y Joseph Jerome de Lalande y un contacto de California, José Antonio Alzate como miembro de la Real Academia de la Ciencia de París, etc.

logrados en la época. Plantea las soluciones de las ecuaciones cuadráticas (del tipo $x^2 + a = b$ y $x^2 + x = a$) en problemas prácticos. Esta obra tuvo una función práctica en la minería y en la economía ya que sirvió en la conversión de valores, en los cálculos del impuesto del quinto real y para diversas operaciones aritméticas que en la época resultaban difíciles de resolver, ha sido considerada la primera obra de carácter científico escrita en la Nueva España.⁷

La astronomía, la náutica y la matemática fueron tres disciplinas muy ligadas entre sí durante la época colonial, debido a los problemas de navegación y a las dificultades de fijar la longitud y latitud de cualquier punto del planeta. De igual manera cobraron importancia los estudios de los proyectiles, relacionados sobre todo con el ámbito militar. Los primeros impresos en la Nueva España relacionados con estos temas fueron la *Instrucción náutica para navegar* (1578) y los *Diálogos militares, de la formación e información de personas, instrumentos y cosas necesarias para el buen uso de la guerra* (1583), ambos de Diego García de Palacio. En el último expone “...acerca de la pólvora y los efectos propulsores provocados por una explosión... y de los principios matemáticos de la artillería, sobre todo el estudio del ángulo más adecuado en que debería colocarse un cañón para hacer que el proyectil lograra la máxima distancia posible.”⁸ En 1621 se publicó el *Arte de Navegar* de Juan Gallo de Miranda, quien se preocupó por dar solución al hasta entonces irresoluble problema de la determinación de la longitud en alta mar, basándose en la observación de los eclipses de sol y de luna.

Estos no fueron los únicos sectores en donde la labor del matemático se hacía necesaria. También se hicieron indispensables sus conocimientos en la agrimensura, la minería, las obras públicas, entre otras actividades, por lo que durante el periodo colonial se elaboraron tratados de medidas de tierras y aguas, tablas de cuentas, etc., basados en la geometría y la aritmética, principalmente. Debido a las necesidades económicas de la colonia, estas dos ramas de la matemática fueron las más estudiadas y explotadas. Aunque también veremos a los matemáticos infiltrados en las “ciencias ocultas” de la numerología y en los simbolismos de los espacios físicos, muy en boga en la arquitectura. Es decir, la recurrencia

⁷ Trabulsee, Elías, *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Siglo XVI*, México, CONACyT/ SEP, 1984, pp. 57-59.

⁸ *Ibidem*. p. 65.

del estudio de estas ramas de la matemática durante los siglos XVI y XVII, se debió tanto a cuestiones prácticas como a concepciones herméticas.

1.2.- Los tratados de matemática teórica

En el último tercio del siglo XVI, el jurista Juan Porres Osorio publicó sus *Nuevas proporciones geométricas* en donde ideó nuevos métodos para la división de la circunferencia y la construcción aproximada del polígono de 36 lados (con un error de 0.001). Además elaboró una tabla de latitudes y longitudes. Dicha obra sirvió como base al *Tratado de matemáticas* de Juan Pérez de Moya, quien hizo uso de los cálculos matemáticos. La tabla de longitudes y latitudes fue usada en la obra de astronomía teórica de Bartolomé de la Hera titulada *Repertorio del mundo particular de la sphaera del cielo y orbes elementales* (1584), donde se abordaron los auges de los planetas según las teorías de Ptolomeo y Copérnico.⁹

El arte menor de la aritmética (1623) de Pedro Paz fue la primera obra dedicada a la aritmética publicada en América; que junto con el *Arte menor de arithmetica y modos de formar campos* (1649), de Atanasio Reaton, son muy elementales y no reflejan en absoluto el conocimiento general de los matemáticos novohispanos; ambas nos sirven de ejemplo, para enfatizar que el estado de conocimiento de la matemática teórica en la Nueva España, al igual que en Europa, fue heterogéneo ya que en algunos grupos de científicos prevalecieron los elementos que caracterizaron a la matemática clásica. Es decir, el proceso de asimilación de la matemática europea en la Nueva España no se desarrolló de manera uniforme. Por lo que podríamos hablar de un largo periodo de transición.

⁹ A decir de Marco Antonio Moreno Corral, en *Copérnico y el heliocentrismo en México*, México, UG/SMHCyT, 2002, p. 75, el primer ejemplar de *Revolutionibus Orbium Coelestium* llegó a la Nueva España en 1600, por lo que seguramente De la Hera conocía la teoría copernicana de manera indirecta. El mismo Moreno Corral nos habla de que en 1570 Francisco Hernández, quien encabezó la primera de las expediciones científicas en la Nueva España, trajo consigo la *Naturalis Historiae* de Cayo Plinio Segundo, que tradujo, e incluyó un comentario sobre la importancia de la obra de Copérnico. Juan José Eguiara y Eguren en su *Biblioteca Mexicana* sostiene que en 1590 el jesuita Antonio Arias, profesor de filosofía en el Colegio de San

2.- LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN LA NUEVA ESPAÑA: 1630-1680

A partir de la tercera década del siglo XVII inició una corriente renovadora en torno a los estudios matemáticos y astronómicos que tomó fuerza a medida que transcurrió el siglo e introdujo algunos elementos de ciencia moderna. La matemática en la Nueva España durante este periodo se vio enriquecida y tomó mayor ímpetu gracias a los trabajos y a la cátedra de fray Diego Rodríguez, miembro de la orden de la Merced, así como a la tertulia científica de la Ciudad de México y al auge de un grupo de científicos cuyo núcleo fue la ciudad de Puebla. En 1637 se fundó la cátedra de Astrología y Matemáticas en la Real y Pontificia Universidad de México, dirigida hasta 1668 por fray Diego Rodríguez, siendo esto un indicador de la importancia que fue adquiriendo el estudio de esta ciencia en la Nueva España. La fundación de la cátedra coincide con el año en que Descartes publica su *Geométrie*, y durante el periodo en que el mercedario fue el titular, en Europa surgieron algunos de los aportes que sirvieron como pilares a la matemática moderna: la geometría analítica (1637), la geometría proyectiva sintética (1639), la teoría matemática de la probabilidad (1654), la aritmética superior (1665) y comienza a germinar el cálculo infinitesimal en las mentes matemáticas de Newton y Leibniz (en 1666, aunque éste no vio la luz como tal hasta 1675). Como ya se mencionó en el Capítulo I, éstas y otras ramas matemáticas surgidas en el siglo XVII se difundieron de manera lenta; su aceptación, asimilación y enriquecimiento en algunas de ellas se matizó durante el siglo XVIII y en las otras no se acentuaron sino hasta el siglo XIX o principios del XX. Es por esta razón que no podemos afirmar que la matemática estudiada y difundida en la Nueva España durante el periodo en cuestión estuviese en rezago. Muestra de ello son algunos trabajos de matemática teórica realizados por fray Diego Rodríguez y otros novohispanos, los cuales resultan ser bastante ingeniosos, tomando en consideración la formación e información que disponían.

Pedro y San Pablo y en Puebla, parece que introdujo algunas ideas sobre el heliocentrismo ya que el *Revolutionibus* de Copérnico, aún no estaba dentro de la lista de libros prohibidos.

2.1.- La matemática teórica bajo la óptica de un mercedario

Durante el siglo XVII el convento de la Merced en la Ciudad de México fue un núcleo científico activo no del todo ortodoxo. Prueba de ello es que entre sus paredes se formó el matemático novohispano más destacado del periodo colonial, Fray Diego Rodríguez, a quien se le ha atribuido la introducción de la ciencia moderna a la Nueva España.

Fray Diego Rodríguez se inició en el estudio de la matemática bajo la tutela de Fray Juan Gómez. Para Rodríguez, al igual que para los matemáticos europeos del siglo XVII, la única manera de aproximarse a la verdad, era por medio de la matemática, concretamente a través de la geometría. Sus manuscritos y su único impreso, así como su labor académica y la extraacadémica, nos muestran a un hombre comprometido con su labor científica, que dedicó su vida al estudio y enseñanza de la matemática, de tal manera que su labor tanto tecnológica, astronómica y teórica, estuvieron siempre sujetas a la matemática. Tal y como lo ha señalado Elías Trabulse, su principal estudioso:

La vieja noción de “filosofía natural” que abarcaba a todas [las] disciplinas ha desaparecido en su obra para dar lugar a la división de ciencias diferenciadas... logró desvincular definitivamente a las ciencias exactas de la metafísica y de la teología, tal como aparecían en el paradigma escolástico-medieval profesado en la Universidad...¹⁰

Su manuscrito *Tratatus Proemialium de Mathematices y de geometría* nos permite percibir a un fray Diego sujeto a la visión dominante de la época con respecto a la matemática, es decir, comprendida como un saber enciclopédico, dividida para su estudio en: matemática pura (Geometría, aritmética, álgebra y trigonometría) e impura (Gnomónica, mecánica, arquitectura, artes bélicas, astronomía, meteorología, música, cosmografía, geografía, prosopografía, geodesia, magnetismo hidrostática y calendarios).¹¹

¹⁰ Trabulse, *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630-1680)*, p. 74. Recordemos que hasta muy avanzado el siglo XVIII, en Europa el concepto de Filosofía Natural, influenciado por el aristotelismo, englobó lo que más tarde se denominó, física, química, astronomía, biología, etc. Pero la matemática desde finales del siglo XVI fue visualizada como un saber enciclopédico independiente de esa filosofía natural, que dejó atrás las concepciones místico- religiosas. Esta misma concepción de la matemática llegó a la Nueva España y se ve reflejada en la obra matemática de fray Diego.

¹¹ División para la matemática pura propuesta por Fray Diego Rodríguez: *Geometría*: Traducción y comentarios a Euclides, solución de triángulos, cálculo de áreas, círculo, elipse, parábola, hipérbola, perspectiva, dióptrica, catóptrica, óptica. *Aritmética*: Numeración, las cuatro operaciones con enteros y

Para fray Diego la matemática representa el más eficiente de los métodos para acceder a la verdad, por poseer un lenguaje universal y las cualidades de continuidad (en la aritmética, la perspectiva y la astronomía) y de discontinuidad (en la aritmética y la música). Fray Diego concibió a la geometría como la base de cualquier saber matemático. Consideró que la geometría, más que la lógica deductiva, era la vía para conocer la naturaleza y sus leyes, cuyo campo de estudio son las magnitudes, las proporciones y las figuras, y su aplicación se encuentra en la geodesia, la agrimensura, la astronomía y la arquitectura. De la aritmética sostuvo que era la encargada del estudio de los números y sus propiedades, mientras que concibió a la trigonometría como el alma de la matemática y el único refugio para el matemático.¹²

Seis tratados manuscritos y un impreso han desafiado los estragos del tiempo y llegado hasta nosotros. No corrieron la misma suerte su tratado sobre logaritmos y un tratado de tecnología, de los cuales tenemos noticias gracias a su biógrafo fray Francisco de Pareja. Sus escritos nos muestran la concepción que el mercedario tenía sobre la matemática: tres de sus manuscritos tratan de matemática teórica y los otros tres, junto con el impreso, de matemática aplicada, cuyo centro de estudio fue la astronomía y la gnomónica; a su vez infiltró algunos apartados tecnológicos, en sus tratados (de matemática teórica y en los de matemática aplicada), en los que proporcionó las guías y esquemas de construcción de aparatos matemáticos y astronómicos.

2.2.- La matemática “pura”¹³

La obra de fray Diego que trata de la matemática teórica se encuentra en su totalidad manuscrita y está constituida por tres tratados. El primero de ellos es un estudio de la geometría conocida en la época, en el cual introdujo un apartado de aritmética, rama de la

quebrados, progresiones aritméticas, raíces cuadradas y cúbicas de cuadrados y cubos perfectos e imperfectos, exponentes cuadrados, cubos, proporciones, regla de tres, cálculo. *Álgebra*: Ecuaciones cuadráticas, cúbicas y de cuarto grado, logaritmos. *Trigonometría*: Funciones trigonométricas, tablas, ecuaciones trigonométricas, tablas logarítmicas de funciones trigonométricas, trigonometría esférica. *Tratatus Promialium Mathematices y de Geometría*, Manuscrito de México, Biblioteca Nacional de México (BNM), Signatura MS., 1519.

¹² *Ibíd.*

¹³ En este apartado llamaremos matemática pura a lo que hasta el momento hemos denominado matemática teórica, por ser ese término el más usual en la época en cuestión y por lo tanto por ser el utilizado por este matemático novohispano.

matemática que abordó a profundidad en un segundo manuscrito en donde a su vez incluyó el estudio de la trigonometría y de los logaritmos; estos últimos los analizó posteriormente en otro manuscrito, que se encuentra extraviado, representando este la posibilidad de contener un aporte real a la matemática teórica por parte de un novohispano. Al final del manuscrito de los logaritmos y la aritmética realizó una breve introducción al estudio del álgebra, que retomó en el último de sus escritos, siendo éste el tratado que le implicó un trabajo de mayor cuidado, en el interior del cual propuso la resolución de problemas de alto grado de complejidad, en los cuales aceptó la existencia de los números imaginarios. La obra de matemática “pura” elaborada por fray Diego respeta la división y orden propios de época. De igual manera, refleja su idea de que el conocimiento de esta ciencia es enciclopédico, que las ramas de la matemática se encuentran relacionadas entre sí. Debido a que la geometría representaba para nuestro autor “la base de cualquier otro saber matemático”, su primer tratado lo dedicó al estudio de esta rama.

El *Tratatus Proemialium de Mathematices y de geometría* que lleva como subtítulo *Breve tratado de las disciplinas elementales matemáticas*, fue redactado entre 1640 y 1643, es decir, cuando ya la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Universidad y la tertulia científica de la Ciudad de México estaban en funcionamiento. La obra contiene una sección introductoria y seis capítulos,¹⁴ y la dedicó a su *Mater Alma Mexicana Academia*, la Universidad.

En este tratado, fray Diego expuso de manera teórica sus concepciones acerca de la matemática, siendo el centro de su estudio de matemática teórica la geometría, que desarrolló en nueve partes. Este tratado lo abordó partiendo de lo más elemental, es decir, del estudio de las figuras geométricas más simples, prestando especial cuidado al cálculo de las áreas, basándose principalmente en Euclides. Debido a la importancia de los ejercicios-ejemplos en la matemática, fray Diego Rodríguez dedicó un apartado a la solución de algunos problemas relacionados con el cálculo de superficies, reducción de un tipo de triángulo a otro, combinaciones de áreas y equivalencias entre superficies de

¹⁴ Los capítulos son los siguientes: 1. De la matemática en General. Qué cosa es la matemática y en que medida y razón se distingue de la física y la metafísica, 2. De la división de las disciplinas matemáticas en puras y en impuras y sus definiciones, 4 De la presencia y la utilidad de la geometría especulativa, 5. De la división de la Geometría y de los Elementos de Euclides, Qué cosa es teorema, qué problema, qué proposición y qué lema, para los matemáticos y 6. Cuáles son los principios de las matemáticas. *Op. cit. Tratatus Promialium Mathematices y de Geometría*

triángulos, cuadrados y paralelogramos, que obedecieron en primera instancia a la necesidad de contar con agrimensores bien preparados. Posteriormente, dedicó una sección al estudio del círculo, la elipse, parábola e hipérbola¹⁵ y proporcionó los métodos para dibujar dichas figuras así como la descripción de los instrumentos matemáticos necesarios para ello, entre los cuales destaca un compás para trazar diversos tipos de elipses de su creación. En este tratado es evidente la preocupación de Fray Diego por otro tipo de matemática, la estrictamente tecnológica. Apoyado en la obra de Jaques Besson, estudió y dibujó 17 aparatos que van desde compases de proporción y alidadas, hasta tornos, máquinas para cortar madera, taladros, morteros y poleas. De igual manera, realizó el estudio de instrumentos de precisión necesarios en matemática y astronomía. Al final de esta obra incluyó una sección de aritmética con nociones de potencias, raíces y progresiones aritméticas del tipo: $a + a^2 + a^3 + \dots + a^n$?, la cual retomó en su siguiente obra, mostrando de esta manera una correspondencia y una continuidad a su visión enciclopédica de la matemática.

En 1636, antes de ser fundada la cátedra de Astrología y Matemáticas en la Universidad de México y siendo quizá este tratado el que respaldó sus “30 años de experiencia en el estudio de la matemática” del que se hace mención al serle otorgada la cátedra, Fray Diego redactó un manuscrito titulado *De los logaritmos y la aritmética*, cuyo objetivo fue facilitar y simplificar todo tipo de cálculos. Se trató de un texto de computación cuya base fueron las diversas tablas logarítmicas útiles para las mediciones astronómicas. Este manuscrito lo dividió en seis partes. La primera de ellas es una explicación pormenorizada sobre lo que eran y cómo debían ser usados los logaritmos en los problemas sencillos de aritmética, es decir, en este apartado trató de manera específica la resolución de problemas en que estuvieron involucradas las potencias y raíces; para ello se apoyó en los tratados de John Neper, creador del cálculo logarítmico (para los problemas que implicaron raíces cuadradas de números con más de cinco cifras). También dio una amplia explicación del uso y utilidad práctica de los logaritmos naturales, proponiendo la solución de problemas

¹⁵ Desconocemos si el método que utilizó para la solución de dichas figuras fue bajo las fórmulas propuestas por Descartes y Fermat en su geometría analítica; de ser así, estaríamos frente al conocimiento en la Nueva España de dicha rama de la matemática moderna, obviamente antes que ésta se viera enriquecida con los aportes del cálculo infinitesimal. Esto vendría a consolidar la hipótesis de que la matemática teórica en la Nueva España durante este periodo se mantuvo muy alerta a las innovaciones de la matemática europea, lo cual se nos presenta de manera muy clara en sus otras dos obras manuscritas de matemática teórica.

haciendo uso de la propiedad general: $\log MN = \log M + \log N$. Continuando con las tablas logarítmicas de números naturales y funciones trigonométricas, elaboró tablas precisas hasta de nueve dígitos. Estas fueron las primeras tablas logarítmicas de funciones trigonométricas de que se tenga noticia en México. La utilidad astronómica que les dio queda reflejada en sus tratados así como en los de otros novohispanos que hicieron uso de ellas, entre los cuales destaca Carlos de Sigüenza y Góngora. Dichas tablas trataron tres de las funciones trigonométricas, -senos, tangentes y secantes- y fueron elaboradas bajo las fórmulas generales $\log a = \log A + \log c$; $\log a = \log \tan A + \log b$ y $\log \sec A = -\log \cos A$.¹⁶

El *Tratado de las ecuaciones. Fabrica y uso de la Tabla Algebraica discursiva*, lo redactó entre 1640 y 1660; muy probablemente le llevó más de una década elaborarlo, debido, sobre todo, a sus actividades académicas y extraacadémicas, incluyendo en estas últimas las efectuadas como maestro perito en el desagüe de la Ciudad de México, así como la colocación de las campanas de la Catedral Metropolitana. A ello hay que agregarle su empeño en que el manuscrito en cuestión estuviera lo más completo posible. Dividió el tratado en ocho breves cuadernos, que conforman tres secciones bien definidas en donde abordó problemas algebraicos concretos. En la primera de dichas secciones, dio solución a ecuaciones de segundo grado bajo la formula general; esta sección se subdivide en dos partes. En primer lugar, las “Tabla Algebraica Discursiva”, formada por un conjunto de tablas particulares que permiten la solución directa de ecuaciones cuadráticas del tipo $x^2 + ax + b = 0$. Es obvio que conoció los trabajos de los algebristas italianos del siglo XVI, sobre todo los de Cardano, Tartaglia y Ferrari, porque al igual que ellos se planteó y dio solución a ecuaciones del tipo: $x^3 + 48 = 28x$, $x^3 + 576 = 17x^2$, $10x = x^2 + 7y$ y $x^2x^3 + x^2 + x - 1 = 0$.

Fray Diego analizó casos específicos de ecuaciones de cuarto y quinto grados; por ejemplo, resolvió la ecuación de cuarto grado sin términos en x^3 y x , también dio solución a la ecuación de quinto grado $x + x^3 = a$, ambas por el método de reducción. Fue capaz de establecer las raíces de una ecuación con base a la solución de la ecuaciones cúbicas de Tartaglia, y a lo que al problema del número de raíces en una ecuación se refiere, Fray

¹⁶ Donde a y b = catetos y c = hipotenusa en un triángulo rectángulo y A , B y C son los ángulos de dicho triángulo, siendo C el ángulo recto. Véase: Fray Diego Rodríguez, *De los logaritmos y la aritmética*, (MS) S.

Diego, al igual que Girard, Descartes y otros, dedujo que toda ecuación de grado n tiene n raíces, las cuales podían ser positivas o negativas, racionales o irracionales, lo cual, a decir de Trabulse "...lo condujo al estudio particular de dos tipos de raíces, las irracionales, que aparecen en ecuaciones del tipo $x + x^3 + k = 0$; y las imaginarias".¹⁷

El método por el cual resolvió las irracionales lo denominó de "expansiones", y consistió en la asignación de un valor base x a partir de una progresión geométrica determinada, el valor de x aumentaría o disminuiría hasta resolver la ecuación. Dicho método resulta laborioso pero sin duda es muy original y efectivo para la solución de dichas ecuaciones. Con frecuencia se ha pretendido que éste es el antecedente novohispano de lo que más tarde fueron los máximos y los mínimos en los límites del cálculo infinitesimal, cosa que está muy lejos de la realidad ya que el problema planteado para tal efecto estuvo relacionado con las tangentes. Las ecuaciones que dieron como resultado números imaginarios, con las que se encontró de manera recurrente, en primera instancia las definió como "falsas" e imposibles, tal y como hizo Descartes unas décadas antes, pero al seguir apareciendo terminó por aceptar su existencia. En el caso específico de los números imaginarios, este tratado contiene la primera noticia hasta ahora conocida de ellos en la Nueva España.¹⁸

A través del cronista de la orden de Nuestra Señora de la Merced, fray Francisco de Pareja, se tiene conocimiento de que fray Diego Rodríguez escribió en 1631, un tratado sobre logaritmos, que envió a Madrid al padre Claudio Declales para que lo publicara pero debido a la edad avanzada de este último no fue posible, así que lo envió a su discípulo Francisco Ruiz Lozano a Perú, en donde se le ha perdido la pista. Vale la pena transcribir parte del testimonio del padre Pareja con respecto a dicho tratado:

Llegó a ser tan perfecto aritmético que llegando a la ciudad un tratadito pequeño de logaritmos¹⁹ que es la cuenta más difícil que se halla, ni se ha descubierto en la aritmética, así que lo vio lo

XVII. Biblioteca Nacional de México, MS- 1520.

¹⁷ Trabulse, *op. cit.*, *Los orígenes...*, pp. 187-188. Las ecuaciones cúbicas de Tartaglia a las que se refiere son del tipo: $x^3 + px^2 = q$, $x^3 = px^2 + q$ y $x^3 + q = px^2$. Las raíces irracionales aparecen en ecuaciones bicuadráticas del tipo $x^2 - x^3 - 16x^2 + 59x + 13 = 0$, en donde una de las raíces es $x = 3 + 2i$.

¹⁸ Dichas raíces irracionales aparecen en ecuaciones bicuadráticas del tipo $x^2 - x^3 - 16x^2 + 59x + 13 = 0$, en donde una de las raíces es $x = 3 + 2i$.

¹⁹ Pudo tratarse de cualquiera de las obras de Neper, ya sea el *Mirifici logarithmorum canonicis description* (1614) o la *Construction canonicis logarithmorum* (1619), aunque entre la fecha de publicación de la primera en

comprendió de calidad que hizo dos tomos de ellos, con grandísima perfección, ya habiéndolos enviado a Madrid manos del dicho P. Claudio, con carta para que los imprimiese, aunque fuese en nombre de otro, porque no se perdiese una obra tan singular que le había costado mucho trabajo, se los volvieron diciéndole que dicho P. Claudio estaba ya muy viejo... Y viéndose con dichos libros muy afligido considerando que se le habían de perder acordó enviarlos a la ciudad de Lima Perú, donde tenía un discípulo que había sido suyo en esta Universidad, llamado Francisco Ruiz Lozano... y allá en dicha ciudad de Lima se quedaron y podrá ser que en algún tiempo salgan a la luz para provecho de muchos en su inteligencia.²⁰

No se conoce nada sobre su contenido definitivo, pero los escritos sobre logaritmos que han llegado hasta nosotros de fray Diego nos permiten especular que dicho tratado debió de ser muy novedoso, ya que fue escrito 30 años antes de las obras de José de Zaragoza y Juan Caramuel en España, quienes lograron desarrollar y profundizar su estudio.

2.3.- La matemática “impura”

Fray Diego Rodríguez no limitó sus conocimientos matemáticos a las exposiciones en el aula universitaria. Siendo un aritmético reconocido, fue nombrado contador de la Real y Pontificia Universidad de México; de igual manera fue considerado, por parte de las autoridades virreinales, un geómetra y un aritmético experto, por lo que participó como uno de los tres peritos en la problemática del desagüe de la Ciudad de México. Para Calcular el volumen de tierra que era necesario sacar para el canal en construcción y propuso algunos métodos para que fuese más rápida la labor, aunque seguramente debido a sus múltiples ocupaciones en la Universidad y en el claustro de la Merced, fray Diego sólo efectuó una visita al lugar donde se hizo la zanja. En 1654, cuando se realizaron los trabajos de reconstrucción de la catedral metropolitana, se expidió una convocatoria a todos los maestros peritos para la labor de pasar la campana mayor de la antigua torre a la recién construida. Entre los que presentaron su proyecto estuvieron Melchor Pérez de Soto y fray Diego Rodríguez, siendo el proyecto de este último el elegido. A decir del cronista Guijo, la campana llamada Doña María pesaba 450 quilates y fue bajada con la ayuda de una

1631 aparecieron varias obras de logaritmos de: Speilde, Kepler, Briggs y Gunter. En 1620 Bürgi publicó su obra sobre antilogaritmos.

estructura de madera, quizá una rampa ya que nos dice que “bajo rodando” y fue subida a la otra torre, al parecer, en una plataforma de madera con el uso de cuerdas y poleas.²¹ De igual manera fue un constructor minucioso de instrumentos astronómicos y matemático, su celda conventual era literalmente un taller, en donde lo mismo se podía encontrar una regla, un compás para elipses que un reloj portátil.

La obra manuscrita e impresa de fray Diego Rodríguez sobre matemática aplicada abarca tres líneas muy relacionadas entre sí: la tecnológica, la astronómica y la gnomónica. Con el apoyo de estas dos ciencias y la tecnología dio solución al viejo problema de determinar la longitud exacta del Valle de México, la cual pudo calcular gracias a las observaciones que realizó del eclipse de luna de diciembre de 1638, bajo el método de diferencia de meridianos. Haciendo uso de las tablas de Magiri, Tycho Brahe, Kepler, Lansbergio, Longomontano y las propias, obtuvo la mejor aproximación de la longitud realizada durante la época colonial, la cual determinó en 6h 45' 50'', es decir, a 101° 27'30'' al occidente de París; esto lo logró gracias a su método de trabajo: el uso de las tablas astronómicas previamente elaboradas, las observaciones rigurosas del fenómeno y el cálculo con trigonometría esférica en el que obviamente hizo uso de los logaritmos. Dicho estudio está contenido en el *Tratado del modo de fabricar relojes. Horizontales, Verticales, Orientales etc. Con declinación, inclinación, o sin ella: por Senos rectos, tangentes, etc. Para, por vía de números, fabricarlos con facilidad*. Como ha afirmado Trábulse, fray Diego:

A partir de los resultados que obtuvo realizó un primer cálculo trigonométrico, de la longitud de la ciudad de México. Por medio de aproximaciones sucesivas y empleando logaritmos en las operaciones obtuvo un valor de 7 horas 51 minutos al occidente de Frankfurt, resultado que consideró provisional en tanto no ocurriera ‘otro eclipse’ que le permitiera afirmar ese resultado. El suceso celeste que le permitió obtener el valor definitivo fue el espectacular eclipse de Sol del 9 de mayo de 1641 que su discípulo Francisco Ruiz Lozano observó simultáneamente en Lima.²²

Dichas observaciones le permitieron no sólo fijar la posición de la Ciudad de México sino también la de Lima, haciendo posible que su discípulo pudiera determinar las

²⁰ Pareja, Fray Francisco de, *Crónica de la Providencia de la Visitación de Ntra. Sra. De la Merced Redención de Cautivos de la nueva España*, México, Imprenta de J.R Barbedillo y Cía, 1882, pp. 246- 248.

²¹ Trábulse, *op. cit.*, *Los orígenes de la ciencia moderna...*, pp. 31-34.

coordenadas de los principales puertos y ciudades de Perú. Los elogios suscitados por las observaciones y cálculos efectuados por el mercedario vendrían de los científicos novohispanos más reconocidos: Carlos de Sigüenza y Góngora, Joaquín Velázquez de León, José Antonio Alzate y Antonio de León y Gama.

Su *Tratado* está dividido en once secciones, las cuatro primeras las dedicó a los aspectos teóricos de la gnomónica, las cuatro siguientes las destinó a la explicación para construir relojes de sol y de luna, y el resto estuvo centrado en el cálculo de los eclipses de 1638 y 1641. Su interés por construir relojes precisos fue sobre todo de orden astronómico, para poder calcular las coordenadas de la Ciudad de México y con ellas las del resto de las ciudades y puertos importantes del virreinato. De igual manera, su deseo fue dotar a los novohispanos de relojes precisos para sus labores cotidianas, tomando en cuenta para su construcción la posición geográfica exacta de los lugares en donde se colocaron. De estos relojes solares, el de mayor importancia, por su tamaño y significado de hermandad entre los mercedarios y los dominicos, es el que construyó para el convento de Santo Domingo de la ciudad de Oaxaca en 1639.

Sus tablas astronómicas, que más tarde emplearía Carlos de Sigüenza y Góngora, están incluidas en su *Doctrina general repartida por capítulos de los eclipses de Sol y de Luna y primero de los de Sol que se suceden en los 90 grados de eclíptica sobre el horizonte en todas las alturas de polo así septentrionales como meridionales*. Esta obra contiene sus estudios sobre astronomía de observación, así como sus concepciones sobre el sistema del mundo; la dividió en ocho apartados, cuyas temáticas son: astronomía teórica, astronomía práctica y cosmología. Hizo un estudio de la posición de los astros y de la naturaleza de los eclipses, también calculó las paralajes e hizo uso de las tablas logarítmicas de Neper para el cálculo del ángulo entre la eclíptica y la vertical. En esta misma obra se localizan las tablas de su creación, con las cuales calculó la longitud de la Ciudad de México; nos referimos a las “Tablas de paralajes y de refracción de los rayos de Sol y Luna en longitud y latitud” y a la tabla de “Parallajes longitudis ad elevationem poli 19° 15’.”²³

Fray Diego también abordó el tema del sistema del mundo e incluyó las efemérides sobre los movimientos lunares que van desde 1500 a 1700, algunas tablas astronómicas

²² *Ibíd.* pp. 198-199.

²³ *Ibíd.* p. 190.

calculadas con base a la posición geográfica de la Ciudad de México, así como el método para observar los eclipses y para calcular su paralaje.

La última de sus obras manuscritas es el *Modo de calcular qualquier eclipse de Sol y Luna según las tablas arriba propuestas del movimiento del Sol y la Luna según Tycho*. El título ya nos da una idea de su contenido. En su interior expuso el método utilizado por él para hacer el cálculo de dichos fenómenos celestes, que no es otro sino el ya mencionado: el uso de las tablas astronómicas previamente realizadas sobre el fenómeno, la importancia de observaciones rigurosas y, finalmente, el cálculo matemático del fenómeno.

El único de sus tratados que fue impreso lo tituló *Discurso etherológico del cometa visto en aqueste hemisferio mexicano; y generalmente en todo el mundo. En el año de 1652...* Este tratado está estrechamente relacionado con los dos anteriores; en él matizó algunas de las ideas ya abordadas, relacionadas sobre todo con el sistema del mundo. Esto nos permite establecer que para fray Diego la astronomía, la gnomónica y la tecnología formaban parte del vasto saber enciclopédico de la matemática. Su *Discurso* es muestra del conocimiento que fray Diego y otros novohispanos tuvieron de las teorías astronómicas en boga. Fray Diego tuvo conocimiento de las observaciones efectuadas por Galileo sobre los satélites de Júpiter y las manchas solares, y las de teorías keplerianas sobre la naturaleza ultralunar de los cometas, y antes de Sigüenza y Góngora refutó la teoría de que los cometas eran producidos por exhalaciones: afirmó no saber el origen ni la naturaleza de estos astros errantes, pero negó su naturaleza maligna. La desmitificación de los cielos la consolidó con sus observaciones y cálculos de paralajes del cometa ultralunar de 1652, y afirmó que su órbita era circular y no en línea recta como lo pensó Kepler. Como complemento a su teoría sobre los cometas agregó su hipótesis gravitacional apoyada en las teorías de William Gilbert. Además fray Diego concibió al cosmos como perfectamente geométrico y le otorgó una propiedad musical, basándose en las concepciones keplerianas. A pesar de que Trabulse sostiene la adhesión de manera velada de Fray Diego a la teoría heliocentrista copernicana, considerando que en la época coexistieron varias teorías del sistema mundo (siendo las tres dominantes las de Ptolomeo, Copérnico y Tycho Brahe), la religiosidad y conocimiento científico del mercedario, podríamos suponer que Fray Diego, tomando algunos elementos de las teorías del sistema mundo, incluyendo algunos otros

producto de sus observaciones y cálculos astronómico, elaboró su propia concepción del cosmos. Desconocemos si así fue.

La obra matemática de fray Diego Rodríguez mantiene una correlación con la astronomía, la gnomónica y la mecánica. Sus principales aportaciones en el campo de las matemáticas fueron los estudios algebraicos en el análisis de las ecuaciones de cuarto y quinto grados con raíces irracionales e imaginarias, el estudio de los logaritmos y la elaboración de tablas logarítmicas de funciones trigonométricas, que resultaron de evidente utilidad en los cálculos astronómicos al eliminar las laboriosas tablas que se usaban desde hacía varios siglos. De igual importancia son sus estudios de trigonometría esférica y de cronometría. Otro aporte fundamental a la ciencia en la Nueva España consiste en que formó un grupo receptivo a los avances desarrollados por los europeos en la matemática y la astronomía. En el siglo XVII, las ideas modernas penetraron a la Nueva España a través de las ciencias exactas. Fray Diego Rodríguez dedicó toda su vida al estudio y enseñanza de las ciencias matemáticas. Por los elementos científicos, así como por la cultura científica en la que estaba inmerso, este mercedario está cerca de los hombres que en Europa iniciaron la Revolución científica en el siglo XVII.

2.4.- La Cátedra de Astrología y Matemáticas y la tertulia científica

En 1637 se fundó la Cátedra de Astrología y Matemáticas en la Real y Pontificia Universidad de México, como respuesta a la solicitud de los estudiantes de medicina y a la iniciativa de su primer titular, el mercedario fray Diego Rodríguez, quien con el respaldo de los escritos y tratados matemáticos que había realizado, con 41 años de edad, le fue otorgado el nombramiento de catedrático de matemáticas por el virrey marqués de Cadereyta el 23 de marzo de ese año. La cátedra estuvo considerada como de propiedad,²⁴ y era obligatoria por un curso para los estudiantes de las Facultades de Medicina y de Arte. En un inicio se dictó en latín, como era habitual en la época, pero posteriormente se impartió en castellano. Su plan académico incorporó estudios de astronomía, trigonometría,

²⁴ La titularidad de la cátedra era vitalicia, el catedrático tenía derecho a jubilarse de manera voluntaria después de 30 años, a su vez tenía derecho a nombrar sustitutos durante algunos periodos, esto fue muy común debido sobre todo al corto sueldo que se percibía y a las múltiples ocupaciones extraacadémicas de sus titulares.

álgebra y cosmografía. En la cátedra bajo el magisterio de Rodríguez, se explicaron las teorías astronómicas de Sacrobosco, Ptolomeo, Pedro Apiano, Tycho Brahe, Cópernico, Galileo, Kepler, Gilbert, Lansbert, Magini, Reibhold, Maestlin y Longomontano; en matemática se exponía a Euclides, Juan Monterregio, Tartaglia, Cardano, Bombelli, Cristóbal Clavio, Neper y Stevin. Es evidente la corriente de modernidad académica que se introdujo a través de esta cátedra en la Real y Pontificia Universidad de México, que marcó un hito en la historia de la ciencia novohispana²⁵.

Sin embargo, la jerarquización de las facultades, así como la naturaleza misma de la cátedra, difícilmente hicieron de la Universidad un núcleo de ciencia matemática. A pesar de que la Universidad fue fundada por la Corona, sus aulas y su administración estuvieron dominadas por miembros de las distintas ordenes religiosas, por lo que en el siglo XVII hubo una gran cantidad de miembros del Convento de la Nuestra Señora de la Merced encabezando cátedras y la administración, es decir, en las aulas y pasillos universitarios se respiraba un ambiente religioso. Además existió entre los doctos la idea generalizada de que las ciencias del espíritu (teóricas) eran de mayor valía que las prácticas. Dentro de la estructura universitaria de las cuatro facultades principales, la de Medicina era la última en importancia. Los miembros de esta Facultad, por estatuto, no podían ocupar el rectorado. En el ámbito laboral, la posibilidad de acomodo y el prestigio profesional de un médico fue menor comparado con los egresados de las facultades de leyes, cánones o teología, lo que originó que la matrícula fuera reducida. En consecuencia, fueron pocos los estudiantes que estuvieron obligados a llevar la asignatura de matemáticas.

La poca importancia que la cátedra tuvo para los doctos universitarios, quedó reflejada en el hecho de que el titular no estaba obligado a tener el grado de doctor, así como que dicho catedrático no pudiera aspirar a un mejor puesto en la Universidad mientras fuera el propietario de la cátedra, aunque sí se le permitió compartirla con labores propias de un oficial, como lo las de contador. Como señala González González: “No siendo parte de escalafón alguno, faltaba entidad a la cátedra para propiciar que en torno a el profesor y

²⁵ Felipe IV, en su Ordenanza de 1636 disponía que: En el primer año enseñará a Sacrobosco, las cuatro reglas de la aritmética, regla de tres, raíces cuadradas y cúbicas y algunos quebrados. Las *Teóricas* de Purbach y las *Tablas Alfonsinas*. En el segundo año los seis primeros libros de Euclides, trigonometría plana, los *Triángulos Esperales* de Juan Montenegro y el *Almagesto* de Ptolomeo. Durante el tercer año cosmografía y náutica, observaciones astronómicas, tecnología y en vacaciones podría enseñar gnomónica y tecnología. Al respecto ver: Trubulsee, Elías, *La ciencia perdida. Fray Di ego un sabio del siglo XVII*, México, FCE, 1985, p. 27.

estudiantes se constituyeran en comunidad profesional, y menos aún, en una ‘comunidad científica’... Si más allá de la obligación, alguien oía matemáticas por interés personal, la institución no tenía ningún certificado oficial que otorgarle.”²⁶ Aun con ello, su primer titular se empeñó en “enseñar la única manera de conocer la verdad” al reducido grupo de estudiantes. Fray Diego Rodríguez fue por mucho el mejor titular de esta cátedra durante todo el periodo colonial; sus métodos didácticos hicieron posible que varias generaciones de médicos, astrónomos, matemáticos, arquitectos y agrimensores se beneficiaran de sus enseñanzas y que a su alrededor se formara una tertulia científica como respuesta al carácter teológico de la educación universitaria.

La tertulia científica que se formó en torno a fray Diego tuvo como propósito discutir temas de matemática, astrología, astronomía y arquitectura, por lo que sus integrantes oscilaron entre médicos, bachilleres, maestros universitarios, estudiantes de la cátedra, arquitectos, químicos y algunos hombres interesados en la ciencia.²⁷ A decir de Trabulse, casi todos sus miembros fueron criollos, adictos a la doctrina hermética y proclives a la matemática, la astronomía y a la astrología tal como la practicaban en Europa muchos de los astrónomos más destacados. Parece ser que entre sus miembros existía una especie de lenguaje para ocultar algunos de sus conocimientos, como lo indican las obras religiosas y hagiográficas publicadas por algunos de ellos. Es indudable la movilidad de libros, tanto científicos como de otra índole, que se dio entre sus miembros. La tertulia tuvo su centro durante más de una década en el Convento Grande de la Merced y sus reuniones se llevaron a cabo en la casa de algunos particulares que contaron con cuantiosas bibliotecas, librerías o imprentas. La existencia de la tertulia no fue del todo desconocida y además fue aceptada por eclesiásticos y burócratas de la Ciudad de México; la Inquisición permitió la publicación de sus almanaques y lunarios sólo bajo la revisión y supervisión de Fray Diego hasta 1646, ya que el mercedario fue el único capacitado para determinar qué era “ciencia real” y qué caía en el campo de las ciencias ocultas.

²⁶ González González, Enrique, “Sigüenza y Góngora y la Universidad: Crónica de un desencuentro”, en Alicia Mayer (coord.), *Carlos de Sigüenza y Góngora. Homenaje: 1700- 2000*, México, UNAM, 2002, p. 211

²⁷ Además de fray Diego Rodríguez, se encontraban otros criollos afamados: fray Nicolás de Alarcón astrónomo de la orden de los carmelitas; Guillén de Lampart, astrólogo; el también astrólogo mulato Gaspar Rivero Vasconcelos; el bibliófilo y astrólogo Melchor Pérez de Soto; el agustino Felipe de Castro; Nicolás de Robles; el médico Rafael López de Bonilla; el almirante Pedro Porter y Casanate; el librero Antonio Calderón Benavides; el discípulo del mercedario, el peruano Francisco Ruiz Lozano; entre otros.

La tertulia tuvo una corta existencia: su decadencia se inició en 1646 y se disolvió en 1655. Dicha crisis obedeció a los problemas políticos que aquejaban a la Nueva España y a la acción de un grupo de inquisidores ortodoxos. En efecto, la existencia de la tertulia quedó registrada en la historia no tanto por sus publicaciones como por a los procesos que la Inquisición llevó a cabo en contra de algunos de sus miembros, acusados de heterodoxia científica o de practicar la astrología judiciaria. En dichos procesos el nombre del mercedario fue pronunciado en repetidas ocasiones.²⁸

La importancia científica de la tertulia es incuestionable, debido a que fue el espacio alternativo por el que se difundieron las teorías científicas modernas, a través de una estructura hermética. A ello hay que agregar el hecho de que entre sus miembros, una comunidad culta heterogénea, existió un intercambio activo de bibliografía. Cabe señalar que la obra científica de Fray Diego no fue publicada, quizá por lo costoso que resultaba y la poca demanda de textos científicos, además de que su impresión hubiese requerido de caracteres tipográficos especiales, con los que las imprentas novohispanas no contaban. Podría ser que el acoso por parte de la Inquisición del que fueron objeto los miembros de la tertulia haya influido en la decisión del mercedario de no llevar a imprenta su obra científica.

3.- LA NUEVA ESPAÑA Y LA MATEMÁTICA: 1680-1750

Los elementos de modernidad, que se fueron introduciendo paulatinamente y que serían particularmente notorios en fray Diego Rodríguez, siempre estuvieron coexistiendo con elementos clásicos, aunque una vez introducidas algunas de esas ideas modernas, su aceptación y desarrollo se dio de manera rápida entre algunos novohispanos.

Al finalizar el siglo XVII se vivió en Nueva España un espíritu renovador. Fueron filtrándose lentamente las ideas emanadas de la Ilustración francesa y la filosofía moderna llegó hasta las aulas de los conventos novohispanos a través de una reforma didáctica,

²⁸ Son los casos de fray Nicolás de Alarcón, quien fue absuelto después de que el Tribunal, al no contar con un miembro con conocimiento científico, recurriera a la única persona capacitada para ello: el titular de la cátedra de Astrología y Matemáticas universitaria, es decir, fray Diego Rodríguez. Asimismo podemos mencionar los procesos efectuados a Guillén de Lampart, Gaspar Rivero Vasconcelos y Melchor Pérez de Soto a quien le fue confiscada una cuantiosa biblioteca de 1663 volúmenes de los cuales un poco más de 500 libros eran de carácter científico: medicina, astronomía, astrología, matemática, física y química.

promovida principalmente por los jesuitas. Durante este periodo la frecuencia en los estudios de matemática teórica descendió, pero estos siguieron formando parte indispensable de los tratados astronómicos, de agrimensura y de minería, entre otros. En esta misma época tuvo lugar la labor de un grupo importante de matemáticos en la ciudad de Puebla, si bien lo que se sabe de este grupo es muy poco.

Los avances señalados prepararon el campo para los progresos que experimentaría la ciencia novohispana durante la primera mitad del siglo XVIII, que se ha venido considerando con justicia como “la primera ilustración científica mexicana”, cuyas características fueron: erudición, deseos de reinterpretar y revalorar el pasado histórico y científico, búsqueda de fuentes de primera mano, análisis de dichas fuentes y la curiosidad científica.²⁹

3.1.- El sustento matemático de la *Libra Astronómica y Philosophica*

En la figura de Carlos de Sigüenza y Góngora recayó la representación de una de las etapas más significativas en la vida cultural novohispana. Representante de la literatura barroca, al lado de Sor Juana Inés de la Cruz, heredero y continuador del movimiento modernizador de la ciencia iniciado por fray Diego Rodríguez, matemático y astrónomo al igual que su predecesor, Sigüenza y Góngora llegó hasta nosotros por ser quien de manera clara y contundente separó la astrología de la astronomía, lo cual marcó el momento en que el mecanicismo irrumpió abiertamente en la ciencia novohispana. Sigüenza y Góngora fue lo que se denominó un polígrafo, ya que sus intereses desbordaron a menudo los temas científicos para incursionar en áreas como la poesía o la historia, prefigurando así a los enciclopedistas del XVIII.

1680 representó un año de grandes avances en la adopción de la visión astronómica moderna para la Nueva España. La aparición en noviembre de ese año de un cometa, desató una ola de temores ya que en el imaginario colectivo el astro errante fue interpretado como un portador de calamidades. Quizá sea el cometa más importante en la historia de la ciencia, ya que no sólo fue uno de los elementos en que Isaac Newton apoyó su teoría de la gravitación universal, también porque su aparición sirvió para eliminar la mitificación que

²⁹ Véase: Trabulse, *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Siglo XVI*, p. 72.

existía entorno a los cometas, a través de la obra de Pierre Bayle en Francia y del novohispano Carlos de Sigüenza y Góngora. Siendo éste un científico reconocido, quien se había dado a la tarea de observar dicho fenómeno, la virreina condesa de Paredes el pidió una explicación razonable del fenómeno para calmar los temores propios y ajenos suscitados por ese acontecimiento astronómico. Como respuesta el astrónomo escribió un tratado que tituló *Manifiesto filosófico contra los cometas despojados del imperio que tenía sobre los tímidos*. Este escrito suscitaría la polémica científico-filosófica más sonada en la historia de la Nueva España, no sólo porque uno de los opositores fue el jesuita alemán Eusebio Francisco Kino, sino porque dicha polémica dio muestra de los avances astronómicos y matemáticos que se habían logrado en un grupo reducido de hombres de ciencia en la colonia. De igual manera quedó de manifiesto que en la Nueva España coexistieron las teorías clásica y moderna sobre el sistema del mundo. Mientras que el padre Kino creía en la astrología judiciaria y era partidario de las teorías astronómicas de Aristóteles y Ptolomeo, Sigüenza y Góngora estaba familiarizado con las teorías de Copérnico, Kepler, Galileo, Descartes y Tycho Brahe, declarándose abiertamente adepto a las teorías de este último.

El *Manifiesto* fue atacado por tres frentes, todos ellos en defensa de las visiones hasta entonces dominantes en torno al fenómeno: el padre Kino, con su *Exposición astronómica de el cometa*, obra de fuerte contenido hermético y tradicionalista en cuanto a la visión del cosmos; Martín de la Torre, con su *Manifiesto cristiano a favor de los cometas mantenidos en su natural significación* quien salió en defensa de la astrología, y el matemático Joseph de Escobar y Salmerón con su *Discurso cometológico y relación del nuevo cometa*, obra con innumerables alegorías y de apasionados argumentos a favor del geocentrismo tolemaico. Sigüenza y Góngora hizo uso de su derecho a la réplica y defendió su postura en dos obras. Para refutar a Kino escribió la *Libra astronómica y philosophica*, en 1681, pero publicada en 1690 con motivo de la aparición de otro cometa en 1689, apoyándose en las observaciones que había realizado del cometa del 3 al 20 de enero del mismo año, exactamente en las mismas fechas que Isaac Newton realizaba las suyas. Para refutar a De la Torre escribió el *Belerofonte mathematico contra la quimera astrológica*, en el cual, según Sebastián de Guzmán y Córdova (matemático amigo de Sigüenza y Góngora e impresor de la *Libra*), exponía “cuantos primores y sutilezas gasta la trigonometría en la

investigación de los paralajes y refracciones y los movimientos de los cometas, o sea, mediante una trayectoria rectilínea en la hipótesis de Cópérnico, o por espiras cónicas en los vórtices cartesianos.”³⁰ Es decir, es una refutación matemática del *Manifiesto cristiano*. A Escobar Salmerón no se molestó en refutarle ya que consideró sus argumentos absurdos.

La *Libra astronómica* no sólo representa la evidencia de que en la Nueva España la teoría heliocéntrica había sido aceptada y que eran conocidas las teorías modernas acerca del cosmos, sino a la vez representa una manera diferente de debate: el uso de las mismas armas para refutar, es decir, el apego a la autoridad científica de algunos europeos y la confianza en sus observaciones, así como una marcada ironía. La *Libra* editada por Sebastián de Guzmán no tiene los aportes del Prologo a quien leyere ni los las apribaciones e índice que siguen a este.

En cambio están los del *Manifiesto* de Don Carlos y los del pasaje del *Belerofonte*... La libra contiene en suma las siguientes partes: 1) Reproducción del *Manifiesto* de don Carlos, 2) Argumentos de éste, respuestas del padre Kino e instancias de don Carlos, 3) Fundamentos del padre Kino y exámenes de don Carlos, 4) Examen de los modos de conocimiento de las paralajes, 5) Examen de los argumentos sobre altura y paralaje del cometa, 6) Pasajes del *Manifiesto* de don Martín y del *Belerofonte*, [y finalmente] 7) Observaciones del cometa.³¹

En la *Libra*, Sigüenza y Góngora dio muestra de su erudición, la cual no se limitó a la astronomía, sino que se extendió a otras disciplinas tales como la matemática, ofreciéndonos un breve apartado (el último) en donde hizo uso de esta ciencia para realizar los cálculos de sus observaciones del cometa efectuadas del 3 al 20 de enero de 1681. Esta última parte es un fragmento del *Belerofonte*, en donde hace uso de la trigonometría esférica, la geometría euclidiana, así como de tablas logarítmicas, quizá entre ellas las de fray Diego Rodríguez. Es obvio el uso de la aritmética y las conversiones de grados a segundos para efectuar las operaciones aritméticas necesarias.

Para refutar los argumentos del padre Kino, Sigüenza, hizo uso de sus conocimientos matemáticos, de la geometría, trigonometría esférica y tablas logarítmicas, aunque no de manera explícita (no muestra sobre el papel el procedimiento matemático que considera el

³⁰ Trabulse, *Ciencia y tecnología...*, pp. 85- 86.

³¹ Gaos, José, (Presentación), en Carlos de Sigüenza y Góngora, *Libra astronómica y filosófica*, México, UNAM, 1959, pp. VII- X.

correcto para los cálculos, sólo en un muy breve apartado), sólo hizo mención de que rama de la matemática consideraba la apropiada para ello. Así, por ejemplo, en los cálculos efectuados por el jesuita alemán respecto de las observaciones realizadas desde dos puntos distintos del planeta de manera simultánea y desde un mismo punto pero en tiempo distinto, para determinar las paralajes el reverendo padre, como lo llama Sigüenza y Góngora, efectuó dichos cálculos basándose casi por completo en la geometría euclidiana. El novohispano, en medio de refutaciones astronómico-filosóficas, le hizo notar que el vértice del ángulo era erróneo.

Este argumento matemático y otros de astronomía de observación y óptica le permiten a Sigüenza y Góngora refutar la afirmación de que la paralaje del cometa es directamente proporcional a la cercanía de este astro con la Tierra, y mostrar la falsedad de que la distancia del cometa fue de 1150 semidiámetros de la Tierra y que la cauda fue igual a la distancia. Estos dos últimos puntos los resuelve auxiliándose de la trigonometría y haciendo uso de algunos postulados de Euclides, concluyendo que la distancia del cometa es de 50 semidiámetros de la Tierra y el ángulo por el que se pudo ver la cauda del cometa fue de $178^{\circ} 22' 58''$. Otro punto importante es la postura de Sigüenza y Góngora con relación a los procedimientos “científicos” utilizados por Kino; Sigüenza lo descalificó por no efectuar las observaciones pertinentes ni adecuadas del cometa, por lo que lo consideró no apto para hablar de un fenómeno que no observó. Además, puso en duda las pocas observaciones efectuadas por el jesuita alemán debido a que no contó con aparatos de observación y medición astronómicos. La postura de Sigüenza y Góngora con relación al método utilizado por Kino quedó registrada en el siguiente párrafo extraído de la *Libra*:

Pero qué se puede decir sino que su ciencia excede los términos de lo humano, pues cuando todos los matemáticos se desvelan y se afanan con repetidas observaciones por saber el lugar, aparente siquiera, de estos fenómenos, el reverendo padre a su arbitrio y su querer le fue dando las longitudes y latitudes que tuvo gusto; pero como quiera que su libro ha de pasar por muchas manos, los matemáticos que lo vieren tendrán cuidado de corregir lo que hubiere errado.³²

Por todo lo señalado podemos determinar que el *modus operandi* de Sigüenza y Góngora, para efectuar los cálculos sobre algunos fenómenos celestes se dividió en tres

³² Sigüenza y Góngora, Carlos de, *op. cit.*, p. 128.

partes: observación sistematizada del fenómeno, conocimiento de las teorías del sistema del mundo y los cálculos matemáticos haciendo uso de tablas logarítmicas, la trigonometría esférica, la geometría euclidiana y la aritmética. Como puede observarse se trata del mismo método empleado por fray Diego Rodríguez unas décadas antes.

3.2.- La aplicación de la matemática en Carlos de Sigüenza y Góngora

En 1680 Sigüenza y Góngora fue nombrado cosmógrafo de la Nueva España por una Real Cédula expedida por Carlos II.³³ Como cosmógrafo, sus funciones lo obligaban a poner en práctica su conocimiento matemático ya que dicha labor abarcaba trabajos de ingeniería, astronomía, geodesia, agricultura, cartografía y geografía, es decir, de casi todas las ciencias aplicadas de la época. Entre sus obligaciones estaba la de ser “examinador general de artilleros”. En 1693 y 1695 inspeccionó e informó sobre la fortificación del castillo de San Juan de Ulúa. En su informe tomó una postura opuesta a la de los capitanes de la Armada de Barlovento, quienes propusieron la ampliación de la defensa por considerarla insuficiente, Sigüenza y Góngora no lo creyó necesario ya que sostenía que la fortificación era impenetrable y la única manera de apoderarse de ella era rindiendo a sus ocupantes por el hambre. Ignoramos si el cosmógrafo real elaboró algunos planos del fuerte con cálculos matemáticos que le permitieran llegar a dicha conclusión.

Sigüenza se mantuvo alerta, mediante su labor matemática, a las necesidades de la sociedad novohispana. Nada ajeno a la problemática del desagüe de la Ciudad de México, propuso, para evitar las inundaciones, la construcción de una gran acequia que protegería los barrios occidentales y ordenó la construcción de una zanja de “dos varas de hondo, seis de ancho y tres mil seiscientos veinte de longitud”, que pasaba por el Puente de Alvarado y terminaba en la Calzada de Chapultepec. Con la tierra que se extrajo mandó construir un parapeto que reforzó con unos sauces que ex profeso se plantaron. Dichas medidas resultaron efectivas para la contención de las aguas crecidas obligándolas a correr por el

³³ “...los cosmógrafos reales debían predecir y hacer mediciones de los eclipses de sol y de luna y de los movimientos planetarios; debían calcular la longitud y la latitud de los puntos más importantes del Virreinato tales como ciudades y puertos; debían estudiar la orografía y la hidrografía del país y delinear el perfil de sus costas. También estaban obligados a levantar mapas generales y regionales y a elaborar informes precisos sobre viajes de exploración y la viabilidad de colonizar nuevas regiones y habitar puertos y, por último,

desagüe sin desbordarse. De igual manera, debido a los constantes desacuerdos sobre la propiedad de tierras y derechos sobre las fuentes acuíferas, en diversas ocasiones desempeñó trabajos de agrimensor e incluso llegó a redactar un tratado titulado *Reducciones de Estancias de Ganado a Caballerías de Tierra, hechas según Reglas de Aritmética y Geometría*, que quedó manuscrito y se perdió. Asimismo, en lo referente a la tecnología, se hizo cargo de la construcción y graduación de dos relojes de sol que le encargó la Universidad para el uso de la institución; también mostró interés por el magnetismo y llegó a realizar experimentos con el imán.

La unión entre la matemática y la pasión que sentía por la historia queda manifiesta en una cronología del México antiguo. En su *Ciclografía Mexicana*, cuyas noticias han llegado hasta nosotros gracias a las descripciones de algunos de sus contemporáneos, Sigüenza, a través del estudio comparativo de los eclipses y cometas observados simultáneamente en ambos lados del atlántico, logró hacer coincidir ambos calendarios, apoyándose en viejos textos históricos europeos y su colección personal de ruedas calendarias indígenas.³⁴

El interés de Sigüenza y Góngora por las cuestiones cronológicas- históricas atendía a su empeño criollo, orgulloso de su patria, de revalorar y legitimar la historia antigua de México insertándola dentro del proceso de la historia universal. En este sentido, la ciencia pasó de ser un estudio imparcial del mundo físico a ser, por así decirlo, el instrumento de formación y configuración de una ideología histórica que hallaría su gran eclosión en el siglo XVIII.

Las tendencias científicas que fueron adoptándose en la Nueva España, así como sus necesidades económico-sociales y el carácter inquieto de Sigüenza y Góngora no le permitieron dedicarse completamente a la ciencia teórica. Se sintió lo mismo seducido por la poesía que por la historia y la ciencia práctica. A pesar de ello algunos de sus biógrafos afirman que dicha seducción no se dio con su cátedra en la Real y Pontificia Universidad de México, ya que esta institución no fue el espacio idóneo para que un hombre de sus características pudiera desarrollar y alimentar todas sus inquietudes. La obra manuscrita e impresa de la que se tiene noticia a través de los escritos de sus contemporáneos (ya que se

debían supervisar las fortificaciones defensivas marítimas.” Trabulse, *op.cit.*, “La obra científica de Don Carlos de Sigüenza y Góngora (1667- 1700)”..., p. 101.

³⁴*Ibid.* pp. 101-109.

encuentra perdida una gran parte de ella), no incluye ningún título que haga referencia a la existencia de un tratado de matemática teórica, lo cual pone de manifiesto un cambio de interés en los estudios científicos y la necesidad de explorar otros horizontes hasta entonces poco trabajados.

3.3.- Los matemáticos de la ciudad de Puebla

Durante el siglo XVII el Convento de la Merced de la Ciudad de México fue un núcleo científico activo, contó con una vasta biblioteca científica y entre sus miembros se encontraron destacados matemáticos, astrónomos y tecnólogos. A la par, en la ciudad de Puebla se formó un grupo de matemáticos a partir de las últimas décadas del siglo XVII hasta muy avanzado el siglo XVIII.³⁵ Lo poco que hasta hoy se conoce de este grupo nos permiten conjeturar la existencia de lazos fuertes entre los matemáticos poblanos y el colegio jesuita de San Ildefonso, de la misma ciudad, y que el estudio de la matemática teórica y aplicada en esta institución fue constante. Con ello no estamos afirmando que existiera una continuidad lineal en el estudio de esta ciencia. Desconocemos el alcance que tuvieron estos estudios matemáticos y más aún el impacto que tuvieron estos estudios en la sociedad. Con frecuencia se ha hecho mención de los matemáticos poblanos como un todo, pero cierto es que a día de hoy conocemos muy poco de este núcleo científico, no sabemos quiénes fueron sus miembros ni se ha estudiado cuáles son las características de los estudios emprendidos por ellos. Debido a estas limitaciones, hablaremos sólo de la labor matemática de algunos de estos científicos.

A menudo se menciona a Cristóbal de Guadalajara como matemático destacado, aunque no hay indicios de que haya sido autor de algún tratado o manuscrito. A pesar de ello, hemos podido rastrear algunos de sus conocimientos matemáticos a través de las notas que realizó en los márgenes de dos libros que fueron de su propiedad: *Opera Mathematica* de Francisci Vietæ y *Mathematici praestantissimi de Resolutione et compositione*

³⁵ No se ha profundizado en el estudio de la labor de los matemáticos de la ciudad de Puebla durante el periodo colonial, por lo que es difícil establecer si se trató de un grupo con un núcleo único o varios, de igual manera no podremos afirmar que se trate de una comunidad científica en torno a la matemática.

Mathematica de Marini Ghetaldi.³⁶ El primero está dividido en ocho partes; entre las ramas de la matemática abordadas están el álgebra, la trigonometría (contiene el teorema de Pitágoras), aritmética y geometría euclidiana. Las notas realizadas por De Guadalajara en este ejemplar se centran en el apartado de geometría, en donde propuso formas más fáciles de resolver problemas con postulados de la misma geometría euclidiana y realizó las proyecciones de algunas figuras, a la vez dio muestra de conocer la obra de José Zaragoza. El segundo de los libros es de geometría está integrado por cinco apartados; en la anteportada y al final de dicha obra contiene algunas figuras de geometría euclidiana realizadas por De Guadalajara. Con estos pocos elementos podemos especular que Cristóbal de Guadalajara fue un geómetra que estaba al tanto del desarrollo de la matemática en Europa.

Alejandro Fabián, otro matemático poblano, es un de los representantes del hermetismo tardío novohispano, y desde una perspectiva actual difícilmente lo consideraríamos científico, debido, sobre todo, a su manifiesto interés por lo mágico. Hemos encontrado referencias de que Fabián fue matemático y físico, aunque desconocemos su obra. Este matemático poblano mantuvo correspondencia científica, con el jesuita Athanasius Kircher en la que abordó temas como el magnetismo. Kircher le dedicó su *Maneticus naturae regnum* (1667).

La *Geometría práctica y mecánica dividida en tres tratados, el primero de medidas de tierras, el segundo de medidas de minas, el tercero de medidas de aguas*, de Joseph Sáenz de Escobar, es una de las obras más representativas de la historia de la ciencia y la tecnología novohispana, por sus dimensiones, contenido, carácter e influencia. Surgió del conocimiento de los tratados europeos en estos rubros así como de datos propios obtenidos en los recurrentes viajes que realizó el autor por el interior del virreinato. Esta obra fue muy consultada y copiada, de tal manera que aunque no se llegó a imprimir, su influencia se dejó sentir hasta la segunda década del siglo XIX. Es pertinente aclarar que las copias existentes de la obra, así como su difusión, se debió más a su contenido jurídico que al matemático, cuya función era que cualquier persona con los conocimientos más

³⁶ Vietæ, Francisci, *Opera Mathematica*, Roma, Ex officina Buenaventura y Abrahami Elizeviriorum, 1546, 554p. Y Ghetaldi, Marini, *Mathematici praestantissimi de Resolutione et compositione Mathematica*, Roma, Ex Tipografía del reverendo Camerae Apofolicæ, 1690, 343p. Ambos libros se encuentran la biblioteca del Palacio de Minería en la ciudad de México.

elementales de la geometría fuera capaz de calcular, por ejemplo, el área de un predio; es decir, su contenido matemático fue bastante elemental para los agrimensores. La reproducción de parte de la *Geometría práctica y mecánica...* de Sáenz de Escobar se debió más a su contenido jurídico que al matemático; así por ejemplo, Javier Gamboa reprodujo el “Tratado de las medidas de minas” en los *Comentarios de ordenanzas de minas* (1761), por su parte, Domingo Lasso de la Vega en el *Reglamento general para las medidas de las aguas* (1761), se basó en el “Tratado de medidas de agua” y en las *Ordenanza de tierras y aguas o sea formulario geométrico judicial* (1818), también se hizo uso del tratado de Sáenz Escobar.

La *Geometría práctica y mecánica* de Sáenz de Escobar es un estudio de matemática teórica y aplicada. Tiene una sección destinada a la geometría elemental de líneas y superficies, ángulos y figuras, elaboración de mapas corográficos, tipográficos e ignográficos, así como una guía para el uso y manejo de los instrumentos de medición. En cuanto a la matemática teórica propiamente dicha, analizó algunos problemas trigonométricos y los métodos geodésicos de triangulación. Una sección está consagrada al estudio de dos de los problemas geométricos más concurrentes de la época: la cuadratura del círculo y la trisección de un ángulo. La obra también contiene los métodos de medición de minas, procedimientos para la elaboración de mapas subterráneos, el uso de aparatos, los métodos para perforar túneles de desagüe, lumbreras, tiros y contraminas, las técnicas de ventilación y el uso de malacates. La última sección la destina al estudio de los métodos de conducción de aguas, su medición, las medidas utilizadas y algunos problemas de hidráulica. Al final de la obra agrega un apéndice matemático, en donde de manera teórica aborda problemas geométricos y trigonométricos.³⁷ Es decir, el manuscrito de Sáenz de Escobar, debido a su carácter práctico, fue consultado frecuentemente por algunos ingenieros y peritos novohispanos, pero también contiene una parte de matemática teórica con los problemas más abordados por los geómetras de la época. Podemos decir a modo de síntesis que Sáenz de Escobar en términos generales fue un geómetra destacado con conocimiento del desarrollo de la matemática europea de la época.

La obra tanto de matemática teórica como aplicada del criollo poblano Antonio de Alcalá bien merece un estudio aparte por lo cuantiosa, diversa e importante que resulta,

³⁷ Trabulse, *Historia de la ciencia en México...*, p. 68.

pero al no ser el centro de nuestro estudio, sólo nos limitaremos a mencionarla. Su *Tratado en que se contienen los problemas hasta hoy no resueltos en la geometría con la práctica y observación de las estrellas para saber el grado de longitud en la que uno se halla* (1748) contiene tratados de náutica, geografía y astronomía. En ella analizó el problema de cálculo de la longitud bajo el método de observación simultánea de un fenómeno astronómico o un astro en dos puntos diferentes, para poder calcular la diferencia de horas entre dos meridianos. Este hecho lo introdujo al problema de la cronometría y uso de los relojes, que trató con mayor detalle en su *Explicación y construcción del instrumento o reloj universal para la observación de los grados de longitud* (1751), que también es un tratado de astronomía, en donde dio instrucción para la construcción de dicho aparato. Con los estudios realizados en estas dos obras escribió en 1753 su *Tratado que contiene la instrucción náutica para el buen éxito y gobiernos de las naos*. En este mismo año finalizó su *Geometría fundamental: contiene los cuatro problemas hasta ahora no resueltos con práctica de las medidas de aguas y tierras* que aborda el problema de la trisección de un ángulo, la duplicación del cubo y la cuadratura del círculo del cual propone tres soluciones.³⁸

La obra matemática de Antonio de Alcalá estuvo dirigida por las exigencias náuticas de la época y, aunque inconscientemente, la dividió en matemática práctica, cuyo interés lo centró en la náutica, astronomía y la cronometría, y en matemática teórica, destacando el estudio de la trigonometría plana y esférica, la geometría, el álgebra y obviamente la aritmética. En dichas ramas mostró su conocimiento en la matemática europea de la época.

A pesar del conocimiento de los avances de la matemática europea, durante la primera mitad del siglo XVIII fueron pocas las obras de matemática –teórica y práctica- realizadas en Nueva España. Parece ser que el estudio de esta ciencia durante el periodo sufrió una desaceleración. Algunas de las pocas obras que fueron escritas nos permiten establecer que el estado de conocimiento matemático no fue homogéneo, ya que mientras un grupo reducido de matemáticos novohispanos estuvieron al tanto de las innovaciones europeas, otros siguieron practicando y difundiendo lo más elemental de la matemática. Ejemplos de ello son el manuscrito de Mateo Calabro *Curso matemático* (1724), tratado de geometría con usos prácticos (agrimensura, topografía) que incluye una sección sobre el uso del

³⁸ *Ibíd.* p. 145.

compás, y la *Aritmética* (1715), de Pedro Antonio Vázquez, más teórica, aunque muy elemental, en la que estudiaba los quebrados, sus clases, los cálculos que se pueden realizar con ellos y otras operaciones aritméticas básicas.

3.4.- Los jesuitas novohispanos y la matemática.

La difusión de la matemática en la Nueva España se dio a través de algunos centros educativos así como de la bibliografía científica, tanto europea como novohispana, a la que tuvieron acceso un grupo muy reducido de novohispanos, entre ellos los religiosos. Ya hemos hecho mención de la importancia de la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Real y Pontificia Universidad de México y, de manera indirecta, del núcleo científico que se generó en torno al convento de Nuestra Señora de la Merced en el siglo XVII. También hemos mencionado que, a la par de ello, se concentró un número importante de matemáticos en la ciudad de Puebla. Guiándonos por la idea generalizada acerca de que los colegios jesuitas fueron núcleos importantes de conocimiento en la Nueva España, cabe destacar la labor docente y la producción bibliográfica para la enseñanza de la matemática teórica emprendidas por la orden ignaciana. A pesar de que la labor docente fue un elemento importante en el proceso de difusión de la matemática en la Nueva España, nos limitaremos a mencionar los libros de texto producidos por los jesuitas.

Las teorías científicas modernas tales como la gravitación universal, la generación seminal, el atomismo, las dimensiones del universo, el sistema del mundo, etc., hallaron cabida en las cátedras dictadas por los miembros de algunas ordenes religiosas, entre las que destacaron los jesuitas y los filipenses. Sus esfuerzos pedagógicos encontraron una resonancia en la actitud paralela de un grupo de científicos, en su mayoría criollos, que desarrollaban su labor de manera independiente en reducidos grupos o academias. En esta época, probablemente fueron los jesuitas quienes emprendieron la labor de la enseñanza de la matemática de manera un tanto formal. Es larga la lista de los materiales didácticos producidos por los jesuitas para la enseñanza de dicha ciencia, aunque se siguió impartiendo bajo el esquema tradicional, a saber: la aritmética, el álgebra, la geometría, la trigonometría, secciones cónicas, óptica, acústica, gnomónica, música y astronomía. En

consecuencia, no tuvieron cabida en sus enseñanzas las ramas de la matemática que surgieron en el siglo XVII en Europa.

Aunque algunas de las obras científicas de estos jesuitas se encuentran extraviadas, se tiene conocimiento de ellas a través de los biógrafos coetáneos. En los libros de texto redactados por los jesuitas para la enseñanza de esta ciencia, predomina la exposición de las ramas de la matemática arriba mencionadas. El ejemplo quizá más ilustrativo es el de Francisco Javier Alegre quien fue autor de: *Elementos de geometría*, un tratado de *Secciones cónicas*, un *Tratado de gnomónica* y un compendio de la obra de Bione y Stormio acerca del uso y fabricación de instrumentos matemáticos. El padre Diego Abad escribió la *Solución de los problemas matemáticos más intrincados* o sea *La razón compuesta* explicada y acomodada al alcance de los principiantes y un *Compendio de álgebra*; existe un *Cursus philosophicus*, que por las tendencias de la época, seguramente contenía algún tratado de matemática teórica o aplicada.³⁹

4.- CONCLUSIONES

La bibliografía matemática europea así como las clases que se impartieron en algunos de los colegios de las ordenes religiosas, a pesar de ser muy elementales, contribuyeron de manera significativa para que el estudio de esta ciencia se diera desde temprana época en la Nueva España, evidentemente bajo los elementos que caracterizaron a la matemática europea del periodo, la cual estaba en un estado de asimilación y síntesis de los conocimientos griegos. Posteriormente, la difusión y estudio de la matemática en la Nueva España se dio a través de las publicaciones de los novohispanos y de la apertura de la cátedra de Astrología y Matemáticas en la Real y Pontificia Universidad de México, marcando ello un hito dentro de la historia de la ciencia del país. De igual manera aparecieron las tertulias científicas que, entre otros temas, discutieron problemas matemáticos, así como el surgimiento de un grupo de matemáticos novohispanos en la ciudad de Puebla. Todo ello con base en el conocimiento, por parte de los criollos, de los estudios y avances adquiridos por los europeos, en específico los italianos, franceses, holandeses, germanos e ingleses.

³⁹ Navarro B. Bernabé, *Cultura Mexicana Moderna en el Siglo XVIII*, México, UNAM, 1964. pp. 27-38.

La realidad económico-social novohispana obligó a que las ramas de la matemática más estudiadas fueran: la geometría, el álgebra y la aritmética. Debido a la necesidad de establecer la ubicación exacta de las ciudades y puertos más importantes del orbe y con ello fijar las rutas comerciales en ultramar, la matemática se convirtió en la ciencia auxiliar por autonomía de la astronomía, la cual durante todo el periodo colonial no abandonó su estado de aritmético-geométrica, por lo que obviamente se hicieron necesarios los cálculos matemáticos que englobaron varias ramas de esta ciencia tales como la geometría euclidiana, los logaritmos, la trigonometría esférica, el álgebra y la aritmética. A ello habrá que añadir la importancia que tuvo la cronometría para llevar a cabo los cálculos astronómicos, contribuyendo la geometría, entre otras ramas, para la construcción de relojes solares y lunares precisos. A su vez, los problemas cotidianos de la colonia exigieron la intervención de los conocimientos matemáticos para su solución. Basta mencionar algunos de ellos, para visualizar la importancia de las ramas matemáticas antes mencionadas: el problema sobre medidas de tierras exigió agrimensores calificados en geometría y trigonometría; para llevar a cabo las obras públicas, como las del desagüe de la ciudad de México, las arquitectónicas, etc., para llevarlas a cabo tuvieron la necesidad de contar con arquitectos y peritos; también en la administración, en el caso del cobro del quinto real, se hizo necesaria la labor de un aritmético. Por lo tanto, debido a su aplicación, las ramas de la matemática más estudiadas en la Nueva España fueron la geometría, el álgebra y la aritmética.

La matemática teórica difundida en la Nueva España, por lo general la encontraremos como parte de los tratados de matemática aplicada, en pequeños apartados que sirvieron de sustento a dichos estudios. De lo anterior podemos inferir que la concepción que los matemáticos novohispanos tuvieron de esta ciencia es muy similar a la de los europeos de la época, es decir, el grado de credibilidad recayó en lo matemáticamente comprobado. La lenta asimilación, desarrollo y difusión de los avances de la matemática en Europa durante el siglo XVII nos permite establecer que los conocimientos de los novohispanos con respecto a esta ciencia durante los siglos XVI y XVII se mantuvieron al tanto de lo que pasaba en la Europa. Basta recordar que las características de la matemática en la Nueva España del siglo XVI se corresponden a los de la matemática renacentista, y que ya en la tercera década del siglo XVII encontramos tratados impresos o manuscritos, en los cuales

vemos reflejados tintes de modernidad, el uso de las ramas de la matemática en boga en Europa, como los logaritmos, así como una concepción de la matemática como saber enciclopédico. También es preciso hacer mención que la aceptación y asimilación de la matemática europea no se dio de una manera lineal y homogénea en todos los matemáticos novohispanos, ya que mientras un grupo de ellos se mantuvo al tanto de las innovaciones europeas otros siguieron cultivando lo más tradicional de esta ciencia.

Debido a que los estudios de matemática en la Nueva España se centraron, en su mayoría, en la geometría, el álgebra y la aritmética, y a la falta de reformas en los planes de estudios, no nos ha sido posible encontrar aporte alguno a esta ciencia por parte de los novohispanos de este periodo. A pesar de ello no puede pasar inadvertido el alto grado de conocimiento matemático de Fray Diego Rodríguez, primer titular de la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Universidad de México, quien de manera intuitiva buscó mecanismos por medio de los cuales fuese más sencilla la solución de algunos problemas matemáticos. De igual manera, se ha especulado que un verdadero aporte a la matemática por parte de un novohispano, se encuentra en el manuscrito sobre logaritmos de Fray Diego, por desgracia perdido.

Considerando el acelerado proceso de asimilación, desarrollo y difusión de la matemática en Europa durante el siglo XVIII, contrario a la nula renovación de los planes de estudio, y el dominio de la educación por parte de las ordenes religiosas en la Nueva España, preocupadas más por la introducción de las ideas modernas, que por la ciencia misma, podemos establecer que el estudio de esta ciencia en la Nueva España sufrió una desaceleración durante la primera mitad del siglo XVIII, por lo que podemos afirmar que los matemáticos novohispanos de la segunda mitad de esta centuria no son herederos ni continuadores de la labor matemática emprendida por los jesuitas novohispanos, ya que esta fue muy limitada.

CAPÍTULO III

LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN LA NUEVA ESPAÑA: 1768-1788

La sexta década del siglo XVIII trajo consigo el inicio de una serie de cambios fundamentales en la vida económica y política de la colonia que impactaron de manera significativa en la cultura novohispana. Las Reformas Borbónicas, diseñadas y establecidas para todo el reino español, tuvieron como sello distintivo la intención de reestablecer el poder absoluto en la figura real, para lo cual era necesario llevar a cabo una reforma al rango de Hacienda y recuperar el poder delegado a particulares y a la Iglesia. Los mecanismos diseñados por la corona española para tales fines fueron principalmente tres: En primer lugar, se llevó a cabo una reorganización fiscal, que entre otras cosas estableció nuevos impuestos e impulsó la explotación minera. En segundo lugar se nombraron intendentes, con el propósito de impulsar el ordenamiento de los recursos naturales y humanos en cada una de las Intendencias y limitar el poder del virrey a la Ciudad de México. En tercer lugar, se inició un proceso de secularización de doctrinas, con la intención de restringir el poder económico y moral del clero regular y como consecuencia recuperar los espacios educativos. Con estas y otras medidas las reformas borbónicas confinaron a los novohispanos a puestos secundarios en la administración, la política y el clero y más tarde en las labores educativas y científicas, sustituyéndolos por peninsulares. Este desplazamiento de las elites novohispanas generó un sentimiento antigachapin pues veían como intrusos a los peninsulares y desconfiaban de la eficacia de su labor, y al mismo tiempo reafirmó la identidad criolla.

La orden religiosa que se vio más afectada por estas medidas fue la Compañía de Jesús, expulsada del reino español en 1767. Este hecho marcó un parteaguas en la vida educativa de la Nueva España, pues al desaparecer el monopolio educativo de los jesuitas, otras ordenes se hicieron cargo de la educación media superior y de la difusión de los avances científicos. También se ocuparon de estas labores algunas Academias y por supuesto la Real y Pontificia Universidad de México.

Por otra parte, España, como reino que encabezó la contrarreforma religiosa durante el siglo XVII, quedó en buena medida apartada de los avances que experimentó la ciencia en

este tiempo. En el caso específico de la matemática, la difusión de sus aportes y su desarrollo fueron casi nulos, quedando confinada a una matemática de corte clásico-renacentista hasta que en la sexta década del siglo XVIII, a la llegada de Carlos III a la cabeza del imperio, se aceleraron las medidas para superar este rezago y poner al tanto a la Metrópoli de los avances de esta disciplina, siguiendo para ello principalmente, a la escuela francesa.

Como consecuencia de las ideas ilustradas, que consideraron a la ciencia como un elemento esencial para el progreso de una nación, se estimuló de nuevo en España el interés por la investigación científica, en el siglo XVIII, las Universidades y Colegios fueron aceptando y difundiendo paulatinamente las teorías astronómicas modernas y conocimientos de historia natural. Para asegurar que la formación de los científicos fuese de calidad, en muchos casos se les comisionó para efectuar estudios en las Universidades y Academias europeas de cierto prestigio, principalmente las francesas, con el compromiso de regresar posteriormente al reino para difundir y poner en práctica sus conocimientos. Esta política se complementó con el arribo de científicos franceses.

Se fundaron algunas Academias, teniendo como modelo las francesas, en donde se difundió la ciencia moderna; la más afamada de ellas fue la Academia Vascongada de Amigos del País. A pesar de ello, hasta 1770 por Decreto Real se difundió oficialmente en las universidades españolas la ciencia moderna.

Carlos III era conciente de la necesidad de introducir urgentemente ciertas reformas en sus dominios. La crisis económica del Imperio y las transformaciones que se estaban experimentando en todo el mundo hicieron necesario incrementar la explotación de metales, en especial de plata y oro. Para tal fin inició la apertura de mercado entre las colonias americanas y la economía dejó de tener como eje rector a la agricultura estableciendo como base a la minería.

1.- LA ENSEÑANZA Y LA DIFUSIÓN DE LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN LA NUEVA ESPAÑA: 1768-1788

Las Reformas Borbónicas diseñadas, como tenemos visto, para afianzar el poder absoluto del monarca y estructurar las estrategias político-económicas, impactaron de manera

significativa en la cultura novohispana. En síntesis podemos decir que favorecieron el fomento y desempeño de la ciencia y establecieron una relativa libertad en la difusión y práctica científicas en todo el reino.

En la Nueva España, la expulsión de los jesuitas dejó un vacío en la educación, que no tardaron en ocupar otras órdenes religiosas, como la filipense de San Miguel el Grande en el Obispado de Michoacán. A la par, la Real y Pontificia Universidad de México experimentó una apertura a las ideas de la ciencia contemporánea, que sin bien no se vio reflejada en los planes de estudios, que apenas se modificaron, sí se manifestó en el fomento de las disertaciones con temáticas e ideas modernas. En el caso específico de la matemática, su enseñanza y difusión ya no estuvo restringida a la Universidad de México, pues se abrieron nuevos espacios, tales como el Oratorio filipense, la Academia de Matemáticas en el Colegio de Santa María de Todos los Santos, entre otros.

Las Reformas Borbónicas proporcionaron al hombre de ciencia novohispano un ambiente de relativa libertad, aunque es cierto que no contaron con las facilidades y apoyos de los científicos europeos. La corona española fomentó algunas expediciones, sobre todo botánicas y astronómicas, en donde incluyó a científicos criollos, reconociendo así, su capacidad intelectual y la importancia de su labor.

Las publicaciones periódicas (las *Gacetas de Literatura de México*, el *Mercurio Volante*, entre otras) tuvieron como finalidad difundir los conocimientos científicos en la Nueva España, y aunque el editor de las *Gacetas de Literatura de México*, José Antonio Alzate y Ramírez, proclamara que su función era llevar los conocimientos científicos al mayor número de personas, con explicaciones sencillas sin hacer uso del lenguaje científico de la época, en realidad dichas publicaciones estuvieron dirigidas a un sector muy reducido de la población, a los criollos cultos. El reto de los novohispanos por difundir los avances y tendencias científicas europeas los llevó a la traducción de textos, en su mayoría del francés. De igual manera es menester enfatizar que sus intereses científicos ya no tuvieron como núcleo rector a la astronomía, y aunque su estudio no dejó de ser importante fueron, trascendentales los estudios botánicos, médicos, farmacéuticos, químicos, de física experimental, metalúrgicos, etc.

1.1.- Panorama general de la matemática en la Nueva España Ilustrada

La matemática en la Nueva España durante el periodo de la Ilustración, hasta antes de la fundación del Real Seminario de Minería, se difundió a través de la cátedra de Astrología y Matemáticas en la Universidad de México, de una Academia de Matemáticas cuyo núcleo fue el Colegio de Santa María de Todos los Santos, del Oratorio de San Felipe Neri en San Miguel el Grande y de la Academia de aritmética y álgebra dirigida por Juan Bautista Blaneas, entre otros.

De igual importancia para este proceso de difusión científica fueron las publicaciones periódicas. Aunque ninguna de ellas se dedicó de manera exclusiva a difundir la matemática, no dejaron de incluir en sus páginas algunos artículos tanto de matemática teórica como aplicada. Estas publicaciones son: el *Diario Literario de México* (1768) de José Antonio Alzate, el *Mercurio Volante con noticias importantes y curiosas sobre varios asuntos de física y medicina* (1772-1773) de José Ignacio Bartolache, *Asuntos varios sobre ciencias y artes* (1772-1773) de José Antonio Alzate, *Advertencias y reflexiones varias conducentes al buen uso de relojes* (1777) de Diego de Guadalajara Tello, la *Gazeta de México, compendio de noticias de la Nueva España* (1784-1809) de Manuel Antonio Valdés, *Observaciones sobre física, historia natural y Artes útiles* (1787-1788) y *Gacetas de literatura de México* (1788-1795) ambas también de Alzate.¹

Los exámenes de oposición y las disertaciones abiertas efectuadas en la Universidad de México, posteriormente publicadas y los folletos impresos sobre observaciones astronómicas fueron otra vía importante de difusión. También hay que destacar la obra de Juan Benito Díaz de Gamarra, *Elementorum Recentioris Philosophae* (1774), que introdujo las nociones de la física experimental bajo la corriente ecléctica. Esta obra contiene un capítulo, “Elementa Geometruae Utiliora”, de geometría euclidiana. Otra vía por la cual se siguió filtrando la matemática europea a la Nueva España, fue el arribo de bibliografía científica y de publicaciones periódicas, en su mayoría procedentes de Francia y España. Hay que recordar que en el siglo XVIII la escuela francesa, gracias al desarrollo y aportes al método matemático analítico, representó la vanguardia en esta ciencia.

¹ Saladino García, Alberto, “Las matemáticas en la prensa ilustrada latinoamericana”, *Quipu*, Vol. 10, No. 2, México, SMHCyT, mayo- agosto de 1993, pp. 223-224.

La matemática difundida y enseñada en la Nueva España por medio de los elementos antes mencionados, tuvo fines prácticos aplicables a la agrimensura, la arquitectura, la contabilidad, las obras públicas, la astronomía y con mayor ímpetu a la minería. Debido a las necesidades económicas y sociales de la colonia, las ramas de la matemática que se estudiaron en la Nueva España durante la segunda mitad del siglo XVIII fueron: la geometría plana, la geometría subterránea, la trigonometría plana, la trigonometría esférica, la geometría proyectiva, el álgebra, la aritmética, las secciones cónicas, los logaritmos, etc.

En todo el proceso de difusión y enseñanza de la matemática en la Nueva España, que desde el siglo XVI se efectuó bajo parámetros europeos, los novohispanos recurrieron siempre a la autoridad científica de los matemáticos del Viejo Continente. Para la segunda mitad del siglo XVIII, según lo que hemos podido rastrear en las publicaciones periódicas de la Nueva España, los matemáticos europeos más conocidos por los novohispanos fueron: D'Alembert, Descartes, Euler, Fontanelle, Huygens, Leibniz, Newton, Moreau, Pascal, etc. es decir los matemáticos más representativos de la modernidad. Entre los matemáticos "antiguos" más destacados cabe mencionar a Arquímedes, Pitágoras y Euclides. Obviamente esto no implica que los matemáticos novohispanos conocieran y comprendieran de manera total la matemática de estos hombres, pero es evidente que sabían de su existencia y de la importancia de sus estudios.

A pesar de lo señalado, paradójicamente durante la primera mitad del siglo XVIII los estudios matemáticos en la Nueva España sufrieron una desaceleración. Es posible que esto se debiera a que los novohispanos estaban más preocupados por introducir las ideas científicas contemporáneas, que por la propia práctica científica. Tampoco favoreció su desarrollo la inexistencia de una reforma a los planes de estudios universitarios y de los colegios religiosos. Con estos antecedentes, la matemática teórica estudiada por los criollos de la segunda mitad del siglo XVIII -quienes habían sido formados bajo la corriente ecléctica más que en la filosofía peripatética y su instrucción matemática con respecto a los logros europeos había sido muy elemental- inició el proceso de actualización. Los matemáticos criollos se guiaron por su intuición, de forma autodidacta y tomando como base los avances de la matemática europea. Este proceso se consolidó con la institucionalización de la ciencia en la Nueva España a través de la fundación del Seminario de Minería en 1789.

Durante la segunda mitad del siglo XVIII, a diferencia de los dos siglos anteriores, los hombres dedicados a la ciencia fueron en su mayoría criollos laicos, cuyos intereses científicos marcharon por líneas muy diversas, simbolizando una especie de enciclopedismo novohispano. Aunque la astronomía, tanto teórica como aplicada, no dejó de ser estudiada, para mediados del siglo ya no era la ciencia más practicada por los novohispanos, que exploraron otras áreas del saber, tales como la botánica, la química, la física experimental, la mineralogía, la medicina, etc. A pesar de la importancia que adquirieron los estudios de otras ciencias y de las necesidades económicas y sociales de la colonia, es revelador que algunos eminentes hombres de ciencia se preocuparan por el estudio y difusión de la matemática teórica. Los practicantes y difusores de la matemática en la Nueva España hicieron hincapié en la necesidad de los conocimientos matemáticos como auxilio para otras ciencias, lo cual suscitó críticas por parte de algunos novohispanos.² La matemática durante la segunda mitad del siglo XVIII siguió visualizándose como la medida de la veracidad científica, y casi todas las disciplinas abogaron por el método matemático como el más eficaz.

A lo largo de la investigación hemos encontrado registro de que desde el siglo XVI algunos novohispanos recibieron la denominación de matemáticos. Desconocemos porque se les asignó dicho calificativo ya que durante el periodo colonial la matemática, como el resto de las disciplinas científicas, no estuvo profesionalizada ni hemos encontrado indicios de que se trate de un nombramiento, como son los casos del agrimensor, filomatemático, etc. En consecuencia debemos suponer que se denominó matemático a todo aquel que demostró tener conocimientos no elementales en la materia, y los llevó a la práctica en general efectuando cálculos astronómicos. A menudo se les conocía también como geómetras, porque la mayor parte de sus estudios estuvieron enfocados en esta rama; lo que pone de manifiesto que hasta la segunda mitad del siglo XVIII en la Nueva España predominó la idea de que la geometría era el eje de todo estudio matemático.

La imagen que la elite gobernante tuvo del matemático, desde muy temprana época, fue la de un hombre sabio y respetable, que conocía el método para establecer la verdad y que ponía sus conocimientos al servicio de las demandas económicas y sociales de la

² Véase como ejemplo, Ángeles de los Reyes, Pascual, "Carta de Pascual Ángeles de los Reyes" en José Ignacio Bartolache, *Mercurio Volante...*, México, imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 2 de diciembre de 1772, Núm. 9, pp. 69- 70.

Nueva España. Esta imagen se mantendrá para los matemáticos de la segunda mitad del siglo XVIII, que participarán en la administración y en diversas actividades que la corona demandaba. Así, el catedrático de matemáticas de la Universidad de México, Joaquín Velázquez de León, respondió a la convocatoria de la corona y se enlistó en la expedición a las Californias (1768-1770); de igual manera participó en el desagüe de la ciudad de México, como lo hicieron sus antecesores fray Diego Rodríguez y Carlos de Sigüenza y Góngora, de lo que se deriva que el catedrático de Astrología y Matemáticas disfrutó de cierto prestigio no sólo entre los miembros del gobierno virreinal, también entre la intelectualidad criolla. Más difícil resulta establecer la imagen que el pueblo tuvo del matemático; sabemos del acercamiento de fray Diego Rodríguez con los carpinteros y los labradores de piedra, por ejemplo, quienes quizá desconocían el cálculo de ángulos pero que realizaban de manera eficiente lo que el mercedario les pedía. Lo más probable es que el grueso de la población, analfabeta, no conociese la existencia ni función social del matemático.

1.2.- Las instituciones y la matemática

La cátedra de Astrología y Matemáticas de la Universidad de México siguió siendo en el periodo que nos ocupa un espacio para la enseñanza de la matemática. Todo parece indicar que esta cátedra mantuvo las mismas características de cuando fue fundada en 1637: era de propiedad, el catedrático titular no tenía derecho a aspirar a otro cargo que no fueran el de contador (al menos mientras la ostentara), y podía nombrar un sustituto con previa justificación, era obligada para los estudiantes de las Facultades de Medicina y Arte, etc. Cuando la cátedra estaba vacante, se convocaba a un concurso de oposición abierta durante el cual se asignaba al azar a cada aspirante un apartado de la obra de John Sacrobosco, la *Sphaera*,³ mismo que tenían que preparar en 24 horas y sustentarlo de manera oral durante una hora, cuestionado por otros aspirantes; a este acto podían acudir como auditorio todos los interesados. Este mecanismo se utilizó a partir de 1672, cuando Carlos de Sigüenza y Góngora contendió por la cátedra,⁴ pero en la convocatoria de 1759 se incluyó un nuevo

³ Sacrobosco, John, *Tratatus de Sphaera*, París, 1220.

⁴ AGN, Rubro Universidad, v. 248, f. 46v.- 47r. En la Constitución de Palafox 179 se especifica que el libro a disertar en todos los concursos de oposición abierta a la cátedra de astrología sea la *Sphaera* de John Sacrobosco, que la lección se dictara en latín.

elemento: la conclusión de los aspirantes tenía que ser entregada por escrito al tribunal, para ello tenían entre 4 y 5 horas después de sustentado el acto oral.⁵ Obviamente, la obra de Sacrobosco, para el siglo XVIII, ya había sido muy superada por las nuevas propuestas astronómicas. Sobre lo que debía enseñar el catedrático de matemáticas no hemos encontrado algún escrito, pero tomando en cuenta a quienes iba dirigida la cátedra, - médicos en formación, arquitectos y agrimensores- debió enseñarse aritmética, álgebra, geometría plana, geometría proyectiva, trigonometría esférica, trigonometría plana y logaritmos.

La cátedra de Astrología y Matemáticas se diseñó para que los médicos en formación fuesen capaces de efectuar cálculos astrológicos que les permitieran definir cuándo era adecuado hacer ciertas prácticas médicas, es decir, la cátedra fue fundada bajo la corriente hermética que imperaba en la época, siendo la geometría y la aritmética fundamentales en la formación del médico, la primera como base del estudio cósmico y la segunda para establecer las dosis y conocer los lapsos de la enfermedad y el tiempo necesario para que el medicamento hiciese efecto. Hasta el momento desconocemos si existió un plan de estudios para impartirla, se ha especulado que se siguió el de la Universidad de Salamanca.⁶ El único medio que tenemos para aproximarnos a lo que se difundía en esta cátedra es a través del conocimiento que el catedrático tenía de esta ciencia y que probablemente enseñó.

Para mediados del siglo XVIII, la matemática que presuntamente debió enseñarse en la Universidad de México, teniendo en cuenta que se mantenía el mismo plan de estudios, era muy elemental respecto a los avances que esta ciencia había logrado en Europa. Sin embargo, los actos de disertación que presentaron algunos de los alumnos de las Facultades de Medicina y Arte, que con las Constituciones de Palafox esta última pasó a denominarse de Filosofía, sobre esta ciencia, reflejan el inicio de un movimiento renovador, que no se concretó hasta la fundación del Real Seminario de Minería, con la introducción del cálculo infinitesimal y la geometría analítica.

⁵ *Ibíd.* v. 91, f. 585v.

⁶ En la Universidad de Salamanca, la cátedra de matemáticas siguió la Ordenanza de 1636 establecida por Felipe IV, que disponía lo siguiente: En el primer año enseñará a Sacrobosco, las cuatro reglas de la aritmética, regla de tres, raíces cuadradas y cúbicas y algunos quebrados. Las *Teóricas* de Purbach y las *Tablas Alfonsinas*. En el segundo año los seis primeros libros de Euclides, trigonometría plana, los *Triángulos Esperales* de Juan Montenegro y el *Almagesto* de Ptolomeo. Durante el tercer año cosmografía y náutica, observaciones astronómicas, tecnología y en vacaciones podría enseñar gnomónica y tecnología. Citado en Trabulsee, Elías, *La ciencia perdida. Fray Diego un sabio del siglo XVII*, México, FCE, 1985, p.27.

En 1764 la Universidad de México convocó el concurso de oposición abierta para la cátedra de Astrología y Matemáticas, impartida hasta entonces por Dr. Juan Gregorio de Campos.⁷ A la convocatoria se presentaron 10 aspirantes, resultando electo por unanimidad Joaquín Velázquez de León.⁸

Joaquín Velázquez de León (1732-1786), uno de los científicos novohispanos más destacados del periodo, estuvo considerado por sus contemporáneos como el mejor matemático de la Nueva España. Miembro de una familia de colonizadores mineros, se preocupó por el método del azogue y porque se fundara el Colegio de Minería con el fin de sacar mayor provecho a las minas, para ello, abogó por una instrucción minera de orden teórico-práctica. Entre otros estudios, emprendió algunas observaciones y cálculos astronómicos, sobresaliendo el tránsito de Venus por el disco del Sol, que le permitieron calcular la ubicación casi exacta de la Ciudad de México. Hizo uso de las secciones cónicas para el cálculo de las órbitas planetarias y eclipses de Sol, bajo las leyes de Kepler y la dinámica de Newton.

Velázquez de León realizó estudios en el Colegio Tridentino, titulándose en leyes. Por estas fechas, los colegios jesuitas impartían, en lo que a la matemática se refiere, el álgebra, la geometría plana, la trigonometría esférica, aritmética, secciones cónicas y la astronomía de observación y teórica, obviamente esta última bajo la corriente ecléctica característica de la época.⁹ Velázquez de León, en su curso de Arte, en la Universidad de México, estudió la filosofía aristotélica, cartesiana y newtoniana, también practicó la física experimental y la

⁷ “Sección de hora en oposición á la Cátedra de Astrología echa por Don Juan Gregorio de Campos en 27 de julio de 1759”, parte del texto manuscrito de Ingacio Lemos Martínez, *Tres secciones de hora... con puntos de veinte y quatro*, México, 1764, 204 hojas, localizado en BNM, MN 23. El Dr. Gregorio de Campos en su conclusión habló de las diferentes teorías del sistema del mundo imperantes en la época, y a través de algunos procedimientos geométricos, algebraicos y aritméticos, concluyó que la órbita por la que se desliza el Sol es circular. En este mismo manuscrito existe la “Sección de Hora en oposición á Matemáticas en 6 de diciembre de 1764” que trata el apartado de los Logaritmos de John Sacroboso, dividida en 4 partes: 1) Se alinea a las propuestas astronómicas de Kepler, 2) Trata sobre la esfera mayor, esfera menor, conclusiones y notas, 3) Solución al área de dos circunferencias para determinar cual es mayor y 4) Explica que es una circunferencia equidistante y el movimiento del Sol. Esta sección de hora es de un día después de la de Velázquez de León.

⁸ AGN, Rubro Universidad, v. 91, f. 602r- 602v. Estos aspirantes fueron: Mariano Fernández, Francisco de Zúñiga y Ontiveros, Joaquín Velázquez de León, Ignacio Semos Martínez, José Giral Matienzo, José Antonio García de la Vega, Vicente Ignacio de la Peña, José Vicente Maldonado, José Maximiliano Rosales Velazco y Juan José de la Peña.

⁹ Desconocemos si en el Seminario Tridentino se impartió alguna cátedra de matemática, de igual manera no es claro si Joaquín Velázquez de León estudio con los jesuitas, aunque sí tuvo relación con algunos de los egresados de estos centros de estudios como Antonio de León y Gama, José Ignacio Bartolache, José Antonio Alzate y Ramírez, por mencionar a los más conocidos.

química, para lo cual tuvo que estudiar matemática.¹⁰ Aún antes de ser el catedrático de Astrología y matemáticas en la Universidad de México usó otros medios para difundir la ciencia moderna; por ejemplo, en 1748 dio conferencias sabatinas con temática teológica, filosófica y de física experimental. Entre 1751 y 1754, Velázquez de León efectuó estudios en el Colegio de Santa María de Todos los Santos, institución que gozó desde principios del siglo XVIII de algunos privilegios otorgados por la corona y en donde se impartieron cátedras de derecho, medicina, teología y filosofía; en esta última se difundieron los diferentes sistemas del mundo con la finalidad de que los jóvenes conocieran los temas de debate en Europa.¹¹

A partir de 1754, durante su estancia en el Colegio de Santos, Joaquín Velázquez de León, según propia confesión,¹² se interesó por el estudio de la astronomía y de la matemática aplicadas al problema de la ubicación geográfica de México. En este mismo recinto conoció al matemático criollo Antonio de León y Gama, con el cual compartía el interés en los estudios astronómicos; de ello da testimonio León y Gama en su elogio fúnebre en estas palabras:

Cuando las cultivaba [la astronomía y la matemática] en el Colegio de Santos, tuvo noticia de que yo también divertía en ellas el tiempo que me dejaban libre de las ocupaciones de mi empleo: llegaron a sus manos algunos cálculos astronómicos que tenía yo formados, y entre ellos el de un eclipse de sol, que mantuvo más de un año guardado, hasta que llegó el tiempo de verificar su observación, la que le pareció conforme al cálculo, cuando por el de otros había variado en mucho tiempo y en muchas circunstancias. Accidente que le obligó a mandármela y con ella las más atentas expresiones y liberales ofrecimientos de sus instrumentos y libros, en cuya correspondencia pasé a su casa, donde tratamos del error que había en todas las tablas y

¹⁰ Espinoza Sánchez, *op.cit.*, p. 65.

¹¹ Sus egresados debían graduarse en la Universidad de México, y tenían derecho a concursar por cualquier vacante, así como a nueve conciliatorias. *Ibíd.* p. 66.

¹² En un trabajo de 1772, Joaquín Velázquez de León afirmó que “El autor de esta carta tiene buenas pruebas de haber sospechado este error desde el año de 54, advirtiéndole que las observaciones de los eclipses no venían conformes al cálculo formado sobre la longitud corriente de México; pero la prudente desconfianza de los instrumentos, no lo dejó publicar tanta novedad, más que entre sus amigos y compañeros.” Citado en Moreno, Roberto, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México*, México, UNAM, 1977, p. 24.

cartas geográficas en cuanto a la longitud y latitud de esta ciudad, que desde entonces procuramos cada uno por su parte, verificar y corregir.¹³

Durante dos años, Joaquín Velázquez de León dirigió una Academia de Matemáticas en el Colegio de Santos, la cual puso al tanto a los novohispanos de los avances y logros de la ciencia moderna. La Academia, según Ignacio de Bartolache, tuvo continuidad en la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Universidad de México, con la autorización de su Rector.¹⁴

Las preocupaciones científicas de Velázquez de León fueron principalmente dos: la minera y la ubicación geográfica de la Ciudad de México, cuyo estudio lo llevó a realizar varias observaciones y cálculos astronómicos con el fin de determinar su latitud y longitud. El punto de convergencia de ambos intereses fue la matemática.

La expedición a las Californias (1768-1770) significó para Velázquez de León la posibilidad de efectuar observaciones y cálculos tanto astronómicos como mineros. Otro de los episodios que le permitió poner en práctica sus conocimientos matemáticos fue las obras de desagüe de la Ciudad de México a partir de 1771, en los que practicó sus conocimientos trigonométricos y de geometría plana.

Para determinar la latitud y longitud de la Ciudad de México efectuó observaciones y cálculos que le condujeron a ubicarla en $19^{\circ} 25' 58''$ (efectuó el redondeo $19^{\circ} 26'$) y $101^{\circ} 30'$ de París respectivamente, medidas que dio por verdaderas Humboldt unas décadas después. Dichos cálculos fueron realizados a través de años de observaciones de fenómenos astronómicos, desde 1754 hasta 1771, con la ayuda de aparatos astronómicos de primer nivel, entre ellos y por un tiempo los de Mr. Chappe, y tablas astronómicas muy actualizadas.¹⁵ Contrastó sus observaciones y cálculos con las de otros novohispanos como Alzate, Bartolache y León y Gama y las fundamentó con sus conocimientos matemáticos en secciones cónicas, trigonometría esférica, logaritmos, aritmética, álgebra y geometría. Por otro lado, sus intereses en la minería se vieron beneficiados por sus conocimientos en

¹³ León y Gama, Antonio, "Carta que en elogio al Sr. D. Joaquín Velázquez de León, colegial que fue del insigne, mayor y más antiguo Colegio de Santa María de Todos los Santos de esta ciudad de México..." *El Museo Mexicano*, México, Ignacio Cumplido, 1844, Vol. 4, p. 542.

¹⁴ Bartolache, José Ignacio, *Lecciones Matemáticas, que en la Real y Pontificia Universidad de México dictaba D. José Ignacio de Bartolache. Primer Cuaderno*, México, Biblioteca Mexicana, 1769, fol. 2r.- 2v.

¹⁵ Entre ellas las *Ephemerides astronomicae* de Maximilian Hell, publicadas en 1764.

la geometría subterránea, así como con la aritmética que utilizó, además para las cuestiones financieras.

Con esta formación y con los estudios realizados de manera autodidacta, Velázquez de León, siendo ya un matemático reconocido, se presentó al concurso de oposición abierta a la cátedra de Astrología y Matemáticas en la Universidad de México. Disertó por una hora sobre el apartado del Capítulo VII de la *Sphera* de John Sacrobosco, titulado “Quod Terra sit Centrum mundi” que le contestaron los médicos José García de Vega y José Giral y Matienzo. Entregó por escrito la conclusión sobre el sistema del mundo según Sacrobosco, el cual expuso en estos términos:

Aunque moderara a nuestros autores, sobre la inmovilidad de la Tierra y esta el centro del universo, desde los presagios, casi es evitar a las demás teorías astronómicas y es una teoría incompleta, sin embargo, la siguen los terráneos, para explica esta vida, y si nuestro tiempo al estudiar los astros celestes es calculado, y no haciendo decir que es juzgado. Nosotros buscamos, como el sistema del universo, no es tan absoluto al aplicarse por donde se pueda concebir los fenómenos de manera convincente en este escrito creemos con gusto lograr anular hasta aquí y tratar de cambiar este sistema filosófico por el pitagórico, además de restaurar el de Copérnico. el sistema copernicano si, acaso se atreve a admitir una hipótesis, que es observable y puede ayudar a las teorías astronómicas de una manera perfecta y satisfactoriamente explicar el cosmos.¹⁶

En su *Tesis astronómica*, Velázquez de León expuso una crítica a la *Sphera* señalando que sus argumentos estaban apegados a las Sagradas Escritura y al sistema de Ptolomeo, los cuales ya no estaban acordes a los postulados de la ciencia, que exigía comprobaciones con instrumentos científicos y el empleo de la matemática para hacer cálculos más exactos.

El 7 de enero de 1765, Velázquez de León tomó posesión de la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Universidad de México, aunque se mantuvo muy poco tiempo frente a ella, debido a que en 1768 fue convocado por el visitador José de Gálvez para la expedición a las Californias, por lo que nombró como catedrático sustituto a José Ignacio Bartolache, quien fuera su discípulo en la Academia de Matemáticas del Colegio de Santos. Bartolache, lo sustituyó por 2 años. En 1772-1773, lo sustituyó nuevamente, en esta ocasión porque Velázquez de León se sumó a los trabajos de desagüe y nivelación de la Ciudad de México;

¹⁶ AGN, Rubro Universidad, v. 91, f. 593r. Conocía el sistema copernicano de manera directa porque poseía un ejemplar de *Revolution* de Copérnico.

esta última sustitución coincide con las fechas en que Bartolache publicó su *Mercurio Volante*.

De los conocimientos matemáticos de Velázquez de León, de las necesidades económico-sociales de la colonia así como del grupo de novohispanos al que iba dirigida la cátedra, podemos inferir que durante el tiempo en que este fue catedrático, difundió la geometría plana, geometría proyectiva, geometría subterránea, la aritmética, el álgebra, la trigonometría plana, la trifonometría esférica, los logaritmos y las secciones cónicas.

En 1769, Bartolache, estando al frente de la cátedra de Astrología, escribió sus *Lecciones matemáticas, que en la Real y Pontificia Universidad de México, dictaba el Dr. José Ignacio Bartolache*, que probablemente sean un reflejo de lo que Joaquín Velázquez de León enseñó desde los años de la Academia.

Debido a sus ocupaciones mineras, en febrero de 1773, Velázquez de León renunció a la cátedra de Astrología y Matemáticas,¹⁷ por lo que la Universidad convocó al concurso de oposición abierta, a la que se presentaron 5 aspirantes, entre ellos José Ignacio de Bartolache, que había sustituido al titular de la cátedra en 7 ocasiones; a pesar de ello, en abril del mismo año fue electo catedrático José Giral y Matienzo.¹⁸

Una decisión de trascendental importancia, tomada por el virrey y la Universidad en 1770, fue la incorporación a la *Alma Mater* de los estudios impartidos en las casas de estudios y colegios religiosos, de tal modo que los alumnos tras superar un examen recibían el grado universitario.¹⁹ Esto hizo que, en 1771, algunos distinguidos estudiantes del Oratorio filipense se presentaran a realizar examen en la facultad de Arte, siendo examinados, entre otros por Ignacio Bartolache, de quien recibieron elogios.

A partir del 12 de junio de 1778, por Real Cédula, la cátedra de Astrología y Matemáticas pasó a denominarse cátedra de Matemáticas, y los aspirantes a ser titulares estuvieron obligados a tener una amplia noción de esta ciencia, debido a su importancia

¹⁷ AGN, Rubro Universidad, v. 92, f. 165r.

¹⁸ Realizó estudios de filosofía teniendo como profesor a Santiago Velázquez chantre de la catedral de Valladolid, posteriormente estudio en el Real y Pontificio Seminario de la Cuidad de México y en la Universidad de México, asistió a la Academia Real fundada por el Dr. Nicolás de Torres. Espinoza Sánchez, *op. cit.*, pp. 137-138.

¹⁹ Tanck de Estrada, Dorothy, "Tensión en la torre de marfil" en Josefina Zoraida Vázquez, *et al*, *Ensayos sobre historia de la educación en México*, México, COLMEX, 1999, p. 54.

para el laborio de minas.²⁰ Desde 1778 hasta 1785 Vicente Peña Brisuela fue el catedrático de matemáticas de la Universidad de México.

En 1780, el agrimensor Juan Bautista Blaneas, solicitó permiso para abrir una Academia de Aritmética y Álgebra. Para tal efecto, la Universidad pidió a Velázquez de León y a Bartolache que hicieran la revisión de las Academias o lecciones que Bautista proponía enseñar. Ambos dieron el visto bueno y la Academia comenzó a funcionar el mismo año, convirtiéndose en otro centro de difusión de la matemática en la Nueva España.²¹

Otra importante institución en donde se difundieron las ideas de la ciencia moderna fue el Oratorio de San Felipe Neri en San Miguel el Grande, perteneciente al Obispado de Michoacán, bajo la dirección de Juan Benito Díaz de Gamarra (1745-1783). Díaz de Gamarra estudió en el colegio de San Ildefonso en la Ciudad de México, posteriormente ingresó al Oratorio de San Felipe Neri y viajó a Europa, en donde se doctoró en Cánones por la Universidad de Pisa y se familiarizó con las ideas de la ciencia moderna. A su regreso, bajo permiso real para poseer libros prohibidos, trajo consigo un nutrido acervo de bibliografía científica; con ella se dio a la tarea de crear un libro de texto que contuviera las ideas filosóficas más destacadas y la física experimental tan en boga en Europa, con el objetivo de que la juventud novohispana se nutriera de esas ideas y se abandonara la filosofía peripatética.

Autor de varias obras filosóficas -*Errores del entendimiento humano*, *Academias de Filosofía*, etc.- sin lugar a dudas la obra más importante, por su función didáctica, fue *Elementorum Recentioris Philosophae* (1774), que se utilizó como libro de texto en varias instituciones educativas, incluso en la Universidad de México. Entre los revisores de esta obra estuvieron Joaquín Velázquez de León y José Ignacio de Bartolache; ambos coincidieron en que era novedosa y en el interés que esta tendría para la docencia. Esta obra está escrita en latín y consta de dos grandes partes: “Elementos de filosofía” y “Elementos de Física”. Desafortunadamente el Libro II, que se refiere a la física experimental, sólo ha sido traducido parcialmente.²² Esta división da muestra clara de la separación que el

²⁰ AGN, Rubro Universidad, v. III, F. 90v.- 91r.

²¹ Moreno, Roberto, *Joaquín Velázquez...* p.103.

²² Rovira Gaspar, Carmen y Ponce Carolina (comps.), *Elementos de filosofía moderna que incluye conjuntamente la física tanto general como particular*, México, UNAM/ UAEM, 1998, 253p.

oratoriano hizo entre filosofía y ciencia. Cabe aclarar, que Gamarra no fue propiamente un científico, sino un difusor de las ideas científicas contemporáneas en Europa. A través de la corriente ecléctica enseñó a sus alumnos los sistemas de Copérnico y Galileo, y las leyes e ideas de Newton, declarándose abiertamente newtoniano.

En lo que a la matemática teórica se refiere, *Elementorum* contiene un largo capítulo de geometría euclidiana, *Elementa de geometriae*, que según Alzate fue escrito por Agustín de la Rotea.²³ Dicho capítulo aborda los libros del I al III de los *Elementa* de Euclides, contiene algunos ejemplos y dos tablas de figuras. Esta rama de la matemática fue considerada fundamental para el estudio de las artes por los filipenses, en cuyas aulas se enseñó la geometría plana, la geometría euclidiana, la geometría proyectiva, la aritmética y el álgebra.²⁴ En las *Academias de filosofía*, José Ignacio Fernández del Rincón, discípulo de Gamarra, abordó algunos aspectos de la física newtoniana; fue el primero en introducir los enunciados de las tres leyes de la dinámica, aunque no sus fórmulas, que Newton estableció analíticamente, y todo parece indicar que conoció los *Principia* de manera directa y quizá los estudió bajo la dirección de Gamarra.²⁵

Por otra parte, en la Ciudad de México, las monjas del convento de la Enseñanza impartieron a partir de 1755 la instrucción más avanzada para niñas existente en la Nueva España; enseñaron las primeras letras, la doctrina cristiana, historia, álgebra, aritmética geografía y latín. A partir de 1786, en las Escuelas Pías y las que el Ayuntamiento de la Ciudad de México fundó para los niños pobres, se enseñó además de las primeras letras y el catecismo, la aritmética.²⁶ Estos son datos que nos muestran la importancia que fue adquiriendo la enseñanza de la matemática en la Nueva España a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, aún antes de dar inicio la institucionalización de la ciencia a través de la fundación del Jardín Botánico y el Real Seminario de Minería.

²³ Alzate Ramírez, José Antonio, "Elogio histórico de D. Agustín de la Rotea", en *Gazetas de Literatura de México*, Puebla, Manuel Buen Abad (reimpresor), 1831, tomo I, pp. 41-44.

²⁴ Díaz de Gamarra, Juan Benito, *Máximas de Educación. Academias filosóficas, Academias de Geometría*, México, ed. COLMICH, 1983, pp. 115- 129.

²⁵ *Ibid.* p. 112.

²⁶ Tanck de Estrada, *op. cit.*, pp. 32 y 65.

1.3.- La prensa novohispana y la matemática

La prensa fue otro vector importante por el que se difundieron los avances científicos en nuestro periodo de estudio. A pesar de que no existió ninguna publicación periódica destinada exclusivamente a la difusión de las ciencias exactas, en todas ellas hubo artículos destinados a dar a conocer los logros en estas ciencias. La aparición de la primera publicación periódica de corte científico, el *Diario Literario de México* (1768), marcó el inicio de la etapa de divulgación de la ciencia en la Nueva España.

La mayoría de estas publicaciones fueron de corta vida, debido a que aún en el siglo XVIII el costo económico de imprenta era elevado y a que era reducido el sector de la sociedad interesado en noticias científicas. El papel desempeñado por los criollos dedicados a esta empresa fue esencial, ya que crearon la vía por la cual las noticias científicas se divulgaron entre la intelectualidad novohispana. Abrieron otro espacio a la difusión, pero también a la discusión de los temas científicos de mayor interés en la época. Todas y cada una de ellas, a decir de sus editores, tuvieron la finalidad de difundir los conocimientos científicos en beneficio de la colonia. Estas mismas publicaciones nos dan muestras del interés de la difusión y enseñanza de la matemática en la Nueva España en las últimas décadas del siglo XVIII.

Sin lugar a dudas, José Antonio Alzate y Ramírez fue el novohispano más entusiasta en lo que a la difusión de la ciencia se refiere. Sus cuatro publicaciones periódicas, *Diario Literario de México* (1768), *Asuntos varios sobre ciencias y artes* (1772-1773), *Observaciones sobre física, historia natural y Artes útiles* (1787-1789) y *Gacetas de literatura de México* (1788-1795) contienen artículos sobre ciencia, tecnología educación, etc., predominando los artículos relacionados con la medicina, la botánica, la mineralogía, la física experimental, las observaciones astronómicas, entre otros. Importantes son las traducciones, comúnmente del francés, de algunos artículos de interés, su manifiesta preocupación por diversos temas sociales y por que sus publicaciones funcionaran como el espacio de debate entre los novohispanos.

En las publicaciones periódicas de Alzate se hizo mención a los más distinguidos matemáticos y astrónomos europeos: Descartes, Huygers, Newton, Leibniz, La Lande, Bernoulli, etc.; fue el principal difusor en la Nueva España de la obra científica de

Francklin y publicó algunas noticias sobre literatura científica reciente; por ejemplo, en 1772 dio informe de una importante publicación:

Se ha impreso en Madrid en el presente año, una excelente obra con el titulo de *Tratado de Matemáticas*, sus autores D. Jerónimo de Capmani sargento mayor de regimiento de la corona; y D. Benito Bails, director de matemáticas de la real academia de San Fernando; se trata en ella, la aritmética, geometría, trigonometría y geometría práctica, esta última es la que menos interesa á lo que puede juzgar, por el corto tiempo en que la registré alguna cosa, me parece que es lo mejor y sobre el particular tenemos en castellano.²⁷

Esta noticia es de capital importancia, pues fue la primera que se conoce de la obra de Benito Bails. La bibliografía matemática del peninsular fue utilizada como libros de texto en el Real Seminario de Minería y constituyó un pilar para la introducción de la matemática moderna en la Nueva España, a través de ella se introdujo la enseñanza del cálculo infinitesimal y la geometría analítica.

En repetidas ocasiones, Alzate mencionó la importancia de la matemática en particular la geometría subterránea, como ciencia auxiliar e indispensable en la minería. Como parte de la defensa al ataque lanzado por algunos novohispanos acerca de la inutilidad de la matemática teórica, Alzate, en 1773, tradujo el Prólogo de Mr. Fontanelle. La traducción del siguiente fragmento, de este texto, que bien pudo haber firmado el propio Alzate:

Desde luego se desprecia como inútiles aquello, que se ignora lo que es una especie de vergüenza, como la física y matemáticas son por lo general desconocidas, por lo general se reputan por inútiles. El origen de esta desgracia es manifiesto, porque estas ciencias son espinosas, agreses y difíciles[...] La geometría y principalmente el algebra, son la llave de todas las indagaciones, que pueden hacerse sobre la cantidad. Estas ciencias que solo se ocupan en relaciones abstractas é ideas simples, podran parecer infructuosas mientras no salen, por decirlo así, del mundo intelectual; pero las matemáticas mismas que decienden á la materia, y consideran los movimientos de los astros, el aumento de las fuerzas motrices, los diferentes caminos que toman los rayos de la luz en diferentes medios, los diferentes efectos del sonido por las vibraciones de las cuerdas[...] Es necesario enfatizar que todas las especulaciones de la geometría teórica, ó de algebra, no tienen aplicacion respecto á ejecuciones utiles; pero tambien lo es que la mayor parte

²⁷ Alzate y Ramírez, José Antonio, *Gacetas de Literatura de México*, Puebla, Manuel Buen Abad (Reimpresor), 1831, tomo IV, p. 116.

de las que no logran semejante proporcion benéfica, conducen ó influyen á lograr ventajas efectivas, el saber que es una parábola la subtangente es doble del abcisso correspondiente, es a primera vista un conocimiento muy estéril, pero aplicado a la ballística ó arte de arrojar las bombas con precision[...]²⁸

La traducción al Prólogo de Fontenelle por parte de Alzate es un ejemplo ilustrativo de como los novohispanos del periodo que se dedicaron a difundir la ciencia, para tal fin hicieron traducciones, principalmente del francés; pero también es una muestra de como los criollos interesados en la ciencia apelaron a la “autoridad” de sus homólogos europeos como sustento a sus afirmaciones.

En algunos de los artículos publicados y escritos por el propio Alzate queda de manifiesto que conoció de manera directa algunos libros de matemáticos europeos; ejemplo de ello es el artículo titulado “Respuesta decisiva por D. Antonio de Alzate, al papel, que con titulo de Suplemento á la de México de 8 de septiembre, imprimió el señor director de minería D. Joaquín Velázquez de León” en el que cita la obra de Desaguliers, realizando una igualdad trigonométrica básica: $2 \operatorname{tg} a = 2 \sec a$ ²⁹

Además, dentro de sus publicaciones nos encontramos con noticias de la labor de dos matemáticos novohispanos: un par de elogios históricos a Agustín de la Rotea y a José Ignacio Bartolache.³⁰ Gracias a la reseña que dedicó a De la Rotea hemos tenido noticias de este matemático.

Por su parte, José Ignacio Bartolache no limitó la difusión de la ciencia a las aulas universitarias. Durante la segunda sustitución a Velázquez de León en la cátedra de Astrología y Matemáticas, publicó la primera revista médica de América, el *Mercurio Volante con noticias importantes y curiosas sobre varios asuntos de física y medicina* (1772-1773), con 16 números, de temática diversa, en especial de medicina y tecnología. En el número 2 (del 28 de octubre de 1772) en la “Verdadera idea de la buena física y su utilidad” y en el número 3 (del 4 de noviembre de 1772) en “Noticia y descripción de los instrumentos más necesarios y manuales que sirven a la buena física”, encontramos algunas de sus concepciones sobre la ciencia matemática, que aparecen también contenidas

²⁸ *Ibíd.*, pp. 193- 197.

²⁹ *Ibíd.*, pp. 333- 346.

³⁰ *Ibíd.*, Tomo I, pp. 41- 44 y pp.405- 414, respectivamente.

en sus *Lecciones Matemáticas*. En el *Mercurio Volante*, Bartolache, se declaró abiertamente newtoniano, en estos términos:

Diré solamente que su física que su física (de Newton) es ya por consentimiento universal lo que hay que saber de bueno, la más bien fundada, la sola útil de un modo efectivo y la sola que no ha desmentido la razón, ni la naturaleza, ni alguna experiencia. Son pocos y sencillos sus principios, el método rigurosamente geométrico y las consecuencias interesantes a las ciencias y artes; cualquiera de estas cosas que faltase, se echaría menos y ya no puede pedirse más.³¹

Además estableció una correlación entre estas ciencias, la matemática y la física, como pone de manifiesto en el siguiente fragmento:

...los requisitos para una buena física, esto es, para una física importante, sólida y fructuosa... conviene, a saber, que se necesita como previo estudio el de las matemáticas jefes, aritmética y geometría, sin las cuales no podrá estudiarse aprovechadamente la física. ¿Y por qué? Porque en ella se trata, y se trata con luz y norte de la rigurosa demostración, todo lo que mejor sabemos acerca de los cuerpos.³²

En el primer número del *Mercurio Volante*, que lleva fecha del sábado 17 de octubre de 1772, titulado “Plan de este papel periódico”, Bartolache mostró su preocupación por que se realizase una reforma al plan de estudios de la Universidad de México vigente desde 1645, debido a que éste ya no se encontraba acorde a los avances científicos ni a las necesidades de la colonia.³³ El *Mercurio Volante*, además de ser un medio de difusión de la ciencia, también fungió como cuaderno de enseñanza ya que su contenido se difundió en las cátedras de Astrología y Matemáticas, Medicina y Filosofía de la Universidad de México.

El papel desempeñado por Manuel Antonio Valdés en la difusión, no sólo de la ciencia sino de las noticias importantes de la colonia e internacionales fue fundamental en el periodismo novohispano. La *Gazeta de México, compendio de noticias de la Nueva España* (1784-1809) no fue una publicación destinada a la difusión de la ciencia; a pesar

³¹ Bartolache, José Ignacio, *Mercurio Volante*, México, Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1772, Núm. II, pp. 21-22

³² *Ibid.* pp. 19-20.

³³ *Ibid.*, Núm. I, p. 7.

de ello, fue quizá la publicación que difundió con mayor éxito el quehacer científico novohispano a través de pequeñas notas. Con relación a la matemática hay una variedad de noticias que incluyen inicios de cursos de aritmética, álgebra y geometría,³⁴ notas de los concursos de disertación y de oposición abierta en la Universidad de México,³⁵ los discursos de apertura de la cátedra de matemáticas en algunas ciudades importantes de la Nueva España,³⁶ artículos de matemática teórica elaborados por novohispanos³⁷ y elogios fúnebres a algunos científicos criollos, entre los que sobresale el de Antonio de León y Gama, amigo cercano de Valdés.³⁸

2.- LA OBRA ESCRITA DE UN MATEMÁTICO TEÓRICO NOVOHISPANO: ANTONIO DE LEÓN Y GAMA

Durante la época colonial, algunos de los hombres que en México se dedicaron al estudio de la matemática, se ocuparon en dar solución al viejo problema de la cuadratura del círculo. Este problema, aunque propuesto por el griego Antipho, tenía varios siglos previos de estudio; desde entonces y hasta la segunda mitad del siglo XVII fue un problema de corte geométrico, aunque durante los siglos XV y XVI se abordó desde la trigonometría y los logaritmos; también durante esta época se intentó abordar la cuestión a través de una serie infinita, pero esto no pudo desarrollarse hasta la creación del cálculo infinitesimal en la sexta década del siglo XVII. A partir de entonces el problema de la cuadratura del círculo abandonó el campo geométrico para insertarse en el del análisis. Con el proceso de asimilación y evolución de la matemática durante el siglo XVIII, Euler relacionó p con los

³⁴ La *Gazeta de México* del 11 de enero de 1790 dio noticia de la apertura del aula de Geometría y la del 11 de octubre de 1791, anunció el inicio del curso de álgebra, ambas a impartir en la Real Academia de San Carlos por Diego de Guadalajara. Valdés, *op.cit.*, México, 1790-1792, Tomo. IV, pp. 6 y 410-411, respectivamente.

³⁵ La *Gazeta de México* del 13 de septiembre de 1791 publicó la noticia de un acto académico en la Universidad para los alumnos del Colegio de San Juan de Letran sobre aritmética, álgebra, geometría y física experimental. Valdés, *op. cit.*, México, 1790-1791, Tomo IV, pp. 394-395.

³⁶ La *Gazeta de México* del 27 de febrero de 1802 anunció la apertura de la cátedra de Matemáticas en el Real y Primitivo Colegio de San Nicolás de Obispo, en la ciudad de Valladolid de Michoacán, a impartir por D. Bernardo Joseph de Pion y Escoto, que ya sustentaba la misma cátedra en el Real y Pontificio Seminario de Valladolid. Valdés, *op. cit.*, México, Tomo XI, p.17.

³⁷ La *Gazeta de México* del 24 de mayo de 1785 publicó el artículo sobre la solución al problema de la cuadratura del círculo realizado por un sujeto de California. El 27 de diciembre de 1785, como suplemento de la *Gazeta*, se publicó un artículo sobre la misma temática escrito por Antonio de León y Gama, mismo que fue reimpreso en una *Gazeta* de 1795.

³⁸ Valdés, Manuel Antonio, "Elogio histórico de D. Antonio de León y Gama", en *Gazeta de México...*, México, herederos de Don Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1803, Tomo XI, pp.158- 164.

números imaginarios y Lambert demostró que se trataba de un número irracional; con ello el estudio del viejo problema de la cuadratura del círculo se trasladó a la teoría de números.

En la Nueva España, las tendencias seguidas para la solución del problema de la cuadratura del círculo estuvieron marcadas por las europeas. Joseph Sáenz de Escobar abordó el problema, a finales del siglo XVII, desde la perspectiva de la geometría, y a pesar de que la cuadratura del círculo ya era estudiada por algunos europeos desde el cálculo infinitesimal, a través de las series infinitas, esto no implicó un rezago matemático por parte del novohispano, ya que esta rama de la matemática estaba en proceso de asimilación y difusión en Europa, es decir, aún no se establecía como parte del conocimiento público aceptado por los matemáticos

En tanto a las propuestas de dos anónimos, uno de Madrid y otro de California en la Nueva España, de 1784 y 1785 respectivamente, no abandonaron los campos de la geometría y la trigonometría. Esto demuestra un rezago matemático considerable ya que para entonces, el estudio del problema de la cuadratura del círculo no sólo se encontraba en el campo del análisis, sino que además se había demostrado que π era irracional. Estas dos publicaciones llaman la atención de León y Gama, que escribió un artículo en el que muestra conocer la evolución del problema y en el que declara la imposibilidad de cuadrar el círculo. Aunque este artículo de León y Gama no incluye operaciones matemáticas representa su conocimiento de la obra matemática de los europeos más destacados de la época. Por todo lo dicho podemos deducir que el estado de conocimiento de la matemática teórica en la colonia española no fue homogéneo; sólo algunos estudiosos de la matemática estaban al tanto de los avances y progresos europeos en esta ciencia.

2.1.-Los novohispanos y el problema de la cuadratura del círculo

A lo largo de la investigación, nos encontramos con referencias del estudio recurrente del problema de la cuadratura del círculo por parte de los geómetras novohispanos. La primera referencia que localizamos se establece en el siglo XVI, en la obra de Juan Porres Osorio, *Nuevas proporciones geométricas*, en donde aparecen nuevos métodos para dividir la circunferencia, con la finalidad de encontrar el área exacta del círculo. Este método fue

utilizado por algunas civilizaciones antiguas y la división más usual fue en 360 partes. A decir de Joseph Sáenz de Escobar, Gabriel López de Bonilla, contemporáneo y miembro de la tertulia de fray Diego Rodríguez, en su manuscrito *Tratado de medidas de tierras y datos de aguas* (1653), para medir el área o superficie de un segmento, o parte de un círculo, hizo uso del método de Colmuela, el cual consistió en “...suponer sabida la longitud de la que llaman chorda, esto es cuerda, de la saggita, esto es saeta y llaman cuerda a la línea menor que el diámetro que fuera paralela a la del diámetro, si ajustase el medio círculo.”³⁹ Es decir, el método usado por López Bonilla fue para calcular el área de un segmento del círculo, ya fuese menor o mayor al semicírculo.

Tenemos noticia de tres soluciones al problema de la cuadratura del círculo propuestas por Antonio de Alcalá en su *Geometría fundamental: contiene los cuatro problemas hasta ahora no resueltos con práctica de las medidas de aguas y tierras* (1753); desafortunadamente, estos tres artículos junto con los dos, la de Juan Porres y López de Bonilla, anteriores no nos ha sido posible localizarlos y efectuar un análisis de los mismos, pero nos han permitido establecer que el estudio del problema de la cuadratura del círculo fue recurrente en la Nueva España.

Previo al artículo de Antonio de León y Gama, sólo nos ha sido posible consultar el escrito por Joseph Sáez de Escobar, “Que trata del área o superficie de los círculos y partes de los círculos, que llaman segmentos”, que figura en su *Geometría práctica y mecánica dividida en tres tratados, el primero de medidas de tierras, el segundo de medidas de minas, el tercero de medidas de aguas*, de inicios del siglo XVIII. En él, Sáenz de Escobar hace mención de las dificultades de abordar el problema desde la perspectiva filosófica y matemática simultáneamente, por lo que recomendó que se siguiese sólo una vertiente; si es desde la matemática, su estudio debía efectuarse bajo el método propuesto por Arquímedes o haciendo uso sólo del diámetro, que elevándolo al cuadrado, multiplicado por 11, dividiendo el producto en 14 partes y haciendo uso de una regla de tres el resultando será el área. “Sabida el área y sacando de ella la raíz cuadrada, quedará cuadrado el círculo y siendo como es en cualquiera de los dos modos propuestos la

³⁹ Sáenz de Escobar, Joseph, *Geometría práctica y mecánica dividida en tres tratados, el primero de medidas de tierras, el segundo de medidas de minas, el tercero de medidas de aguas*. MS, pr. S. XVIII, Localizado en la Biblioteca Nacional de México (MS-1528).

referida área, se ajustará a ser su raíz cuadrada.”⁴⁰ El autor cree posible calcular el área exacta del círculo sólo con el diámetro o con la circunferencia, es decir, no con la relación que Arquímedes estableció como p . Para calcular el área de un segmento del círculo propuso seguir el método de Colmuela: sea un círculo de diámetro x , trácese un segmento de línea, ab , paralelo al diámetro que obviamente será menor, y posteriormente un segmento de línea, cd , perpendicular que haga dos ángulos rectos al segmento de línea ab , que a su vez estará dividida en 14 partes. Utilizando una regla de tres, se sabrá el área del fragmento del círculo, que es menor al área del semicírculo; propone un procedimiento análogo para el cálculo de un segmento de círculo mayor al semicírculo. Al final de su exposición, Sáenz de Escobar menciona que para el cálculo del área de un segmento de círculo también se hace uso de la trigonometría, pero no efectuó cálculos de esa naturaleza.

En el apartado de su obra *Geometría práctica y mecánica...* titulado “Tratado del área o superficie de los círculos y partes de los círculos, que llaman segmentos”, Sáenz de Escobar, abordó el problema de la cuadratura del círculo desde la perspectiva geométrica, que como hemos visto fue la dominante hasta el siglo XVII en Europa, y aunque el enfoque trigonométrico y logarítmico se estableció durante los siglos XV y XVI, nuestro autor apenas los menciona. Es obvio que Sáenz de Escobar se encontraba dentro del grupo de geómetras que creyó encontrar la solución de la cuadratura del círculo.

2.2.- El encuentro de Antonio de León y Gama con el problema de la cuadratura del círculo

En Antonio de León y Gama (1735-1802) tuvo la Nueva España a un astrónomo preciso, tanto en las observaciones como en los cálculos efectuados. Su labor como matemático, en su época, no tuvo tanto reconocimiento como la de Joaquín Velázquez de León, pero sus cálculos matemáticos fueron tan precisos o más que los del catedrático de matemáticas. León y Gama efectuó estudios en el Colegio jesuita de San Ildefonso, en la Ciudad de México, en donde, y conforme a la instrucción jesuita de la época, se formó bajo una filosofía ecléctica más que peripatética. Según Antonio de Valdés en su *Elogio histórico de Don Antonio de León y Gama*, León y Gama se sintió atraído desde muy joven por el

⁴⁰ *Ibíd.*

estudio de la matemática, mismo que emprendió de manera autodidacta; fue un matemático que, según Valdés:

[...]amaba tanto la exactitud de las ciencias; y creyó con razón poder extenderse por los espacios dominados de la verdad, mientras no soltara de la mano el venturoso hilo de los principios matemáticos[...] Sólo, sin guía de viva voz, con una tosca en la mano, tuvo valor de penetrar por el oscuro caos de los elementos geométricos, árido país y desabrido, cuando aun no se gusta la conexión de la saca especulativa con la ventajosísima práctica.⁴¹

Pero León y Gama no se contentó con conocer la geometría, rama de la matemática que aún era considerada como el centro de todo estudio matemático, sino que se familiarizó con las obras de Newton, Wolfio, Gravesand, Anovio, la Caille, Muskembrock, los Benoulli, Leibniz, etc., de tal manera que las referencias más sólidas acerca de las noticias que algunos de los novohispanos tuvieron del cálculo infinitesimal las encontramos en León y Gama. La pasión que sentía por la matemática teórica sólo fue rebasada por la de la matemática aplicada, que enfocó a la astronomía; guiado por esta ciencia escribió un par de calendarios en donde introdujo, en cada día y mes, varios de los fenómenos astronómicos que se observarían.

El 6 de noviembre de 1771 efectuó las observaciones y cálculos del eclipse de sol, mismas que le valieron los elogios de uno de los más reconocidos astrónomos de la época, el francés Lalande, que en una carta fechada del 6 de mayo de 1773, se manifestó así ante nuestro astrónomo:

Veo con placer, que tiene México en vos un sabio astrónomo. Éste es para mi un precioso descubrimiento, y me será la vuestra una correspondencia que cultivaré con ardor. Agradezco vuestra observación sobre la altura del polo respecto á esta ciudad; y la haré en el primer cuaderno del conocimiento de los tiempos, que daré a la luz confesando ser vos el autor. Os ruego con mayor encarecimiento, que repitáis observaciones sobre los satélites de Júpiter y me las enviéis; yo os remitiré las mías en el asunto: Yo desearía tener un plan de México, y saber en qué lugar de la ciudad hicisteis las observaciones que me habéis hecho el honor de mandar. Pero sobre todo, quería tener de vos una observación de la hora y altura de la marea en cualquier lugar de la costa

⁴¹ Valdés, Manuel Antonio, "Elogio histórico de D Antonio de León y Gama", *Gazetas de México, compendio de las noticias de la Nueva España*, México, Herederos de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1802, Tomo XI, p. 160.

sur desde Acapulco hasta Valparaíso: Celebro sumamente esta ocasión de poder atestiguar cuánto consuelo me ha dado vuestra carta, y cuán agradables esperanzas he conseguido sobre le adelantamiento de las ciencias, etcétera.”⁴²

El mencionado reconocimiento a la labor científica de León y Gama no fue el único otorgado por algún contemporáneo; el virrey Manuel Antonio Flores, quien era un astrónomo aficionado, se hacía acompañar en sus observaciones por León y Gama y le consultaba frecuentemente. Además le encomendó calcular en qué lugar del virreinato se vería el cometa que según los astrónomos ingleses aparecería en 1788. Por su parte, el virrey Revillagigedo lo consideró como uno de los astrónomos más destacados del virreinato y lo recomendó para la expedición científica comandada por Alejandro Malaspina. Sin embargo, el reconocimiento más significativo vendría de otro científico novohispano, Joaquín Velázquez de León, con quien, como hemos mencionado, cotejó algunos cálculos astronómicos, efectuó observaciones y además cuando éste partió a la expedición a las Californias (1768-1770), encomendó a León y Gama que realizara las observaciones del paso de Venus por el disco del Sol desde la Ciudad de México, así como algunos cálculos trigonométricos y analíticos con los cuales le fue posible establecer la longitud y latitud de la capital del virreinato. Con ello queda de manifiesto que si Velázquez de León vio en Bartolache aptitudes de docente y difusor, en León y Gama visualizó a un astrónomo y matemático de primer orden. Cuando Velázquez de León fue director del Tribunal de Minería, recomendó su amigo astrónomo para ocupar la cátedra, en el Colegio de Minería, de Mecánica, Aerometría y Pirotecnia, aunque jamás sustentó el cargo debido a que el Colegio nombró a un español. No hay que olvidar otro reconocimiento a su labor científica realizado por el editor de la *Gazeta de México*, Manuel Antonio Valdés, quien le pidió escribiera un artículo sobre la supuesta solución al problema de la cuadratura del círculo dada por un “sujeto” de las Californias; Valdés mismo, a la muerte de León y Gama, escribió el “Elogio histórico...” que es la primer biografía científica de nuestro matemático.

En el “Elogio histórico”, Valdés proporcionó un listado de los escritos científicos, tanto publicados como inéditos, realizados por León y Gama. Los publicados son: varios artículos en la *Gazeta de México*; “Descripción del eclipse de Sol de 1771”, cuya

⁴² *Ibíd.*, pp. 163-164.

publicación fue financiada por Joaquín Velázquez de León; “Carta al autor de la *Gazeta*”, que se trata del artículo de la cuadratura del círculo; “Disertación físico-matemática de la Aurora Boreal”; “La descripción histórica y cronológica de las dos piedras encontradas...” en 1790; “La instrucción sobre el remedio de las lagartijas”; “Dictamen sobre el modo en que deben contarse los siglos”, publicado en la *Gazeta de México* en 1802. Los trabajos que no vieron la luz pública durante la vida de León y Gama fueron: “Historia Guadalupeña”, “La cronología de los antiguos mexicanos”, “La ciencia numérica y gnomónica de los mismos”, “Un tratado de perspectiva práctica para uso de los aficionados a la pintura y el dibujo”.⁴³ De lo anterior se infiere que los intereses científicos de León y Gama se centraron en la matemática, tanto teórica como aplicada.

Valdés le solicitó un estudio que revelara si era verdad, que, como afirmaba un autor anónimo de California en la *Gazeta de México* del 24 de mayo de 1785, éste había solucionado el problema de la cuadratura del círculo. El sujeto anónimo afirmaba haber solucionado los problemas propuestos por un “sujeto de Madrid” que un año antes se había ofrecido a solucionar.⁴⁴

En el Suplemento a la *Gazeta de Madrid* del viernes 21 de mayo de 1784, un autor anónimo se propuso la solución del problema de la cuadratura del círculo basándose en la geometría y en la trigonometría, estableciendo como válido el principio de Arquímedes (el área de un círculo es el semiproducto de su radio por su circunferencia y la relación de la circunferencia al diámetro está comprendida entre $223/71 = 3.14084$ y $22/7 = 3.14285$), aunque afirmó que dicha área estaría proporcionada en términos de la raíz cuadrada; también creyó que al conocer el área exacta del círculo podría calcularse el área del resto de las figuras curvilíneas. Con la finalidad de establecer el área del círculo, así como el área de un segmento de éste, sugirió cuatro problemas: en el primero propuso la división de la circunferencia, pero enfatizó que no debía ser usado el diámetro, ni tampoco era necesaria la intervención de la aritmética ya que la división de la circunferencia era posible usando sólo el compás, es decir, por el método de Antiphon. En su segunda propuesta, consideró como conocida el área del círculo y de un segmento formado en su centro, y con el uso de

⁴³ *Ibíd.*, p. 164.

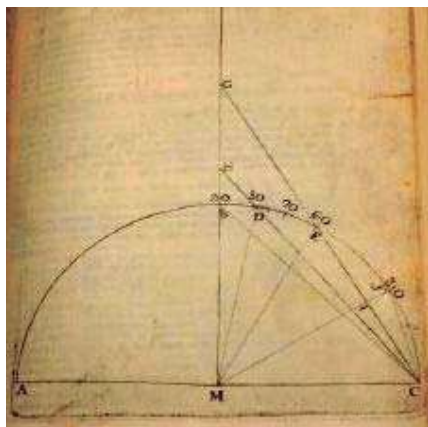
⁴⁴ “Suplemento”, *Gazeta de Madrid*, Madrid, 21 de mayo de 1784, y “Artículo de la cuadratura del círculo”, Manuel Antonio Valdés, *Gazeta de México...*, México, Herederos de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, Tomo I. 24 de mayo de 1785; respectivamente. Los textos aparecen recopilados en los anexos 3 y 4 del presente trabajo.

la trigonometría formuló que podría conocerse la circunferencia. En el tercer problema, dada la circunferencia y el área del círculo, pide se calcule el diámetro, a través de la trigonometría. En la cuarta, estableció la construcción de dos círculos: el primero con un triángulo afuera y otro adentro, el segundo con un paralelogramo afuera y otro adentro, estas figuras no debían ser ni circunscritas ni inscritas. Pidió calcular el área de dichas figuras, aunque no determinó cómo pretendía calcular el área de los círculos. Finalmente propuso un quinto problema que estuvo relacionado con el cálculo del área de una esfera. La nota que hace el editor de esta *Gazeta* establece la necesidad de hacer uso de las tablas logarítmicas de las funciones trigonométricas.⁴⁵

Estos problemas se plantearon como propuestas, pero no se publicaron las demostraciones. En consecuencia, un “sujeto de California” en la Nueva España se dio a la tarea de presentar las resoluciones en la *Gazeta de México*. Un año más tarde envió al editor seis escritos, pero Valdés los envió a León y Gama y le pidió que hiciese un artículo al respecto. De los escritos del anónimo de California sólo se publicó el primero, en el cuál pretendió solucionar los problemas del de la *Gazeta de Madrid*, pero con el uso del diámetro que dividió en 14 partes; este método fue usado por Dinostrato. A pesar de entender la relación entre el diámetro y la circunferencia, y que desde 1703 ya se conocía el símbolo de p , el californiano no hizo uso de él.⁴⁶ Quizá el motivo principal por el cual Valdés no publicó los otros 5 artículos, estuvo determinado por la respuesta tan contundente sobre la imposibilidad de cuadrar el círculo que León y Gama dio en su “Carta de Don Antonio de León y Gama al autor de la *Gazeta*”.

⁴⁵ Suplemento a la *Gazeta de Madrid* del 21 de mayo de 1784.

⁴⁶ Valdés, Manuel Antonio, *op.cit.*, Tomo I, p. 309.



Valdés, Manuel Antonio, “Elogio histórico de D. Antonio de León y Gama”, *Gazetas de México*, compendio de las noticias de la Nueva España, México, *Herederos de Felipe de Zúñiga y Ontiveros*, 1802, Tomo XI.

El autor inició la “Carta” haciendo un recuento histórico de las diferentes maneras en que había sido abordado el problema de la cuadratura del círculo, desde los griegos hasta finales del siglo XVII, es decir, estableció el tránsito de dicho estudio de la geometría a la trigonometría y los logaritmos, de estos al cálculo infinitesimal y de él, a la teoría de números. Aunque este último paso no se menciona en el texto, queda de manifiesto cuando señala la imposibilidad de la cuadratura del círculo debido a que todos los hombres que se habían esforzado en conseguirlo, desde cualquiera de las perspectivas antes mencionadas, sólo obtuvieron aproximaciones, además de que todos los cálculos originaron resultados en números irracionales. Esta determinación se derivó del conocimiento que León y Gama tuvo de los trabajos de Wallis, que afirmó que “es tan imposible el cuadrar exactamente el círculo, como sacar exactamente la raíz de una cantidad sorda”, y no en la demostración de Lambert de que p es número irracional, la cual seguramente no conocía. Al tratarse de un problema matemático tan antiguo, León y Gama recurrió a la autoridad de los matemáticos griegos y europeos;⁴⁷ además, dio una breve explicación del problema de la cuadratura del círculo:

⁴⁷ Anaxágoras, Aristófanes, Arquímedes, Ptolomeo, Hipócrates Chio, Gregorio de San Vicente, Adriano Mecio, Ludolfo Van Ceulen, Gregori, Clavio, Vueta, Eugenio, Leibniz, Halley, Machin, Wallis, Kepler, Sebastián Fernández Medrano, etc.

... por ser el círculo figura curvilínea, y como tal, difícil de medir su área por cuadrados, se intentó transformarla en uno que la contuviera justa y perfectamente, como se contienen las demás superficies, de las figuras rectilíneas en aquellas que se transforman. Para ello era necesario hallar primero, con toda la exactitud, la razón o proporción que tiene el diámetro con la circunferencia [es decir, el valor exacto de π]; y esta es la que hasta ahora no se ha podido encontrar.⁴⁸

León y Gama sólo utilizó su conocimiento matemático para demostrar que las propuestas del “sujeto de Madrid” eran muy elementales y desconocedoras de los últimos logros de esta ciencia. Además señaló que los cálculos efectuados por el anónimo de California, basados en la geometría y la trigonometría, eran erróneos, finalmente lo descalificó como matemático debido a que no hacía demostraciones y porque daba sus argumentos por ciertos. El énfasis de León y Gama da muestra de que nuestro matemático valoró las demostraciones matemáticas, introduciéndose, con ello a las tendencias europeas de su época. Esto queda de manifiesto en el siguiente comentario de León y Gama:

Pero lo que yo sé es, que todos los matemáticos no asientan proposición alguna, que no le añadan su demostración, para hacer ver su evidencia; si no es que su idea la tenga por un *axioma* que no necesita demostración. Las demostraciones matemáticas son la luz que da a conocer la verdad de las proposiciones, mayormente cuando se exponen *nuevas ideas*; y a ninguno se cree en estos asuntos sobre su palabra.⁴⁹

Los cálculos efectuados por León y Gama con la finalidad de demostrar que los ejecutados por el anónimo de California eran erróneos, tuvieron su base en la geometría, la trigonometría y los logaritmos de las funciones trigonométricas; algunos de sus cálculos estuvieron sustentados en la geometría euclidiana, en específico en el libro I de los *Elementos*.

En su “Carta” se encuentra uno de los elementos que con frecuencia se considera que caracterizó a la cultura barroca novohispana, la ironía:

De esta extravagancia conocerá Vm lo falso de sus ideas. Si supiera nuestro autor que la diagonal de un cuadrado, respecto de su lado, es inconmensurable [irracional] en números, por ser como la

⁴⁸ León y Gama, Antonio de, “Carta de Don Antonio de León y Gama al autor de la Gaceta”, Manuel Antonio Valdés, *Gazeta de México...*, México, Herederos de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1794, Tomo VI, p. 5.

⁴⁹ *Ibíd.*, p. 6.

raíz, de 2, a1, no la hubiera puesto igual a la cuerda de 60, o 90 pat., ni hubiera pretendido valerse de ella para hallar con *exactitud aritmética* su deseada cuadratura. Siempre que nos dé sacada con *exactitud aritmética* la raíz cuadrada de a nos convenceremos de la misma exactitud en su método; [...] Esto quiere decir que aunque la tal cuerda no se salga, se ha de hacer salir a fuerza, quiero o no quiera, añadiéndola, o quitándola algo arbitrariamente. ¡Buena *exactitud aritmética*! Esto sí se llama proceder a tientas.⁵⁰

Seguramente León y Gama no se aventuró en dar un método para calcular el área exacta de del círculo, debido a que estaba convencido de que ello era imposible. Sin embargo, sus observaciones a los escritos del anónimo de California dan muestra, aunque de manera parcial, del conocimiento matemático de este novohispano. Otra de las vías que podrían ayudar a establecer el estado de conocimiento matemático de León y Gama son sus cálculos astronómicos, los cuales, debido a la naturaleza de este estudio no abordaremos.

2.3. Otros novohispanos intentan cuadrar el círculo

A inicio del siglo XIX, en la Nueva España se dio la apertura de cátedras de matemáticas en las ciudades más importantes del virreinato, con ello dejaron de ser la Ciudad de México y las ciudades mineras, como Guanajuato y Puebla, los únicos núcleos de enseñanza y difusión de la matemática. Durante este periodo se continuó el estudio del problema matemático de la cuadratura del círculo, por parte de algunos novohispanos.

José María Mancilla, párroco de San Juan de los Lagos, en Nueva Galicia, se sintió atraído por los estudios de la matemática, y desde 1813 inició la publicación, en el *Mentor de Nueva Galicia*, de una serie de trabajos dirigidos a dar solución al viejo problema. Basándose en el método de Arquímedes, desde la geometría, se dio a la tarea de buscar la solución al viejo problema místico-matemático. La omisión en sus trabajos de los otros enfoques (trigonométrico, logarítmico, analítico y desde la teoría de números) se debió, según nos argumenta, a que el origen del problema era geométrico y que su no solución, se debía al mal uso de esta rama de la matemática.

En el *Noticioso General* de Ciudad de México, Mancilla publicó en 1818 un artículo, en el cual se propuso dar solución al antiguo problema haciendo uso sólo de líneas rectas.

⁵⁰ *Ibíd.*, p. 6.

Para este fin, Mancilla en el mismo artículo, se comprometió a dar una definición satisfactoria de diámetro, a encontrar cuatro líneas proporcionales geométrica y aritméticamente, a efectuar el análisis de la circunferencia y sus partes y a dividir al círculo en segmentos proporcionales; estudiar de la elipse, no como sección cónica, sino como figura formada por segmentos de círculos; a desarrollar sus observaciones sobre la cicloide, a proporcionar las reglas para la cuadratura; a hacer el estudio de los sólidos; y a señalar en un círculo la línea raíz de un cubo igual a la esfera.⁵¹ Mancilla estaba convencido de la imposibilidad de encontrar el área exacta del círculo desde la aritmética, aunque de manera indirecta supo que p era un número irracional; pero consideró haber establecido la cuadratura del círculo geoméricamente, apegándose siempre al método de Arquímedes, a pesar de que para la mayoría de los geómetras de la época tal construcción era imposible debido a la naturaleza de las líneas curvas.

El párroco proponía una serie de desafíos que suscitó la desconfianza, cuando no la total incredulidad de sus colegas novohispanos, pues en opinión de estos, los argumentos que empleaba eran absurdos. Su primer artículo suscitó comentarios desfavorables por parte del editor del *Noticioso*, Juan Baustita, y de un novohispano anónimo de la ciudad de Oaxaca; dichos comentarios, aunque no sabemos si fueron matemáticos, molestaron a Mancilla, quien en lo sucesivo mostró ironía ante la supuesta ignorancia geométrica de estos novohispanos.

En junio del mismo año, Mancilla dio una definición de diámetro “nueva”:

El diámetro es igual a las dos tercias de la raíz cuadrada de la octava parte del cuadrado de la periferia [circunferencia], mas la duodecima parte de la misma periferia: $D = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{8} P^2} + \frac{1}{12} P$.

O con una formula mas breve: $D = \frac{2}{3} \sqrt{P^2/8} + P/12$.⁵²

Al tratarse de una definición, Mancilla no considero necesaria la demostración. En este mismo artículo incluyó la solución a su segundo ofrecimiento, que también es de corte geométrico, en específico de construcción geométrica, y sólo se apoya en el teorema de Pitágoras. En su tercera publicación, firmada a 4 de septiembre de 1818, Mancilla afirmó

⁵¹ Baustita de Arispe, Juan, [sin título] *Noticioso General*, México, Núm. 348, 25 de marzo de 1818, pp. 3-4. Véase anexo número 4.

⁵² *Ibíd.*, [sin título] Núm. 382, 12 de junio de 1818, p. 2.

haber encontrado en líneas la diferencia existente entre el diámetro y la circunferencia, es decir, cree haber encontrado geométricamente a p ; pero no demostró ni geométrica ni aritméticamente sus afirmaciones, porque la construcción de las figuras las efectuó con regla y compás, tal como fue propuesto originalmente el problema por Antiphon.

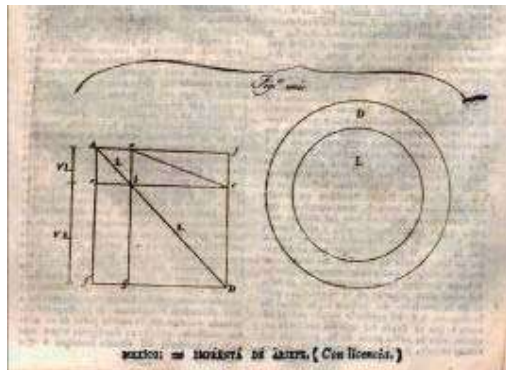
En la cuarta publicación, del 1 de febrero de 1819, Mancilla intentó establecer la relación entre el diámetro y la circunferencia, siempre siguiendo el método de Arquímedes, y afirmó haber realizado la rectificación de la curva de una manera sencilla: supuso que la línea recta que forma el cuadrado no es rígida sino flexible y que entonces puede “sobreponerse” a la circunferencia y al diámetro. Con ello, el matemático afirmaba que podía conocer el área del círculo. De nuevo se trata un procedimiento de construcción geométrica, y aunque no es exacto, resulta muy ilustrativo para explicar geométricamente qué es p .⁵³

En junio de 1819, un zacatecano de nombre Mariano Esparza publicó en el mismo periódico una nota en la que pide a Mancilla que aclare algunos aspectos de sus razonamientos; entre lo cuestionado está la división que hace de la circunferencia y la rectificación de la línea curva. La respuesta de Mancilla no se hizo esperar, y muy convencido de tener la razón, además de sentirse ofendido, realizó otro artículo en donde le “aclaró” estas dudas a Esparza. Además de esta nota del zacatecano, Mancilla había publicado otros tres artículos referentes a la relación entre el diámetro y la circunferencia, del mismo corte de los anteriores, es decir, a través de la construcción de la figura.

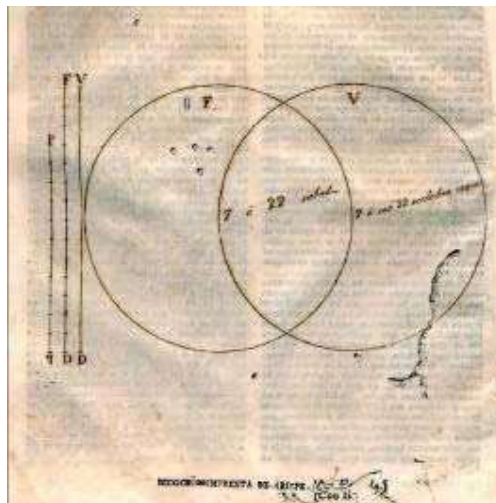
A finales del mismo año otro zacatecano, cuyas iniciales son B. L. M., escribió al editor para afirmar que la cuadratura del círculo, tal y como lo había propuesto Antiphon, era imposible. También señalaba la imposibilidad de conocer el valor exacto de p , ya que los decimales de este número son infinitos. Mancilla no renunció a su respuesta. En los meses siguientes ofreció nuevas demostraciones a sus propuestas, en algunos casos haciendo uso de la geometría, no sólo de construcción, y del teorema de Pitágoras. Las publicaciones de Mancilla llegaron a su fin en 1820, debido a que la Nueva España estaba a punto de conformarse como nación independiente, y las polémicas y preocupaciones políticas atrajeron con mayor fuerza la atención de los novohispanos, y también del editor del *Noticioso*.

⁵³ *Ibíd.*, “Suplemento”, Núm. 482, 1 de febrero de 1819, pp. 1-4.

Mancilla estaba convencido de haber dado solución al viejo problema, y aunque hace mención de algún elemento matemáticos (como rectificación de líneas curvas) que pudieron haber puesto en otro plano su propuesta de solución, lo cierto es que no se apartó de la propuesta original del problema: construir, utilizando únicamente regla y compás, un cuadrado de área igual a un círculo dado. No hizo uso de la trigonometría ni de los logaritmos, no se acercó para nada a los planteamientos del cálculo infinitesimal, aunque en un par de ocasiones parece hacer una serie, pero no la definió como tal; y estuvo aun más lejos de establecer que p era un número irracional. Todo parece indicar que el párroco desconocía los procesos de evolución que este problema había adquirido a través de su historia, ya que no menciona a ningún matemático que no sea griego. A pesar de ello, sus construcciones geométricas no están faltas de ingenio.

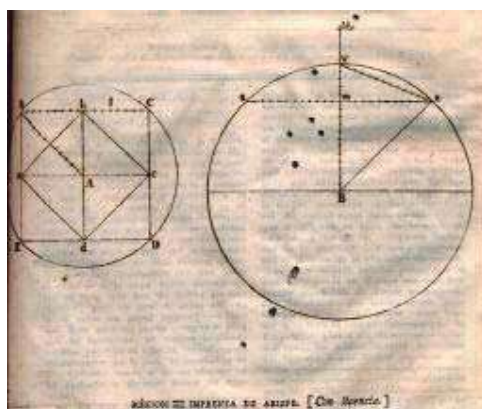


Estas tres figuras hacen latente el hecho de que José María Mancilla abordó el problema de la cuadratura del círculo desde la perspectiva geométrica, basándose en el planteamiento original.



En la primera de ellas intenta construir (con regla y compás) un cuadrado con área igual a la del círculo.

La segunda de ellas, muestra un recurso ingenioso usado por el novohispano, en el que supone que la línea curva del círculo no es rígida y que puede tomar la forma de línea recta.



Esta figura representa la forma más tradicional de abordar el problema, propone la construcción de una línea paralela al diámetro que obviamente es menor a este

3. LA MATEMÁTICA TEÓRICA EN IGNACIO BARTOLACHE Y LA INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA CIENCIA

A partir de 1768 se vivió en la Nueva España una eclosión en la difusión de los conocimientos científicos procedentes de Europa. A la par, se consolidó un sentimiento de identidad criolla que se vio reflejado en la labor científica de los novohispanos; se asimilaron los conocimientos europeos y se adaptaron para dar respuesta a la diversidad de la colonia.

Con esta difusión de la ciencia, pronto arribaron las últimas novedades de la física experimental y con ellas la necesidad de desechar la filosofía peripatética de las instituciones educativas. Los novohispanos de este periodo se sintieron especialmente seducidos por los sistemas newtonianos, pero Newton había fundamentado su física en la matemática, en específico en el cálculo infinitesimal o método de fluxiones, que no se comprendió hasta unas décadas después. Con esta inclinación hacia los sistemas newtonianos por parte de algunos novohispanos, la Nueva España siguió la tendencia europea de dejar de lado el sistema cartesiano. Ello queda reflejado en los trabajos, no del todo matemáticos, de un par de criollos: José Ignacio de Bartolache y Juan Benito Díaz de Gamarra, los cuales se declararon abiertamente newtonianos y cuestionaron el sistema cartesiano.

A pesar de la apertura y difusión de las ideas de la ciencia moderna, en la Nueva España hubo muy pocos hombres dedicados al estudio de la matemática, y contados son los que realizaron algún tratado o artículo de matemática teórica.

La fundación de la cátedra de matemáticas en 1790, en el Seminario de Minería marcó la cima de los procesos de actualización en los estudios matemáticos, ya que entonces se introdujo la enseñanza del cálculo infinitesimal y la geometría analítica a través de la obra de Bails.

3.1.- Las *Lecciones de matemáticas* de José Ignacio Bartolache

José Ignacio de Bartolache y Díaz de Posadas (1739-1790) es uno de los novohispanos más representativos del periodo. Su labor como difusor de la ciencia es significativa y se

mostró contrario a los planteamientos organicistas. Bartolache fue miembro de una familia modesta de Guanajuato; efectuó estudios de filosofía en el Colegio de San Ildefonso, en la Ciudad de México, y posteriormente pasó al Colegio Pontificio Seminario, en el cual seguramente conoció a Velázquez de León, para estudiar teología con una beca de merced. De este Colegio fue expulsado al sostener en acto público las propuestas de Melchor Cano, dando con ello un golpe a la escolástica enseñada en el recinto. Posteriormente ingresó en la Facultad de Medicina de la Universidad de México, apoyado económicamente por Velázquez de León y por la familia Osorio. En esta época, Bartolache se dedicó al estudio de la matemática y asistió a la Academia de Matemáticas impartida por Velázquez de León en el convento de Santos.⁵⁴

Los progresos en su formación matemática le merecieron el reconocimiento de Velázquez de León, quien lo nombró sustituto en la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Universidad de México por el tiempo que duró la Expedición a las Californias (1768-1770). La cátedra, como hemos mencionado, tenía muy poca audiencia pero, según Alzate, Bartolache invitó a más jóvenes a escuchar la cátedra, de tal manera que llegó a contar con más de 20 estudiantes.

En 1769, siendo sustituto de la cátedra de Astrología y Matemáticas, Bartolache redactó sus *Lecciones matemáticas, que en la Real y Pontificia Universidad de México, dictaba el Dr. José Ignacio Bartolache*. Esta obra, escrita en español, no es de matemática teórica; se trata de una exposición del método matemático, basada en el método científico propuesto por Descartes y con algunos elementos del método científico de Newton; las *Lecciones* son una muestra de la existencia en la Nueva España de esta época, de una transición del método cartesiano al newtoniano. Esta obra constituye el primer texto publicado en México con las teorías modernas de la ciencia y su método. En su Introducción informa de sus pretensiones en las palabras:

En el discurso de estas lecciones costará oportunamente la gran utilidad de las Matemáticas, que aquí sólo se há insinuado. Io comenzaré tratando del Método Matemático: donde después de explicar todos los terminos, que no debe ignorar un principiante, sentaré dos proposiciones bien demostradas, que juzgo de la maior importancia, i nadie (que io sepa) ha demostrado hasta aóra.

⁵⁴ Alzate y Ramírez, José Antonio, "Elogio histórico del Dr. D. José Ignacio Bartolache", *Gaceta de Literatura de México*, Puebla, Manuel Buen Abad (reimpresor), 1831, Tomo IV, pp. 405- 408.

Seguiráse la Aritmética completa, i la buena Geometría: a estas q' son la basa i fundamentos de todas, añadiremos la Mecánica, que es de una vasta extension, la Arquitectura Militar, ó Ciencia de Ingenieros i otras por su orden.⁵⁵

Desconocemos los motivos por los cuales Bartolache no concluyó el proyecto antes mencionado y sólo se publicó la *Primera Lección*, que escribió como lección a dictar en la cátedra de Astrología y Matemáticas, debido a que el reglamento universitario así lo exigía, porque no existía un programa bien definido ni algún libro de texto. Este primer escrito, de la serie inconclusa, lo tituló *Primera Lección. Que trata del Método Matemático*, y está dividido en dos capítulos: “Idea de este método bien definido” y “Sobre la ciencia matemática”. En el desarrollo de la *Primera Lección*, está contenida la concepción de método científico de Bartolache, la cual se mueve entre los dos métodos predominantes de la época, el cartesiano y el newtoniano.

Bartolache aceptó la matematización de la naturaleza propuesta por Descartes, pero su obra la compuso siguiendo la estructura de los *Principia* (1665) de Newton: definición, axioma y postulado; teoremas, problemas, corolarios y escolios. Asimismo aceptó el método deductivo como el más eficaz para la matemática, como lo hizo Newton; a pesar de ello no introdujo la matemática newtoniana. Su acercamiento al método cartesiano se ve reflejado en el pequeño apartado que tituló “Resolución”, con seis reglas a tratar en el “Teorema Único”; es clara la influencia de las *Meditaciones metafísicas* que contienen seis mediaciones para establecer un conocimiento verdadero de la naturaleza.⁵⁶

En el primer capítulo, “Idea de este método bien definido”, Bartolache expuso sus concepciones acerca del método matemático; dio la definición de método y marcó las diferencias existentes entre el método analítico y el método sintético. A su vez, consideró al método matemático como el más exacto y riguroso de todos los existentes, y el más perfecto para conocer la verdad, ya que cuando existe algún error no es la matemática la que se equivoca, sino el matemático quien no hizo uso adecuado de los principios de esta

⁵⁵ Bartolache, José Ignacio, *Lecciones matemáticas...* México, Biblioteca Mexicana, 1769, fol. 5v.

⁵⁶ Véase: *Ibíd.*, pp. 39-40 y Descartes, Rene, *Meditaciones Metafísicas*, traducción Juan Gil Fernández Argentina, Aguilar, 1979, pp.43-90.

ciencia.⁵⁷ En el mismo capítulo especificó lo que era la Definición y distinguió entre “definición nominal” y “definición real”, para pasar a dar un ejemplo de ambas:

9. V.g. Si se dice que la linea recta es aquella, cuias partes son todas semejantes al todo y tambien entre sí mismas: esa será una definicion nominal de la linearecta: i en ella se exprésan notas ô atributos, por donde distinguir la recta de la curva. Pero diciendo, que la linea recta es aquella que se forma por el movimiento uniforme de un punto, que guarda siempre una misma direccion; concibiendo que dicho punto queda succesivamente estampado en todo aquel espacio: tendrédmos ia una definicion real. Porque en efecto la linea recta se concibe mui bien bajo de la tal idéa, aunque no hai instrumento tan fino, ni mano tan distra que pudiera formarla de este modo. ⁵⁸

La “definición nominal” es la definición de la recta de la geometría plana aceptada desde los griegos, y la “definición real” es la que Newton dio en su geometría dinámica. También definió axioma, postulado, teorema y problema, distinguiendo tres partes de este: la simple proposición, la resolución y la demostración.⁵⁹ En una nota a pie de página, Bartolache se refirió de la demostración en estos términos:

Las demostraciones mas concisas i breves son por lo general las mejores. Quando en ellas se tira á probar el teoréma, haciendo ver que de no conocerlo, se havría de admitir por necesidad una cosa, que se conoce con evidencia ser falsa i absurda; esto se llama *demostrar indirectamente*, *demostrar por imposible* [demostración con relación al absurdo]... Bueno sera evitarlas cuando fuese posible, buscando siempre otras *directas*.⁶⁰

En esta concepción de la demostración matemática se visualizan algunos elementos “estéticos” que va adquiriendo esta ciencia durante el siglo XVIII, aunque la idea de partir de lo conocido ha sido característica de las demostraciones matemáticas desde los griegos. También en este capítulo se refirió al método matemático e hizo una distinción entre la matemática “pura” y la “mixta”, por lo que concluyó que en cualquier ciencia puede usarse

⁵⁷ Bartolache, *op.cit.*, Bartolache citó la obra de Wolff, *Elementos de matemática*, en donde se exponen cuatro maneras para encontrar las definiciones nominales y cuatro para las reales.

⁵⁸ *Ibid.*, fol. 8r- 8v.

⁵⁹ *Ibid.*, fol. 11r.

⁶⁰ *Ibid.*, fol. 10v.

el método matemático, hasta el punto de afirmar que “si todas las ciencias naturales se trataran con el método matemático, todas serían ciencias matemáticas.”⁶¹

En el segundo capítulo, “De las ciencias matemáticas”, Bartolache definió conocimiento; retomando a Leibniz, afirmó que existen dos tipos de conocimiento, noción o idea: el claro y el confuso. Las nociones confusas, según Bartolache, no son útiles para inquirir la verdad bajo el método matemático. También hizo otra distinción entre el conocimiento natural o filosófico y el sobrenatural o teológico, esta última clasificación quizá influenciado por Feijóo.

En lo referente a sus concepciones de la matemática, Bartolache afirmó que se trataba de una ciencia. Previamente definió que es ciencia, a partir de ello afirmó que la característica que distingue a la matemática de otras ciencias es que posee el método más exacto y riguroso. Hizo la distinción entre matemáticas “puras” (aritmética y geometría) y “mistas” (cronometría, mecánica, hidráulica, hidrostática, aerometría, óptica, acústica, música, astronomía, geografía, náutica, pirotecnia, arquitectura, etc.). Hay que tener en cuenta que en la época en la fue que publicada la *Primera lección*, algunas de las ramas de la física aún estaban concentradas dentro de los estudios de la matemática aplicada. Bartolache definió brevemente el campo de estudio de cada una de las ramas de la matemática, antes mencionadas:

59. Tratese en la Aritmética de los números: en la Geometría de las medidas; en la Cronología del tiempo: en la Mecánica de mover los cuerpos â menos fuerza, ô con maior velocidad de lo que ellos puedan: en la Hydraulica del movimiento de los líquidos por dentro de ciertos vasos; en la Hydrostática del peso de los cuerpos solidos dentro de los fluidos: en la Aërometria del Aire: en la Optica de lo que se vé: en la Acustica de lo que se oie: en la Geografía del globo terráqueo: en la Nautica de conducir bien las Naves: en la Pyrotechnia del fuego artificial para los usos de la Guerra, ô para espectáculos de divertimiento: en la Arquitectura de la construcción de los edificios: etc.⁶²

Según la clasificación proporcionada por Bartolache, la matemática teórica se limitaba a la geometría y la aritmética. Resulta evidente el profundo conocimiento que Bartolache y otros novohispanos tuvieron de las obras de matemática moderna. Bartolache conoció de manera directa la obra, tanto matemática como filosófica, de Descartes y la obra científica

⁶¹ *Ibíd.*, fol. 19r.

⁶² *Ibíd.*, fol. 18v-19r

de Newton. A lo largo de la *Primera Lección* mencionó y dio muestra de conocer las obras de: Feijóo, Wolff, Euclides, Leibniz, Hamberger, Bellini, entre otros. Este primer cuaderno nos muestra el interés de Bartolache por dar a conocer en las aulas universitarias los conceptos más elementales y generales de la matemática y su método. Al final de la *Primera Lección* nos encontramos con una nota, muy característica de la época, en que Bartolache hace mención de lo que contendría su próximo cuaderno: “Expidiendo éste (y no de otros caso) se tratara de imprimir el siguiente Cuaderno que contiene los Principios de aritmética, muy de otra manera que en los libros vulgares. Se cuidará de traer prácticas útiles y curiosas para el comercio y oficinas.”⁶³

Conocedor de la obra científica de Newton, Bartolache, sin embargo, no introdujo el estudio del cálculo infinitesimal en la Universidad de México; desconocemos si su intención fue abordarlo en el cuaderno que dedicaría a la mecánica, ya que los principios de la mecánica newtoniana estuvieron fundamentados en la matemática, específicamente en el cálculo infinitesimal. Pero, tomando en cuenta el sector al que iba dirigida la cátedra, así como lo poco claro que resultó el método de fluxiones newtoniano, sin olvidar que algunos conceptos del cálculo infinitesimal tan elementales, como es el de límite, en la obra de Newton aún no estaban bien definidos, seguramente Bartolache fue conciente de la complejidad para comprenderlo y enseñarlo, que decidió omitirlo.

Cuando Velázquez de León regresó de la expedición a las Californias, en 1770, se encargó de la cátedra. Posteriormente, con los trabajos de desagüe de la Ciudad de México, se ausentó de nuevo y otra vez lo sustituyó Bartolache (1772-1773) hasta que, y debido a sus ocupaciones del desagüe de la ciudad y las mineras, el titular de la cátedra presentó su renuncia a la Universidad de México en 1773, misma que convocó de manera inmediata al concurso de oposición abierto, al cual se presentó Bartolache.

Bartolache disertó, según el estatuto universitario, la parte titulada “De orto, et ocasu signorum” de la *Sphaera* de Sacrobosco, que explicaba el movimiento de la esfera en dos momentos, en línea recta y en línea oblicua ascendente, lo que lo convertía en un círculo con tiempos iguales y arco ascendente, lo que permitió explicar el movimiento aparente del Sol con relación a la Tierra (el día y la noche).⁶⁴ En su disertación, Bartolache se

⁶³ *Ibíd.*, fol. 22r.

⁶⁴ Espinoza Sánchez, *op. cit.*, p. 129.

auxilió de la experimentación, al proponer el uso de instrumentos científicos para demostrar la explicación teórica.⁶⁵ El discurso causó gran expectativa y congregó a un auditorio numeroso, entre curiosos y hombres cultos. La conclusión de Bartolache a su disertación fue la siguiente:

Si se obliga a poner una eclíptica variable (hasta que, punto es verosímil), y no dejar cuan grande es para el sol, tampoco repase bien mucho de allí doscientas (veras), ciertamente establecida personalmente, a no ser que, si las leyes dejan establecidas tales variaciones.⁶⁶

En sus palabras, Bartolache concluyó que el movimiento solar sigue una trayectoria eclíptica, en una línea curva que al arrastre forma un círculo que es diferente al de la esfera celeste, es decir, un círculo excéntrico conforme al círculo de la esfera.

Existen varios elementos que nos hacen suponer que el candidato ideal para la cátedra era Bartolache: había sido catedrático sustituto en siete ocasiones, sus lecciones para impartir la cátedra contenían las ideas de la matemática moderna, era médico y se había preocupado en difundir la ciencia moderna y combatir a la escolástica. Sin embargo, las autoridades universitarias y el jurado primaron la candidatura de José Giral y Matienzo, por lo que Bartolache no fue electo. Esta decisión generó malestar en algunos novohispanos, entre ellos Antonio Alzate, que en su *Elogio Histórico* comenta ello:

Se hallaba esta especie de academia en su primavera: se juntaban diariamente mas de veinte individuos; cuando la cizaña de la envidia introdujo en ella la confusión. ¿Qué temían ciertas gentes a la presencia del Dr. Bartolache?... Este desaire lo desazonó de tal manera, que aunque el Escmo Sr. Marqués de Croix mandó se le retribuyese á su empleo, ya miró con tedio tan útil ocupación, á lo que se agregó, que en aquel paréntesis, los aplicados, al ver la frente á quien no conocia el círculo sino es por los ojos, desampararon la clase.⁶⁷

Después de contender por la cátedra de Astrología y Matemáticas, Bartolache aún fue consultado sobre algunos asuntos referentes a esta ciencia. Por ejemplo, en 1774 fue llamado, junto a Velázquez de León, para examinar el libro de Díaz de Gamarr, *Elementos*

⁶⁵ AGN, Rubro Universidad, v. 129, f. 630v.

⁶⁶ AGN, Rubro Universidad, v. 92, f.188r.

⁶⁷ Alzate y Ramírez, *Gaceta de Literatura... op. cit.*, p. 405.

de *Filosofía Moderna*, que fue calificado por este matemático guanajuatense de novedoso y provechoso para la juventud novohispana. Las ideas expuestas por Gamarra le causaron tal entusiasmo que recomendó se tomase a los *Elementos* como libro de texto en la Universidad; Bartolache mostró abiertamente, en otras ocasiones, su simpatía por las ideas difundidas por Gamarra e incluso defendió a los discípulos del filósofo de San Miguel el Grande cuando fueron reprobados en el examen de artes de la Universidad, por no ajustar sus explicaciones a la filosofía peripatética. Fue tajante en su postura, hasta el punto de exigir a la Universidad una declaración en la que se reconociera la validez de otros sistemas filosóficos.⁶⁸

Sus preocupaciones científicas no sólo concernieron a la enseñanza y difusión de la matemática, también fueron de carácter médico. En 1774, en un acto público, habló del beneficio de las pastillas de hierro, y en 1779 presentó un plan para el control de la epidemia de viruela que fue aceptado por el virrey Mayorga. Aunque doctorado en Medicina, pasó los últimos años de su vida como oficial segundo de tesorería en la oficina de la contaduría de la Casa de Monedas, en donde puso en práctica sus conocimientos aritméticos.

3.2.- Un matemático teórico olvidado: Agustín de la Rotea

Gracias al “Elogio histórico de Don Agustín de la Rotea”, escrito y publicado por Alzate en su *Gaceta de literatura*, hemos tenido noticias de este matemático novohispano. Agustín de la Rotea (¿?-1788), como bien lo precisó Alzate, es un matemático que pasó desapercibido por sus contemporáneos y de igual manera para los estudiosos de la historia de la ciencia, quienes muy escuetamente han dado informes de su labor, quizá por la dificultad que ha representado seguir el rastro de su obra matemática. De la Rotea fue un latinista destacado y también un pedagogo, parece ser que fue muy eficiente enseñando el latín. Alzate afirmó que De la Rotea fue autodidacta en lo que a la matemática se refiere:

... finalizados los estudios de clase, por sí, sin otro maestro que su aplicación y su ingenio, se dedicó á las matemáticas, ¡pero con qué écsito! Baste decir compuso un curso de Geometría, en el

⁶⁸ Moreno, Roberto (introducción), *Mercurio Volante...*, México, UNAM, 1983, p. XXIV.

que abandono el método de Euclides, siguió un nuevo plano, en el que con demostraciones más sencillas, y más metódicas, se resuelven los problemas,...⁶⁹

Sin embargo, este tratado de geometría se extravió durante la vida del matemático. Su contenido pertenece al campo de la matemática teórica, por lo que quizá se trató de geometría plana, pues las geometrías analítica, proyectivo-sintética o de perspectiva, se enseñaban con fines prácticos. De la Rotea tuvo la intención de publicar este tratado pero, según Alzate, se desesperó con todos los trámites que implicaba ello, además de los costos económicos y quizá la censura de los revisores.

Existen algunas especulaciones de que De la Rotea escribió un cálculo de probabilidades que se utilizó en el establecimiento de la Lotería; de ser así, nuestro matemático debió conocer los trabajos de Pascal, Fermat y los hermanos Bernoulli. De ser cierta la especulación, con este cálculo de probabilidades de Rotea, el estudio de la matemática en la Nueva España se introduciría a la modernidad ya que la teoría matemática de la probabilidad, como ha sido mencionado en el capítulo I, fue uno de los pilares de la matemática moderna. Desafortunadamente hasta el momento no contamos con algún documento que demuestre de ello.

Todo parece indicar que la habilidad matemática de Rotea fue elogiada por sus contemporáneos; Díaz de Gamarra, para su *Elementos de Filosofía Moderna*, le pidió que escribiese un apartado de geometría, en el cual, según Alzate, "... no siguió el método de su invención, porque con esta condición se le encargó."⁷⁰ Sobre este apartado existe cierta confusión. Trabulsee afirma que es el anexo titulado "Elementos de Geometría", localizado al final de los "Elementos de Filosofía", que según el mismo historiador: "En él trató de forma sumaria los temas geométricos necesarios en la resolución de ciertos problemas de física, como la composición de fuerzas, vectores, palancas y funcionamiento de diversas máquinas; problemas que Gamarra analizó en la sección científica."⁷¹ En el Libro II existe un pequeño apartado (un párrafo) de geometría titulado "Estudio de geometría" pero no es

⁶⁹ Alzate, *op cit.*, Tomo I, p. 42.

⁷⁰ *Ibid.*, p.43

⁷¹ Trabulsee, Elías, *Historia de la ciencia en México*. Tomo. I., p.146. En esta obra Trabulsee insertó como imagen la portada de "Elementos de Geometría" pero dicha portada corresponde al capítulo destinado a la geometría euclidiana, cuya extensión es de 50 páginas y dos tablas con figuras geométricas.

de éste de donde se deduce lo que Trabulse afirmó, sino del apartado titulado “Acerca de la naturaleza del movimiento y al mismo tiempo, acerca del reposo”.⁷²

Los “Elementos de Geometría” es un tratado de geometría euclidiana, en el cual se abordan los tres primeros Libros de los *Elementos* de Euclides; tomando en cuenta lo dicho por Alzate con relación a que De la Rotea no hizo uso de su método porque ello le fue recomendado, seguramente este es el apartado escrito por este matemático. “Elementos de Geometría” aún no ha sido traducido al español, es un extenso capítulo de 52 páginas que contiene dos tablas de figuras correspondientes a la geometría euclidiana. El autor del capítulo hace mención de que se trata de la geometría propuesta por Euclides, es decir, aquella que se ocupa sólo de las figuras planas, tanto rectilíneas como curvilíneas. Siguiendo la estructura de los *Elementos* de Euclides, comenzó por las definiciones, los principios, postulados, axiomas, teoremas, demostraciones y ejercicios. Finalmente proporcionó una tabla de signos aritméticos usados en el tratado. Los problemas que De la Rotea propuso y resolvió insertándoles la figura correspondiente dan muestra de que dominó la geometría euclidiana; a pesar de que para esa época ya estaban en la escena de la matemática europea la geometría analítica, la proyectiva sintética y la de perspectiva, el tener conocimientos de geometría euclidiana era un logro, ya que no era nada sencilla debido a su estructura y nivel de razonamiento.

Recordemos que el Libro Primero de los *Elementos* de Euclides contiene las definiciones más básicas, pero también más abstractas de la geometría, tales como la longitud, superficie, línea, líneas paralelas, punto, ángulo (recto, obtuso, agudo, etc.), círculo, triángulo, etc. Con relación a los ángulos, en los “Elementos de Geometría” existe una nota en donde se establece cómo se construye cada uno de estos ángulos y sus medidas, desde la circunferencia y con segmentos de recta; el círculo fue dividido en 360 partes: los grados, medida común de un ángulo.⁷³ Con estas definiciones propone la demostración de algunos problemas en donde intervienen círculos, triángulos paralelogramos, ángulos y segmentos de recta. Posteriormente presenta la demostración de los Teoremas que incluyen a las figuras antes mencionadas.⁷⁴

⁷² Díaz de Gamarra, Juan Benito, *Elementoum Recentioris Philosophae*, México, Joseph A. Jáuregui, 1774, p 270. BPUM. B105. U5 D5 1774.

⁷³ *Ibíd.*, “Elementos de geometría”, p. 5

⁷⁴ *Ibíd.*, pp. 4- 21.

Por su parte, el Libro II contiene todo lo relacionado a las figuras curvilíneas, en donde se hace uso de los postulados y axiomas demostrados con anterioridad. En específico, este Libro II trata del círculo, en donde introduce la definición y comprobación de línea tangente; también establece los teoremas de congruencia de triángulos, por ejemplo: dos triángulos son congruentes si y sólo si sus tres ángulos son congruentes, dos triángulos son congruentes si y sólo si son congruentes sus tres lados, dos triángulos son congruentes, si y sólo si son congruentes un ángulo un lado y una ángulo correspondientes. También establece la igualdad de ángulos por oposición al vértice, por ser opuestos complementarios, etc.⁷⁵

En el Libro III trata de la semejanza entre algunas figuras y expone en qué casos una figura es proporcional a otra. Los casos que aborda son los de algunos triángulos y paralelogramos, pero también existen algunos otros teoremas y problema que involucran al círculo con algunas figuras circunscritas y a las líneas paralelas.⁷⁶

Esta explicación a grandes rasgos no tiene otro propósito más que mostrar que el entendimiento real de la geometría euclidiana no era sencillo, y que para demostrar cualquier teorema se debía saber tanto los postulados como los axiomas, desde el más elemental hasta el de mayor complejidad. Es obvio que cuanto mayor dominio se tuviera de esta geometría, los problemas propuestos por ésta podrían ser solucionados por vías más sencillas y rápidas.

Existen algunos otros trabajos desarrollados por matemáticos novohispanos en este periodo, que se encuentran dentro del campo de la matemática aplicada, relacionados al problema del desagüe de la Ciudad de México y de las minas, a las observaciones astronómicas, a la cronometría, a las cuentas en la Casa de Monedas, etc. Cabe destacar la labor de Diego de Guadalajara y Tello, quien fue el segundo titular de la cátedra de Matemáticas en el Colegio de las Tres Nobles Artes de San Carlos, y a pesar de que al parecer no escribió ningún tratado de matemática teórica, se dio a la tarea de difundir la geometría, el álgebra y la aritmética a través de Academia, de igual manera planteó la necesidad de incluir en los estudios matemáticos la enseñanza del cálculo infinitesimal.

⁷⁵ *Ibíd.*, pp. 21-29.

⁷⁶ *Ibíd.*, pp. 30-50. Véase anexo 7, tabla de figuras 3 y 4.

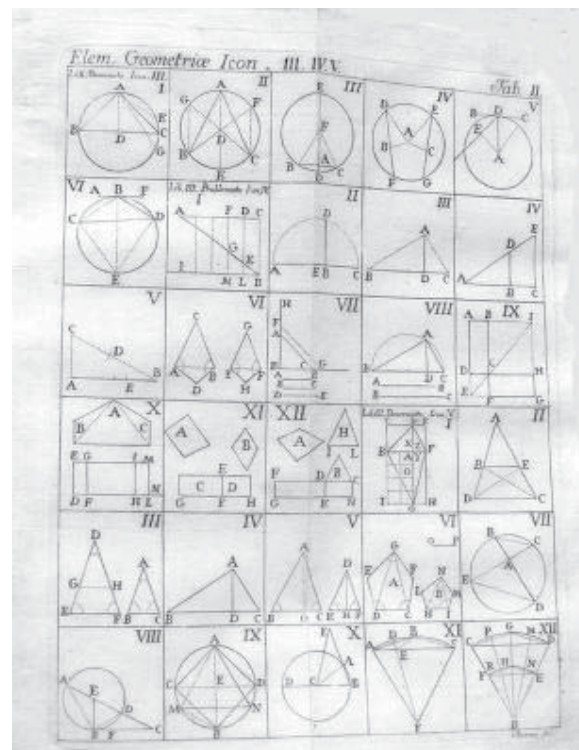
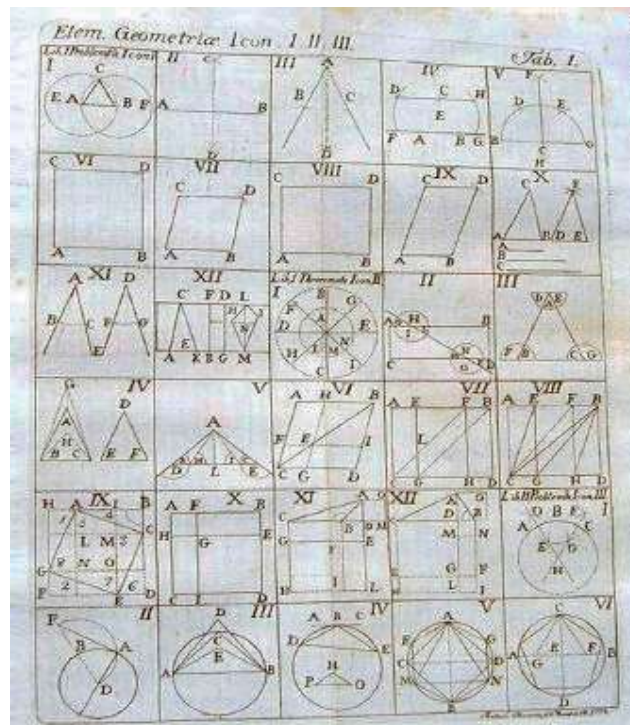


Tabla de figuras geométricas del apartado “Elementos de Geometría” en Díaz de Gamarra, Juan Benito, *Elementum Recentioris Philosophae*, México, Joseph A. Jáuregui, 1774.

3.3.- La institucionalización de la matemática en la Nueva España

El arribo oficial de la ciencia moderna, en el siglo XVIII, a la Nueva España se dio a través de la fundación de instituciones de corte científico, como parte de las reformas borbónicas. La finalidad de la institucionalización de la ciencia obedeció a una tendencia de la época ilustrada y a las necesidades económicas del imperio; al ser la minería, desplazando a la tenencia de la tierra y al mismo comercio, el eje de la economía virreinal, y con la iniciativa de algunos mineros novohispanos, entre los que destacó Joaquín Velázquez de León, se realizó una reforma total y real al rango minero, que englobó los aspectos económicos y los tecnológicos, a través de las ordenanzas de minas.

A la vez existió la necesidad de contar con mineros profesionales que dominaran los métodos de extracción y separación de metales, tanto en la práctica como en la teórica; por este motivo, el Tribunal de Minería, precedido por Velázquez de León consideró desde 1774 necesaria la existencia de un seminario metalúrgico, en donde se instruyera a los novohispanos en las teorías, técnica y prácticas imperantes en Europa. Dicha propuesta contempló que el Director fuera alguien que dominada la matemática, la física, la química y la metálica y obviamente experto en la minería práctica de la Nueva España, es decir, de manera indirecta proponían que fuese un novohispano. Dentro de la curricula, la propuesta del Tribunal era que en los dos primeros años se enseñara la aritmética, la geometría, la trigonometría y el álgebra, necesarios para la práctica minera.⁷⁷

En 1790, el director del Tribunal, Fausto de Elhuyar presentó el plan de estudios para el Colegio de Minería. En el artículo 1º de enseñanza estableció lo siguiente:

Para la enseñanza cómoda de las ciencias, así auxiliares como inmediatas y propias de la Minería, y su fácil adquisicion para los que se dedique á ellas, se hace necesario cuatro años de curso, en los cuales se deberán explicar aquellas por el orden siguiente.

El primer año las Matemáticas puras, en que se comprenderá la Aritmética, el Álgebra, la Geometría elemental, la Trigonometría plana y las secciones cónicas.

⁷⁷ Ramírez, Santiago, *Datos para la historia del Colegio de Minería*, México, Imprenta del Gobierno Federal en Ex-arzobispado, 1890, p. 25.

En el segundo la Geometría práctica cuyas aplicaciones se dirigirán a las operaciones propias y usuales en la Minería, comprendiendo, por consiguiente, en ella, la que llamamos Geometría Subterránea, y á continuado la Dinámica y la Hidrodinámica.⁷⁸

Hasta aquí, el Plan propuesto para el Real Seminario de Minería no proponía alguna rama de la matemática que no se hubiera conocido previamente por algunos novohispanos. En el mismo Artículo 1º se estableció que el catedrático debía conocer profundamente la materia a impartir, así como que los alumnos estaban obligados a sustentar sus conocimientos en actos públicos y a realizar un examen privado cada semestre.

La política que el director del Tribunal de Minería siguió para hacer la elección de los catedráticos del Seminario estuvo guiada por el interés de la corona de dominar la enseñanza de la ciencia, así que el requisito para sustentar alguna de las cátedras fue tener un amplio conocimiento en la materia, pero además de forma tácita ser peninsular. A pesar de que el virreinato contaba con algunos matemáticos destacados, como Antonio de León y Gama, que habían servido como motor de penetración de la ciencia moderna en la Nueva España, estos no fueron tomados en cuenta en el plantel del Seminario de Minería. Esta discriminación generó un sentimiento de desconfianza entre los criollos. Velázquez de León, había considerado a León y Gama para la cátedra de Pirotecnia, Mecánica e Hidrodinámica, pero Fausto de Elhuyar no lo nombró catedrático de matemáticas debido a que:

[...] siendo insuficientes los documentos presentados por Don Antonio de León y Gama, por ser los conocimientos que acredita extraños á la profesión del minero, opina por que se le pidan las lecciones que tiene escritas sobre Mecánica, Geometría, Álgebra, ambas Trigonometrías [plana y esférica] y Secciones cónicas, aunque estén en borrador y en desorden.⁷⁹

La petición de los borradores de León y Gama parece carecer de sentido, dado que dos años antes, en 1789, ya se había nombrado como catedrático a Andrés Rodríguez. Este matemático peninsular inició sus clases de matemáticas el primero de enero de 1792; la cátedra se impartía dos horas teóricas por la mañana y una de repaso o ejercicios por la tarde, y podía asistir todo aquel interesado en esta ciencia, pero además los alumnos

⁷⁸ *Ibíd.*, pp. 62-63

⁷⁹ *Ibíd.*, p.91.

inscritos en el Seminario debían tener entre 12 y 20 años y conocimientos elementales de aritmética.⁸⁰

A partir de 1798 se dispuso que la geometría práctica pasara a formar parte del segundo curso, además de que se agregara la enseñanza del cálculo infinitesimal, mecánica, electricidad óptica y astronomía. Pero fue hasta 1802 que a iniciativa de Manuel Ruiz Tejeda, quedó incorporado el cálculo infinitesimal en el segundo curso de matemáticas.⁸¹

Uno de los libros de texto por medio del cual se introdujo en la Nueva España el estudio del cálculo infinitesimal y la geometría analítica, las ramas más estudiadas de la matemática durante el siglo XVIII, a través del segundo curso de matemáticas en el Real Colegio de Minería, fue *Elementos matemáticos* (1772) del peninsular Benito Bails; desde la década de 1790, existían 100 ejemplares en la biblioteca científica del Colegio.

Durante el siglo XVIII en Europa fue muy común la redacción de libros y cuadernos de texto en la enseñanza de la matemática; en este contexto se redactó *Elementos matemáticos*, que recopiló los conocimientos básicos y fáciles de explicar, por ende de entender, sobre dichas ramas de la matemática. A decir de su autor, la parte correspondiente a la geometría analítica está basada casi por completo en las propuestas del Conde de Hospital, por considerar que resultaban más fáciles de entender que los aportes de Euler. Para la explicación del cálculo infinitesimal, empleó la obra de M. Bezout, que fue uno de los pedagogos de la matemática más reconocidos de Francia.⁸²

En la época en que Bails escribió su obra, aún no estaban bien establecidos algunos parámetros del análisis matemático, es decir, aún no se definía si el cálculo debía abordarse desde la perspectiva geométrica, como lo había propuesto Newton, o desde un enfoque más algebraico como lo había propuesto Leibnitz; debido a ello, el autor de *Elementos*, consideró necesario mencionar los enfoques que los matemáticos europeos más reconocidos de la época dieron al cálculo infinitesimal; con estas palabras explica el rumbo seguido:

[...] Euler, de la consideración de las diferencias finitas pasa á considerar las diferencias infinitamente pequeñas, que mira como un caso particular de las primeras [método de Leibnitz];

⁸⁰ Valdés, Manuel Antonio, *op.cit.*, Tomo III, pp. 400-401.

⁸¹ Ramírez, *op.cit.*, pp. 176, 184

⁸² Bails, Benito, *Elementos de matemáticas*, Madrid, 1772, pp. I-XXV.

Ricati se empeña en hacer patente lo mucho que concuerda el modo de discurrir de los antiguos en la medición de los espacios curvilíneos con el que siguen los partidarios del nuevo cálculo, y tratando de la geometría del infinito, demuestra algunas proposiciones que son de muchísimo uso en la aplicación de los métodos recientes [método de Newton]; M. Cousin considera los infinitamente pequeños como el límite de la razón entre las diferencias finitas [método de Leibnitz], y por último M. D'Alembert apea, en pocas palabras, siguiendo y aclarando la doctrina de Newton, las dificultades que podrían molestar á los principiantes.⁸³

Con ello queda de manifiesto que el autor conocía la labor de los matemáticos más representativos del periodo, pero además afirma que el matemático más importante del periodo es Euler, quien realizó avances considerables en varias ramas de la matemática. La parte del cálculo infinitesimal en la obra está destinada a la rectificación de curvas y al estudio de las series, tanto de las que convergen lenta como rápidamente. Por otra parte, *Elementos matemáticos* omitió el estudio de la teoría de las curvas de doble curvatura, el método inverso de la tangente y la doctrina de las variaciones.

Bails explicó en qué consistía cada una de estas teorías y aceptó que la omisión no había sido por descuido, sino por la necesidad de llevar a la prensa un texto ligero. Las curvas de doble curvatura, según explica Bails basándose en Clairaut, "...son aquellas que además de la curvatura particular á su contorno ó perímetro, tienen la de la superficie sobre que está trazadas..."⁸⁴ Sobre el método inverso de las tangentes, mencionó que trata de hallar la ecuación de una curva por medio de la expresión de su subtangente, normal, cuadratura, etc. Y del cálculo de las variaciones, argumentó que es el cálculo de las variaciones entre cantidades compuestas.

La notación matemática contenida en el texto es en su mayoría la usada aún hoy en día: resulta significativo que se encuentra el símbolo de la diferencial propuesto por Leibnitz, pero no el de la integral.

El índice de *Elementos matemáticos*, por sí mismo, nos permite establecer que su contenido abarca las ramas más representativas de la matemática de la época: el cálculo infinitesimal y la geometría analítica, con la evolución y aportes presentados por los matemáticos de fines del siglo XVII y las primeras siete décadas del siglo XVIII. Asimismo, se hace uso de uno de los conceptos fundamentales del cálculo infinitesimal, el

⁸³ *Ibíd.*, pp. XIV- XV.

⁸⁴ *Ibíd.*, p. XXIII

límite, el cual no se estableció hasta la segunda década del siglo XVIII. A la vez, el Prólogo de la obra nos permite reconocer, entre otros, un elemento que caracterizará a la matemática del siglo XIX, la necesidad de demostraciones rigurosas, pero siempre elegantes.⁸⁵

Los alumnos del Real Colegio de Minería estuvieron obligados por reglamento a sustentar actos públicos; los de matemáticas se dieron a partir de 1792, pero fue una década más tarde, en 1802, cuando se dio la primera disertación pública sobre el cálculo infinitesimal, como parte de los exámenes de física.⁸⁶

La importancia de la institucionalización de la ciencia, en lo que a la economía se refiere, es indudable. Pero además, esta institucionalización trajo consigo el inicio de la profesionalización de la ciencia, la difusión de los conocimientos científicos a través de cátedras impartidas en las principales ciudades del virreinato y la posibilidad de crear comunidades científicas en territorio novohispano.

A inicios del siglo XIX, la difusión de la matemática moderna no tendría como núcleo a la ciudad de México y a las ciudades mineras, sino que se propagaría una ola de aperturas de cátedras en otras ciudades. Por ejemplo, en Valladolid de Michoacán se abrió la segunda cátedra de matemáticas en el Real y Primitivo Colegio de San Nicolás de Obispo, en 1802, siendo su titular Bernardo Joseph de Pian y Escoto, que ya sustentaba la titularidad de la cátedra en el Real y Pontificio Colegio Seminario.⁸⁷

Algunos de los alumnos del Colegio de Minería fueron nombrados catedráticos de matemáticas en algunos Colegios de ciudades importantes del virreinato, tal es el caso de Rafael Dávalos, que en 1806 se hizo cargo de la cátedra del Colegio de Guanajuato, y José Antonio Rojas de la cátedra de ciencias del mismo Colegio en 1804; ambos matemáticos se unieron a la Insurgencia una vez iniciada la lucha por la Independencia en la Nueva España; Dávalos murió fusilado, mientras que Rojas fue procesado por el Santo Oficio por “hereje formal, materialista”.

⁸⁵ Véase anexo Núm. 6.

⁸⁶ Valdés, *op.cit.*, Tomo XI. pp. 168- 169.

⁸⁷ *Ibíd.*, pp. 7

4.- CONCLUSIONES

A partir de 1768, con la primera publicación periódica de corte científico, en la Nueva España dio inicio una etapa de actualización de la ciencia que marcó un periodo de transición hacia la ciencia moderna, que en el caso específico de la matemática los tratados realizados contuvieron elementos de matemática clásica, renacentista y moderna. Las vías de difusión y enseñanza de la matemática durante este periodo fueron: las publicaciones periódicas, que aunque ninguna de ellas se dedicó de manera exclusiva a difundir los avances y procesos de las ciencias exactas, si contuvieron artículos de matemática teórica y aplicada. La enseñanza de la matemática encontró otros espacios fuera de la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Universidad de México, tales son los casos de la Academia de Matemáticas en el Colegio de Santa María de Todos los Santos, el Oratorio filipense de San Miguel el Grande, la Academia de Aritmética y Álgebra dirigida por Juan Bautista y las Academias de Aritmética, Geometría y Álgebra impartidas por Diego de Guadalajara, entre otros.

Sin embargo todas estas Academias tenían que ser supervisadas por la Universidad, en la cual no existía ninguna reforma oficial al plan de estudios; pero debido a las necesidades económicas y sociales de la época, así como los sectores a quien estaba dirigida la cátedra, en ella debió enseñarse: la geometría euclidiana, la geometría plana, la geometría subterránea, la geometría de proyección, la aritmética, el álgebra, la trigonometría plana, la trigonometría esférica, los logaritmos y las secciones cónicas; todas estas ramas con un fin práctico en la agrimensura, la cronometría, la astronomía, la administración, la arquitectura, las obras publicas, pero sobre todo en la minería. El estudio de estas ramas no fue representativo de la tendencia que esta ciencia había adquirido en Europa durante el siglo XVIII, la matemática practicada en la Nueva España se encontró lejos del análisis matemático que imperaba en la época.

Aunque la matemática teórica en la Nueva España siguió siendo estudiada con fines prácticos, un par de novohispanos, José Ignacio de Bartolache y Juan Benito Díaz de Gamarra, se preocuparon por el estudio del método matemático; ello representa una transición en la aceptación del método cartesiano al newtoniano, lo cual estaba en escena de debate en Europa. Consiguió la hegemonía el método newtoniano tras la tardía revolución

científica de la química, que estableció los campos de estudio de esta ciencia y la física, misma que hasta entonces se había denominado física experimental por que sus observaciones no estaban respaldadas por la matemática.

A pesar de la característica pragmática de los estudios matemáticos en la Nueva España, algunos de los hombres dedicados a esta ciencia, se preocuparon por dar solución a un antiguo problema: la cuadratura del círculo; que abordado desde la trigonometría y la geometría. León y Gama estuvo convencido de la imposibilidad de cuadrar el círculo debido a que π es un número irracional, mostrando con ello lo actualizado de su conocimiento con relación a este problema.

En este periodo predominó la idea de que la geometría era la base de todo estudio matemático. Las discusiones sobre el sistema del mundo ya no fueron tan recurrentes debido a que se dieron por verdaderos el sistema heliocéntrico consolidado con las leyes de la dinámica y la ley de gravitación universal newtonianas. Por otra parte la astronomía no abandonó su estado de aritmético-geometría, por lo que la matemática siguió siendo su ciencia auxiliar. Una vez más, el estado de conocimiento de la matemática teórica en la Nueva España, no fue homogéneo y fueron pocos los hombres dedicados a esta ciencia los que se preocuparon por actualizarla.

La institucionalización de la ciencia en la Nueva España a través del Jardín Botánico y el Real Seminario de Minería, significó, para la matemática en específico, la culminación del proceso de actualización que habían iniciado los criollos unas décadas antes. A pesar de que la cátedra de matemáticas del Real Seminario de Minería, fundada desde 1790, introdujo algunos elementos de matemática moderna, esta no penetró en la colonia hasta 1802, que se introduce su enseñanza, a través de la obra de Bails. Dicha introducción se caracteriza por no contener los planteamientos originales del siglo XVII del cálculo infinitesimal y la geometría analítica sino bajo los elementos característicos de matemática europea del siglo XVIII. La matemática moderna llegó a la Nueva España con la finalidad de ser aplicada a la minería que se había constituido como eje rector de la economía imperial.

A inicio del siglo XIX se establecieron otras cátedras de matemáticas en las ciudades más importantes del virreinato, dejando de ser los núcleos de enseñanza y difusión de la matemática la Ciudad de México, Puebla y Guanajuato.

DISCUSIÓN

La historia de la ciencia es una rama relativamente joven; a lo largo de su desarrollo ha venido proponiendo nuevos enfoques de acercamiento al estudio histórico del quehacer humano quizá más apasionante: el científico. En México, debido a la complejidad de los procesos de desarrollo de la ciencia, se han planteado estudios con enfoques diversos, que obedecen a las características y necesidades de cada una de las investigaciones.¹ La mayor parte de estas aportaciones se centran en lo que Hans Reichenbach ha llamado contexto de justificación, es decir, se han ocupado principalmente del estudio de las circunstancias sociales e históricas en que se lleva a cabo la investigación científica. Son pocos los estudios abordados desde el contexto de descubrimiento esto es, considerando los elementos teóricos y epistemológicos que componen la teoría científica. Más escasos aún son los estudios de la historia de la ciencia desde un enfoque integral.

Los procesos de desarrollo de cada una de las ciencias obedecen a necesidades diferentes; de igual manera debemos de ser conscientes que estos procesos no se comportan como una línea ascendente, no son progresivos y mucho menos lineales, están caracterizados por rupturas significativas, por coyunturas y es en ellas donde debemos mantenernos alertas.

En el caso particular de la matemática teórica, es difícil establecer en qué medida influye el medio social en el que interactúa el científico. La historia ha registrado numerosos casos de aportes surgidos de manera simultánea entre matemáticos que se desarrollaron en contextos sociales y culturales muy diferentes; un ejemplo ilustrativo de ello es la creación del cálculo infinitesimal de Newton y Leibniz, inglés y alemán respectivamente. Generalmente, la historia de la matemática teórica ha sido abordada desde la perspectiva internalista; las líneas por las que se ha guiado su desarrollo han sido básicamente dos, a través de los procesos y desarrollo de las ramas de la matemática y el análisis del quehacer científico de los matemáticos más destacados de la historia. De ello se deriva la idea de que un aporte matemático es resultado del anterior y que aquel nos conduce inevitablemente a otro, sin tomar en cuenta los intentos fallidos; a su vez, tomando

¹ Hans Reichenbach, *Experience and Prediction; An analysis of the foundation and the Structure of knowledge*, Chicago, 1938.

como guía la labor de los matemáticos más prolíferos, se ha tendido a estudiar una historia de “bronce” en donde sólo aparecen los grandes hombres y sus aportes. Estas características de la historia de la matemática teórica seguramente obedece a las particularidades de esta ciencia: al ser su campo de estudio lo abstracto y lo especulativo, los estudios matemáticos podrían parecer que están desvinculados del contexto social; a pesar de ello, algunos estudiosos de la historia de la matemática han establecido algunos elementos filosóficos derivados de la cultura; ejemplo de ello, son los estudios que se han efectuado en torno a las figuras de Descartes y Leibniz. Pero, y ¿Cómo tejer una historia de la matemática teórica desde el enfoque externalista? ¿Es posible una historia social de la matemática teórica? Estas son algunas preguntas que están en la escena de los escasos estudios de la historia de la matemática teórica.

Nuestras inquietudes teóricas nos han llevado a establecer algunos de estos planteamientos, que si bien no todos se ven reflejados en el trabajo final de investigación, sí han estado latentes en su proceso. La investigación nos ha mostrado de manera tajante la dificultad existente en abordar un estudio de la matemática teórica en la Nueva España con un enfoque integral, que lo mismo incluya el contexto de justificación que el de descubrimiento; a pesar de ello hemos realizado un primer acercamiento que creemos cumple parcialmente con este objetivo. Para ello hemos intentado seguir los indicios que consideramos reveladores; iniciando con las preguntas obligadas, para trazar las líneas a seguir _¿Existió el estudio de la matemática teórica en la Nueva España? ¿Cuáles fueron las características de los estudios de matemática teórica en la Nueva España? ¿Cuáles eran sus vías de difusión?_ lo que nos ha proporcionado dos líneas principales: la cátedra de Astrología y Matemáticas en la Real y Pontificia Universidad de México, en donde detectamos a matemáticos importantes y los tratados, artículos y manuscritos de matemática escritos por novohispanos, sin omitir otras. Ello no implica que nuestro estudio quede clasificado en la historia de las instituciones ni en el campo de la historia de la prensa.

Nuestro intento por establecer el estado de conocimiento público de la matemática teórica durante el periodo, nos condujo a realizar un capítulo de la historia de la matemática teórica en Europa durante los siglos XVII y XVIII, ya que la matemática difundida en la

Nueva España emanó directamente de la europea e, hipotéticamente, la matemática desarrollada durante estos siglos en Europa sería la difundida en el Nueva España.

A continuación presentamos una síntesis de la investigación, que nos permita establecer las bases de algunos puntos que consideramos importantes debatir.

Después de un periodo de asimilación y síntesis de los conocimientos matemáticos griegos en Europa, la matemática se estableció bajo los matices que los griegos le dieron, alejada de las concepciones místico-religiosas, sustentada en el uso de la razón para el estudio de lo abstracto. Los matemáticos del Renacimiento se vieron en la necesidad de conciliar sus creencias religiosas con los conocimientos de la matemática griega, por lo que establecieron la idea de que Dios había diseñado el mundo matemáticamente, con formas y leyes exactas susceptibles de ser conocidas. Durante este periodo hubo algunos aportes importantes para el desarrollo posterior de otras ramas de la matemática y se inició el proceso de matematización de la astronomía. Los aportes, de mayor trascendencia, surgidos durante esta época fueron: las series, los estudios de las tangentes, los adelantos en la trigonometría esférica y los logaritmos.

Con estos y otros aportes matemáticos, así como una tendencia filosófica hacia el neoplatonismo, el proceso de desarrollo de la matemática teórica en Europa durante el siglo XVII simbolizó una etapa de creación. A partir de la tercera década del siglo, media docena de hombres dieron a la matemática los aportes de mayor trascendencia de su historia: la geometría analítica, de Descartes y Fermat, caracterizada por sus formulas generales y por la unión de la geometría con el álgebra; la geometría proyectivo-sintética, de Desargues, que introdujo los estudios de perspectiva y fue de gran utilidad en la arquitectura; la teoría matemática de la probabilidad, de Fermat y Pascal, que matematizó al azar; la aritmética superior, de Fermat, que sirvió de base al álgebra moderna y a la teoría de números, y se caracterizó por la dificultad de establecer reglas generales; el cálculo infinitesimal, de Newton y Leibniz, con dos enfoques, uno geométrico y el otro analítico, vino a agitar la idea de recta numérica rígida y profundizó en el estudio de los números infinitamente pequeños, y sirvió de base para fundamentar las leyes de la dinámica y la ley de gravitación universal (de Newton), que vinieron a consolidar el sistema del mundo planteado por Kepler; la lógica simbólica de Leibniz tuvo entre sus propuestas la creación de un lenguaje universal. Estos son los pilares, según la hipótesis de Bell, de la matemática

moderna. Dicha hipótesis está sustentada en el desarrollo posterior de la matemática teórica, estos aportes fueron modificados de tal manera que se hicieron casi irreconocibles, y sirvieron como base para la creación de nuevas ramas de la matemática.

El desarrollo de la matemática en este periodo se dio en el interior de Academias científicas, debido a que la Universidad, como institución, se encontraba en crisis en la generación y aceptación de nuevos conocimientos. Las Academias científicas de mayor importancia en el desarrollo y difusión de la matemática fueron: La Real Sociedad de Londres, La Academia de Ciencia Francesa y La Academia de Berlín; en torno a estas se congregaron los matemáticos europeos más importantes de los siglos XVII y XVIII. Durante este mismo periodo, los estudios matemáticos estuvieron marcados, entre otras cosas, por las polémicas tanto de paternidad de algún aporte como las referentes al método utilizado.

La matemática de finales del siglo XVII e inicios del XVIII estuvo caracterizada por la lenta asimilación y difusión de los aportes surgidos durante el siglo XVII, y por la polémica de paternidad del cálculo infinitesimal entre los seguidores de Newton y los de Leibniz; es decir, entre los matemáticos ingleses y los del continente. El método de Leibniz se estableció en Europa continental gracias a la labor de asimilación, interpretación y difusión de los hermanos Bernoulli; por su parte, el newtoniano fue acogido en Inglaterra por un sentimiento “patriótico” que despreció el método del alemán a quien consideraron un matemático de bajo rango. Esta postura confinó a la escuela matemática inglesa a quedar al margen de los procesos de desarrollo de la matemática hasta muy avanzado el siglo XVIII. Por su parte, el acierto de los matemáticos franceses de estudiar ambos métodos los colocó con una visión más amplia acerca de los fundamentos del cálculo infinitesimal, lo que les permitió innovar en el análisis matemático, rama más estudiada del siglo XVIII, y mantuvo a la escuela francesa como la hegemónica de los estudios matemáticos.

Una vez explicados y difundidos el cálculo infinitesimal en la Academias científicas europeas, por parte de los hermanos Bernoulli, la matemática experimentó tal desarrollo, sobre todo a partir de los trabajos realizados por Euler, que se hizo casi irreconocible. Surgieron otras ramas de la matemática, tomando como base los aportes de un siglo anterior y, como característica distintiva, los estudios matemáticos abandonaron el terreno de la simplicidad para hacerse cada vez más complejos; las demostraciones cada vez fueron

más rigurosas. Durante este mismo periodo, inspirados por el espíritu de la Ilustración, se abandonó la idea de que Dios había diseñado el mundo matemáticamente y los estudios matemáticos fueron centrados en lo abstracto y el uso de la razón. También los matemáticos de la Ilustración consideraron necesario la enseñanza de la matemática, por lo que elaboraron algunos libros de texto. De igual manera, la matemática tendió a la profesionalización, al grado de que en las primeras décadas del siglo XIX fueron pocos los matemáticos aficionados y menos aún los matemáticos sobresalientes fuera de alguna de las Academias.

Durante todo el periodo analizado, y aún antes, algunos matemáticos europeos se ocuparon del estudio de un antiguo problema: la cuadratura del círculo, que en términos muy elementales consiste en la construcción de un cuadrado cuya área sea igual al área de un círculo, ya que las áreas de las figuras geométricas (lineales o curvas) se calculan a través de pequeños cuadrados. El problema de la cuadratura del círculo, surgido en la antigua Grecia como un problema geométrico, la relación geometría existente entre la circunferencia y el diámetro se planteó en términos aritméticos, siendo ésta un número que Arquímedes llamó *pi*. Los estudios efectuados por los matemáticos europeos sobre este problema trasladaron la cuadratura del círculo del enfoque geométrico a la trigonometría y logaritmos, muy en boga durante los siglos XV y XVI; de este enfoque pasó a ser estudiado a través de series infinitas convergentes, lo cual situó su estudio en el cálculo infinitesimal, durante el siglo XVII; Euler relacionó a p con los números imaginarios y con el logaritmo natural, y Lambert demostró que p es un número irracional y con ello se trasladó su estudio del cálculo infinitesimal a la teoría de números. Un siglo más tarde se demostró que p es un número trascendente y con ello la imposibilidad de cuadrar el círculo. Ya desde el Renacimiento, los matemáticos europeos habían declarado la imposibilidad de cuadrar el círculo geométricamente, y al demostrarse que p es un número irracional la solución también era imposible aritméticamente.

La matemática teórica que se difundió, desde temprana época, en la Nueva España emanó directamente de la del Renacimiento europeo y su estudio se efectuó bajo sus parámetros; las vías por las cuales arribó esta ciencia fueron las clases impartidas en los colegios religiosos en donde se enseñó álgebra, aritmética y geometría, aunque muy elementales, en función de la bibliografía contemporánea. Los primeros impresos

realizados por novohispanos fueron de matemática aplicada, los cuales contenían un apartado de matemática teórica que servía como sustento; de esto hemos intuido que la matemática en la Nueva España en este periodo fue concebida como medida de veracidad, como ocurría en Europa.

Debido a las necesidades económicas y sociales de la colonia, el estudio de la matemática se concentró en la geometría, la aritmética y el álgebra. La geometría fue considerada como la base de todo saber matemático; los conocimientos teóricos de estas ramas fueron puestos en práctica en la agrimensura, la arquitectura, la gnomónica, la administración, pero sobre todo en la astronomía, la cual mantuvo su estado geométrico-aritmético durante todo el periodo colonial.

La fundación de la cátedra de Astrología y Matemáticas, en 1637, en la Real y Pontificia Universidad de México, representó el espacio ideal de enseñanza y difusión de la matemática teórica de vanguardia del siglo XVII. Su primer catedrático, fray Diego Rodríguez, se encargó de introducir las últimas innovaciones de esta ciencia en Europa, y con ello se dio la apertura a la modernidad de la ciencia, que en la época estaba determinada por la matemática. A pesar de que la cátedra representó el centro de los estudios matemáticos en la Nueva España, éstos encontraron otros espacios de desarrollo: los colegios religiosos y las tertulias científicas; la más conocida de ellas fue la dirigida por el mismo fray Diego Rodríguez. También se desarrolló un grupo importante de matemáticos en la ciudad de Puebla, de los cuales poco se sabe, pero todo parece indicar que su labor se desarrolló entorno al Colegio jesuita de San Ildefonso de esa ciudad.

El estado de conocimiento matemático que algunos novohispanos tuvieron durante el siglo XVII, dan muestra de que se mantuvo al tanto de los logros de los europeos; _desde luego tomando en cuenta la lenta asimilación y difusión que tuvieron los aportes matemáticos del siglo XVII en la misma Europa_, aunque este estado de conocimiento de la matemática no fue homogéneo ya que la mayoría de sus estudiosos y practicantes en la Nueva España enfocaron sus estudios en las ramas clásicas y renacentistas de esta ciencia.

Fray Diego Rodríguez, de la orden de la Merced, fue el matemático más importante del siglo XVII novohispano; no limitó sus conocimientos matemáticos a la enseñanza en las aulas universitarias; además formó parte de una tertulia en donde se discutía, entre otros temas algunos problemas matemáticos, seguramente determinados de la práctica en la

astrología judiciaria, característica de la corriente hermética imperante en la época. Fray Diego concibió a la matemática como saber enciclopédico y, al igual que los matemáticos europeos de la época, la dividió en matemática pura (o teórica) y matemática mixta, (o práctica, aplicada). Los manuscritos realizados por el mercedario son prueba de que fue el matemático más destacado de la Nueva España durante el periodo. En el seno de estos manuscritos se abordan las ramas de la matemática teórica más representativas de la época, incluyendo los logaritmos; sus manuscritos dedicados a la matemática práctica están enfocados a las observaciones astronómicas, a la tecnología y a la cronometría.

Con la apertura a la ciencia moderna efectuada por fray Diego, arribaron a la Nueva España las últimas novedades de la matemática; sin embargo, los estudios de matemática teórica en la Nueva España durante la primera mitad del siglo XVIII sufrieron una desaceleración con relación a los efectuados un siglo antes; esta desaceleración fue ocasionada por la falta de reformas a los planes de estudio, tanto en la Universidad de México como en los colegios religiosos, así como por la preocupación de introducir las ideas de la ciencia moderna, sobre todo por parte de los jesuitas, olvidándose por completo de la práctica científica; ello originó que la matemática enseñada en la Universidad y en los colegios religiosos, específicamente los de los jesuitas, se mantuviera en rezago comparada con los logros y avances que dicha ciencia había adquirido durante la misma época en Europa. En consecuencia podemos decir que los estudiosos de la matemática teórica de la segunda mitad del siglo XVIII no son herederos ni continuadores de los estudios emprendidos por los jesuitas novohispanos, ya que estos estudios fueron muy elementales.

A partir de 1768, en la Nueva España se inició un proceso de actualización de la ciencia, inspirado en la Ilustración, cuyas vías de introducción fueron la enseñanza y difusión de los elementos característicos de la ciencia de la época, por parte de criollos laicos. El interés de los novohispanos por introducir las últimas novedades de la ciencia se debió, entre otros factores, al espíritu de la Ilustración que veía en la ciencia el elemento fundamental para alcanzar el progreso de los reinos; por este motivo, los estudios efectuados en esta colonia española tuvieron una utilidad práctica. El caso específico de la matemática teórica que, durante el periodo, siguió siendo estudiada con fines prácticos; a pesar de ello hubo algunos novohispanos que efectuaron sus trabajos desde la perspectiva teórica y metodológica de esta ciencia. Las reformas borbónicas establecieron un ambiente

de relativa libertad que permitió el quehacer científico en la colonia, aunque unas décadas después desplazó casi en su totalidad a los criollos y los sustituyó por peninsulares, lo que avivó un resentimiento hacia estos.

La enseñanza de la matemática se siguió impartiendo a través de la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Universidad de México, y aunque no existieron cambios susceptibles en los planes de estudio, se introdujo la enseñanza de algunas ramas matemáticas con fines prácticos, sobre todo en la minería. Pero durante esta época la Universidad de México ya no fue el núcleo de los estudios matemáticos, se abrieron otros espacios de importancia, entre los que destacan el Oratorio filipense, en donde se introdujeron los estudios más contemporáneos de física experimental. En la cátedra de Arte del mismo Oratorio, se impartió la matemática teniendo como base la geometría, por ser considerada como el sustento de todo estudio matemático, además de la utilidad que tuvo para el arte. Otros espacios importantes de enseñanza de la matemática fueron las Academias dirigidas por novohispanos, entre las que sobresalen la sustentada por Joaquín Velásquez de León en el Convento de Santa María de Todos los Santos y las dirigidas por Juan Bautista y Diego de Guadalajara centradas en la aritmética, el álgebra y la geometría. Aunque existieron otros espacios en donde se llevó a cabo el proceso enseñanza-aprendizaje de la matemática, los predados son los más significativos. A pesar de que la Universidad de México dejó de ser el núcleo de enseñanza de la matemática en la Nueva España, las Academias antes mencionadas estuvieron supervisadas por el *Alma Mater*.

Por otra parte, la difusión de la matemática en la Nueva España se dio a través de publicaciones periódicas, cuya finalidad era difundir los últimos logros científicos generados en Europa. Para tal efecto fueron necesarias algunas traducciones, en su mayoría del francés. Las publicaciones periódicas fueron además el espacio en donde se fomentó el debate entre los criollos cultos. En los artículos de matemática, tanto teórica como aplicada, queda reflejado el conocimiento que los novohispanos tenían de los trabajos de los matemáticos europeos más representativos de su actualidad, así como de los representantes de la matemática clásica.

Con este proceso de actualización de la ciencia, los criollos que se dedicaron a esta actividad se dieron cuenta de manera casi inmediata de que la filosofía peripatética, predominante en las aulas universitarias y conventuales, no se correspondía con los

últimos logros científicos, por lo que algunos criollos se preocuparon por introducir la ciencia contemporánea a través de una estructura ecléctica, como Juan Benito Díaz de Gamarra, aunque no faltaron los que se optaron por descender una estructura que se correspondía con la ciencia de la época, como José Ignacio de Bartolache y Antonio de León y Gama. Esta misma preocupación los condujo a ocuparse del método científico; las tendencias al respecto de dos novohispanos, Gamarra y Bartolache, estuvieron marcadas por los estudios efectuados en Europa, es decir, se movieron entre el método cartesiano y el newtoniano, y ambos criollos se declararon abiertamente newtonianos; pero ello sólo es un elemento que da muestra de que se trató de una etapa de transición hacia la ciencia moderna.

En esta misma etapa, dos novohispanos publicaron artículos de matemática teórica. El capítulo de “Elementos de Geometría” escrito por Agustín de la Rotea, contenido en *Elementos de Filosofía Moderna* de Díaz de Gamarra, aborda los tres primeros libros de *Elementos* de Euclides, que si bien no fue escrito con fines prácticos, y se corresponden con una rama de la matemática clásica, la disciplina y coherencia lógica necesarias para su estudio son considerables y no cualquiera podía considerarse experto en geometría euclidiana. Por su parte, Antonio de León y Gama realizó un artículo sobre un milenario problema, la cuadratura del círculo, que si bien es cierto no dio propuestas matemáticas de solución, sí presentó pruebas de conocer bien los trabajos realizados por los griegos y europeos en torno a este problema. León y Gama estaba seguro de la imposibilidad geométrica y aritmética de cuadrar el círculo, porque sabía que π es un número irracional. En otras palabras su estado de conocimiento con respecto al problema se encontraba en el nivel más actualizado.

Antes de la institucionalización de la ciencia, los estudios de la matemática en la Nueva España se concentraron en la geometría plana, geometría subterránea, geometría proyectiva, aritmética, álgebra, trigonometría esférica y secciones cónicas, entre otras. A pesar de que los novohispanos de este periodo conocieron de manera directa las obras científicas de los hombres que en el siglo XVII en Europa sentaron las bases de la matemática moderna, los matemáticos de la colonia no dieron el paso decisivo para introducir las ramas que se derivaron de ésta. Hay que destacar que el estado de conocimiento matemático en la Nueva España durante este periodo tampoco fue

homogéneo: un grupo de criollos, ya no tan reducido como en los periodos anteriores, se mantuvo al tanto de los avances de esta ciencia. El conocimiento de los matemáticos novohispanos tuvo elementos de tres tradiciones matemáticas: la clásica, la renacentista y la moderna. En definitiva, este periodo representó una etapa de transición hacia la matemática moderna.

A pesar de los intentos por parte de los criollos de introducir la matemática moderna en la colonia, este proceso no se consolidó hasta la fundación del Real Seminario de Minería (1789). La biblioteca de esta institución contó desde 1790 con numerosos textos científicos, entre los que sobresale la obra de Benito Bails Sin embargo en los primeros años de vida de la cátedra de matemáticas, en su plan de estudios no se introdujo alguna rama de la matemática moderna; ello sucederá hasta 1802 en que se introduce, en el segundo curso de matemáticas, el cálculo infinitesimal y la geometría analítica, ya actualizados por los matemáticos europeos del siglo XVIII. Dicha introducción se dio a través de la obra matemática del peninsular Benito Bails, que se utilizó como libro de texto.

Consideramos necesario hacer énfasis en las características que la matemática adquirió durante el periodo de estudio, tanto en Europa como en la Nueva España.

1. En Europa de los siglos XVII y XVIII: a) La matemática, a partir de la tercera década hasta la octava del siglo XVII, se mantuvo en una etapa de creación. b) Las últimas décadas del siglo XVII y las primeras del XVIII estuvieron determinadas por la disputa por la paternidad del cálculo infinitesimal, así como por un proceso de asimilación, interpretación y difusión de los aportes surgidos en el siglo XVII. c) La matemática del siglo XVIII se caracterizó por el enfoque de estudio en el análisis matemático, por la transformación de los aportes del siglo XVII, por una tendencia a las demostraciones rigurosas, etc.
2. En la Nueva España hasta 1750: a) Estado de conocimiento heterogéneo, fueron pocos los hombres dedicados al estudio de esta ciencia que se mantuvieron al tanto de su desarrollo en Europa. b) Los procesos de enseñanza y difusión de la matemática no fueron continuos. c) Los estudios de matemática teórica fueron efectuados con fines prácticos. d) No hay algún aporte a la matemática teórica durante el periodo.

3. En la Nueva España de 1768 a 1788: a) Representa una etapa de transición hacia la matemática moderna, se encuentran algunos elementos de tres tradiciones matemáticas, clásica, renacentista y moderna. b) Interés por parte de los novohispanos, en su mayoría laicos, por actualizar la ciencia, siendo las vías más representativas las cátedras, las publicaciones periódicas y la bibliografía europea. c) El estado de conocimiento en la Nueva España durante el periodo no fue homogéneo. d) Ausencia de discusión de las concepciones del sistema del mundo, debido a que se aceptaron las propuestas heliocéntricas. e) Los estudios de matemática teórica fueron efectuados con fines prácticos. f) Existencia de algunos textos sobre el método científico de Descartes y Newton, lo que representa una transición en este tema. g) Reconocimiento de la matemática como rama auxiliar de otras ciencias. h) La matemática concebida como medida de veracidad del conocimiento. i) La geometría siguió siendo visualizada como la base de todo estudio matemático, etc.

Con la síntesis realizada podemos establecer algunas líneas de debate que consideramos de interés:

1. Una de las tendencias generalizadas es suponer que la ciencia surgió y se desenvuelve como antagónica a los paradigmas de la religión, alejada de sus núcleos; dicha afirmación, como ha quedado de manifiesto a lo largo de la investigación, está muy lejos de la realidad, debido a que los practicantes de matemática, desde el siglo XV al XVII, en su mayoría fueron religiosos. A pesar de que la matemática teórica parece haberse desprendido de las concepciones místico-religiosas, hemos detectado que, por ejemplo, durante el siglo XVII en la Nueva España, y en Europa, parte de su estudio estuvo determinado por la corriente hermética. Dicha afirmación esta sustentada en la práctica de la astrología judiciaria y en la numerología, así como en las tendencias arquitectónicas de la época que relacionó los espacios físicos con formas geométricas y números con significados “ocultos”. Este interés por las “ciencias ocultas” quedó de manifiesto en los juicios iniciados por la Inquisición a los miembros de la tertulia de la que fray Diego Rodríguez fue miembro. El catedrático de Astrología y Matemáticas, y el matemático más destacado de la Nueva España, dedicó su tiempo libre a estos estudios. Además, los estudios recurrentes por parte de los novohispanos acerca del problema de la cuadratura del círculo tuvieron una motivación místico-religiosa; ello no es una vana especulación,

hemos detectado que, por ejemplo, Sáenz de Escobar divide el diámetro en 14 partes, es decir, en 2 veces 7. El símbolo de la cuadratura del círculo tiene connotaciones religiosas que, en términos muy elementales, es el intento de entender el equilibrio de la creación divina; esta misma simbología originó una geometría sacra en Europa, la cual hace uso de los elementos de la matemática científica, además de que divide el diámetro en múltiplos de 7 y al círculo en múltiplos de 60. El ejemplo más representativo de lo que ha significado la cuadratura del círculo para el hombre, religioso y culto, es el Hombre de Vitruvio de Leonardo Da Vinci.

2. Hemos afirmado que los estudios de la matemática teórica en la Nueva España durante todo el periodo colonial se efectuaron con fines prácticos, los cuales obedecieron a las necesidades económicas y sociales de la colonia. Con ello, las ramas más estudiadas en la colonia fueron la geometría, la aritmética y el álgebra. La aplicación de los conocimientos de la matemática teórica se suscitó en una diversidad de actividades que engloban a la agrimensura, la astronomía, la gnomónica, la arquitectura, las obras públicas, la administración, la minería, etc. Durante el siglo XVII, como hemos mencionado, los conocimientos de matemática teórica fueron utilizados en la agrimensura, la astronomía, las obras públicas, la gnomónica y la arquitectura, mientras que a partir de la séptima década del siglo XVIII, su práctica se centro en la astronomía, la cronometría, la agrimensura, la administración, la arquitectura y sobre todo en la minería. Este sentido pragmático de la matemática teórica marca una diferencia sustancial entre la matemática desarrollada en Europa y la estudiada en la Nueva España. Mientras que en el Viejo Continente, los matemáticos se ocuparon del estudio de lo abstracto, con la finalidad de realizar progresos en este campo de conocimiento, en la Nueva España, los estudios en torno a esta ciencia se efectuaron con finalidades prácticas. Quizá este sea uno de los motivos por lo que hasta ahora no hemos registrado un aporte por parte de los novohispanos a la matemática teórica; aunque se ha especulado que el matemático más importante del periodo colonial, fray Diego Rodríguez, realizó algunos avances considerables en los logaritmos, no nos ha sido posible constatar esto. No hay que olvidar que la labor social del matemático lo mantenía la mayor parte del tiempo ocupado en la resolución de las demandas económicas y sociales del virreinato.

3. De lo mencionado anteriormente podemos señalar que, hasta el momento, no hemos identificado un aporte a la matemática teórica, aunque sí hemos identificado algunos procedimientos matemáticos originales; en específico en los manuscritos de fray Diego Rodríguez, sobre todo en relación con los estudios algebraicos, en donde propone algunos métodos de solución a ecuaciones de tercero, cuarto y quinto grados, así como, al encontrarse recurrentemente con los números imaginarios, termina por aceptar su existencia. A pesar de que José Antonio Alzate habla en su “Elogio Histórico de Don Agustín de la Rotea” de un método geométrico creado por este novohispano, hasta el momento es la única referencia que tenemos de ello. En “Elementos de Geometría”, escrito según Alzate por el mismo De la Rotea, contenido en la obra de Díaz de Gamarra, *Elementos de Filosofía Moderna*, se encuentra la solución a algunos ejercicios de geometría euclidiana, y a pesar de que se realizan por un método más sencillo, no es posible hablar de originalidad, ya que dichas soluciones sólo dan muestra de que el autor fue experto en esta rama de la matemática. Por otra parte, la aplicación de los conocimientos de matemática teórica tampoco denota originalidad. En breve, la matemática estudiada en la Nueva España no sustentó elementos que no fueran los de la matemática europea, no adaptó los elementos de la matemática indígena, por ejemplo, como lo hicieron otras ciencias, como la medicina.

4. Otra característica que hemos encontrado durante la investigación es la inexistencia de continuidad en los estudios y difusión de la matemática en la Nueva España durante el periodo colonial. Esta discontinuidad, con referencia a los procesos y desarrollo de la matemática teórica en Europa, está marcada por cuatro fases. La primera de ellas es un estado de conocimiento de la matemática teórica en la colonia que se corresponde con el de Europa hasta finales del siglo XVII; para establecer esto, es necesario que no olvidemos los procesos lentos de asimilación, interpretación y difusión de los aportes que servirán de pilares a la matemática moderna, mismos que a partir de las primeras décadas del siglo XVIII sufren una aceleración originando una transformación de dichos aportes al punto de ser casi irreconocibles. La segunda, tomando en cuenta lo antes mencionado, es una etapa de desaceleración en los estudios matemáticos en la Nueva España que tiene lugar durante la primera mitad del siglo XVIII. Esta desaceleración está motivada por una falta de reformas en los planes de estudio universitarios y en los colegios religiosos, así como a la

labor, sobre todo por parte de los jesuitas, de introducir las ideas modernas, bajo una corriente ecléctica más que peripatética, dejando de lado al quehacer científico; esta etapa también se caracteriza por el rescate de los planteamientos filosóficos a través del análisis de las fuentes originales. La tercer fase se caracteriza por ser una etapa de actualización de los estudios matemáticos, que encuentra sus vías de enseñanza y difusión en otros espacios aparte de la cátedra de Astrología y Matemáticas, es decir, la Universidad ya no fue el núcleo de los estudios matemáticos, aunque los nuevos espacios están subordinados a ésta. La difusión se da por medio de publicaciones periódicas, que hacen mención a los matemáticos más destacados de la época y a algunos matemáticos griegos. Esta es una etapa de transición hacia la matemática moderna, en donde se introduce el estudio del método matemático, y contiene elementos de tres tradiciones matemáticas: clásica, renacentista y moderna. A pesar de los esfuerzos realizados por estos criollos, en su mayoría laicos, la matemática moderna no penetró en la Nueva España. Finalmente, la cuarta etapa está marcada por la introducción en la enseñanza de las ramas más representativas de la matemática moderna: el cálculo infinitesimal y la geometría analítica, a través de la segunda cátedra de matemáticas del Real Colegio de Minería en 1802. Con ello queda de manifiesto que no existe la continuidad en los estudios de la matemática teórica en la Nueva España. Además habrá que subrayar que el estado de conocimiento de la matemática teórica en la colonia no fue homogéneo y que fueron pocos los hombres que se dedicaron al estudio de esta ciencia.

5. Los novohispanos de la segunda mitad del siglo XVIII heredaron la tradición jesuita, ya que la mayoría de ellos fueron educados en las aulas de los colegios de la Compañía, consultar las fuentes originales y no fiarse de las interpretaciones europeas, a pesar de que en la época, existían numerosos libros de texto con explicaciones sencillas que facilitaban la enseñanza de la matemática. Esta idea de la herencia jesuita tiene su base en que hemos encontrado que los matemáticos criollos, motivo central de este estudio, para realizar sus tratados hicieron repetida referencia a los creadores de los pilares de la matemática moderna. Así, José Ignacio Bartolache en sus *Lecciones Matemáticas* se basa en las obras originales de Descartes y Newton, a pesar de que en el siglo XVIII ya existían algunas obras de los filósofos europeos que interpretaban estos métodos desde una perspectiva de la ciencia contemporánea a ellos. José Ignacio Fernández del Rincón, que introdujo por

primera vez los enunciados de las leyes de la dinámica de Newton, hace constatar que conoció los *Principia* de manera directa, pero al no contar con las interpretaciones contemporáneas a la matemática que las sustentaba (el cálculo infinitesimal) no introdujo la interpretación matemática. Por su parte, Agustín de la Rotea conocía de manera directa los *Elementa* de Euclides y es la única obra que menciona en su capítulo “Elementos de Geometría”. Otro de los novohispanos que dio muestra de conocer de forma directa algunas obras de los matemáticos europeos fue Antonio de León y Gama: en su artículo sobre la cuadratura del círculo menciona a varios de éstos, así como las propuestas de solución de cada uno. En este artículo llama la atención el conocimiento que tenía de las obras matemáticas de Wallis, matemático inglés contemporáneo a Newton y Leibniz.

6. Las características de la penetración de la ciencia mecanicista en la Nueva España, nos han hecho pensar en su relación con el estado de conocimiento matemático en la colonia. Las ideas de la ciencia moderna irrumpieron en la Nueva España a través de la corriente ecléctica, vía los jesuitas, pero como ya hemos hecho mención, los jesuitas se preocuparon por introducir las ideas modernas, no el quehacer científico como tal, por lo que las ideas de la ciencia mecanicista llegaron a la colonia antes que su fundamento matemático. Recordemos que Newton, a quien se le ha atribuido la ciencia mecanicista, fundamentó sus concepciones mecánicas en la matemática, en específico en su método de fluxiones; aunque el proceso de la matematización de la física experimental no llegaría a su fin hasta la tardía revolución científica de la química, a finales del siglo XVIII, con ella se definieron los campos de estudio de esta ciencia y los de la física, y también se estableció como hegemónico el método científico propuesto por Newton.

7. Las ramas más representativas de la matemática moderna (cálculo infinitesimal y geometría analítica) fueron introducidas en la enseñanza en la Nueva España a través del Real Colegio de Minería, en 1802, con el libro de texto *Elementos matemáticos* de Benito Bails. La característica distintiva de esta obra es que el cálculo infinitesimal y la geometría analítica se correspondían a los últimos logros de los matemáticos del siglo XVIII, tomando como base los trabajos de Euler, que a su vez fue reconocido por Bails como el matemático más destacado de la época. Es decir, esta obra ya no hace referencia directa a los métodos propuestos por Newton y Leibniz, ni a las interpretaciones de los hermanos

Bernoulli ni a la geometría propuesta por Descartes y Fermat. Con ello queda establecido que la matemática introducida en el Real Colegio de Minería fue de corte moderno.

8. La lenta asimilación de los conocimientos matemáticos, no sólo en la Nueva España sino en la propia Europa, es una característica de la época. En términos generales es una constante del desarrollo de la ciencia durante toda su historia: la ciencia en determinado periodo histórico no se desenvuelve bajo los paradigmas de una sola tradición científica, pero los paradigmas de una tradición científica son los dominantes en la ciencia en una época histórica.

Esta investigación no ha pretendido ser definitiva, aún hay mucho que conocer del desarrollo de la matemática teórica en la Nueva España; aquí sólo hemos abordado algunos de los elementos que consideramos caracterizan el quehacer en torno a esta ciencia; habrá que realizar estudios con otros enfoques y considerando otros elementos. Algunas de las líneas de investigación que se fueron trazando en este estudio y que quedan abiertas son:

- Las redes que se tejieron en torno a la matemática teórica en el virreinato y de las que fueron miembros los novohispanos fuera de la colonia, es decir, los vínculos que establecieron con matemáticos de todo el orbe.
- Un estudio del grupo de matemáticos poblanos.
- Un estudio a profundidad que nos permita rescatar a los matemáticos desconocidos hasta ahora.
- Un estudio de la recurrencia del problema de la cuadratura del círculo entre los novohispanos, desde las perspectivas científica y religiosa, ya que probablemente, como apuntamos en esta discusión, esta recurrencia no sólo obedeció a cuestiones de índole matemático, sino quizá a creencias religiosas.
- Un estudio de los matemáticos que se asentaron en torno a las ciudades mineras durante las últimas décadas del siglo XVIII.
- La importancia y consecuencias que tuvo la institucionalización de la ciencia en la Nueva España para las matemáticas.

Algunas de estas propuestas serán retomadas en una investigación posterior.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se han derivado de las reflexiones anteriores, que a la vez se corresponden con los objetivos que planteamos al inicio de la investigación, quedan esbozados en los siguientes puntos:

1. La matemática teórica desarrollada en Europa durante los siglos XVII y XVIII representa por sus características, dos etapas diferentes, aunque no separadas tajantemente. La primera etapa podría definirse como un periodo de creación, en el que emanaron los aportes que sirvieron de pilares a la ciencia moderna: la geometría analítica, la geometría proyectivo-sintética, la teoría matemática de la probabilidad, la aritmética moderna, el cálculo infinitesimal, las leyes de la dinámica y gravitación universal y la lógica simbólica. En la segunda etapa (siglo XVIII), estos aportes matemáticos continuaron evolucionando, mediante la aplicación del análisis matemático y el desarrollo de demostraciones rigurosas, de tal modo que fueron adquiriendo una extraordinaria complejidad, sobre todo a partir de los trabajos de Euler. Además, se produjo la incursión de esta ciencia en los problemas económicos, políticos y sociales de la época.
2. En la Nueva España se difundió tempranamente la matemática europea, mediante estudios que estuvieron determinados por las necesidades económicas y sociales de la colonia. Por este motivo, las ramas de la matemática teórica más estudiadas fueron: la geometría, la aritmética y el álgebra.
3. Los estudios de matemática teórica en la Nueva España durante la primera mitad del siglo XVIII sufrieron una desaceleración con relación a los efectuados un siglo anterior, debido a la falta de reformas en los planes de estudio, tanto en la Universidad de México como en los colegios religiosos, así como por la preocupación de introducir las ideas de la ciencia moderna, por parte de los jesuitas, olvidándose por completo de la práctica científica; ello originó que la matemática enseñada en la Universidad y en los colegios religiosos, específicamente los de los jesuitas, se mantuviera en rezago, comparada con los logros y avances que dicha ciencia había adquirido durante la época en Europa.
4. A partir de 1768, en la Nueva España dio inicio una etapa de actualización de la ciencia, por lo que fue un periodo de transición hacia la ciencia moderna, el cual tuvo

elementos de la matemática clásica, renacentista y moderna. Esta etapa, además, se caracterizó por la difusión de los logros científicos a través de publicaciones y cátedras. La matemática en la Nueva España siguió siendo estudiada con fines prácticos; a pesar de ello, un par de novohispanos, José Ignacio de Bartolache y Juan Benito Díaz de Gamarra, manifestaron su preocupación por el método matemático, estableciendo una transición del método cartesiano al newtoniano. Por otro lado, con relación a los tratados de la matemática teórica, algunos novohispanos, entre los que sobresale Antonio de León y Gama, estuvieron al tanto de los adelantos de la matemática en Europa, aunque no dieron el paso decisivo e introdujeron la matemática moderna. El estado de conocimiento de la matemática teórica en la Nueva España no fue homogéneo.

5. Los estudios matemáticos en general estuvieron determinados por las necesidades económicas y sociales de la colonia, por lo que las ramas de la matemática estudiadas durante el periodo fueron: la geometría plana, la geometría proyectiva, la geometría subterránea, la trigonometría plana, la trigonometría esférica, los logaritmos, las secciones cónicas, el álgebra y la aritmética. Estas ramas fueron utilizadas en la administración, la agrimensura, la minería, la cronometría, la astronomía, etc.

6. A pesar de esta característica pragmática de los estudios matemáticos en la Nueva España, algunos de los hombres dedicados al estudio de esta ciencia se preocuparon por dar solución a un antiguo problema: la cuadratura del círculo, el cual fue abordado desde la trigonometría y la geometría, León y Gama estuvo convencido de la imposibilidad de cuadrar el círculo, debido a que π es un número irracional, mostrando con ello lo actualizado de su conocimiento con relación a este problema.

7. En este periodo predominó la idea de que la geometría era la base de todo estudio matemático; de igual manera, las discusiones sobre el sistema del mundo ya no fueron tan recurrentes, debido a que se dieron por verdaderos los sistemas heliocéntricos. Por otra parte, la astronomía no abandonó su estado de aritmético-geometría, por lo que la matemática siguió siendo su ciencia auxiliar por excelencia.

8. La institucionalización de la ciencia en la Nueva España a través del Jardín Botánico y el Real Seminario de Minería, significó, para la matemática en específico, la culminación del proceso de actualización que habían iniciado los criollos unas décadas antes. Con la introducción en la enseñanza del cálculo infinitesimal y la geometría analítica,

que fueron las dos ramas más representativas de la matemática moderna, ya no como originalmente habían sido planteados por sus creadores en el siglo XVII, sino con los aportes hechos por los matemáticos europeos del siglo XVIII, la matemática moderna llegó a la Nueva España con la finalidad de ser aplicada en la minería, que se constituyó como eje rector de la economía imperial. A inicios del siglo XIX se establecieron otras cátedras de matemáticas en las ciudades más importantes del virreinato, dejando de ser los núcleos de enseñanza y difusión de la matemática la Ciudad de México, Puebla y Guanajuato.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FUENTES PRIMARIAS:

Alzate y Ramírez, José Antonio, *Gacetas de Literatura de México*, 4 Tomos, Puebla, Manuel Buen Abad (reimpresor), 1831.

Bails, Benito, *Elementos de Matemáticas*, Madrid, 1777, 600p.

Bartolache, José Ignacio, *Lecciones matemáticas que en la Real y Pontificia Universidad de México dictaba Don José Ignacio Bartolache*, México, Imprenta de D. Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1769.

Bartolache, José Ignacio, *Mercurio Volante...*, 16 números, México, Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1772-1773.

Baustita de Arispe, Juan, *Noticiosos General*, México, 1818-1820.

Díaz de Gamarra, Juan Benito, *Academias de Geometría*, México, Imprenta de D. Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1782.

León y Gama, Antonio, “Carta que en elogio al Sr. D. Joaquín Velázquez de León, colegial que fue del insigne, mayor y más antiguo Colegio de Santa María de Todos los Santos de esta ciudad de México...” *El Museo Mexicano*, México, Ignacio Cumplido, 1844, Vol. 4, 542p.

“Suplemento”, *Gazeta de Madrid*, Madrid, viernes 21 de mayo de 1784.

Valdés, Manuel Antonio, *Gazetas de México, compendio de las noticias de la Nueva España*, 11 Tomos, México, Herederos de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1788- 1803.

MANUSCRITOS:

Rodríguez. Fray Diego, *Tratatus Promialium Mathematices y de Geometría*, Manuscrito de México, Biblioteca Nacional de México (BNM), Signatura MS., 1519.

“Sección de hora en oposición á la Cátedra de Astrología echa por Don Juan Gregorio de Campos en 27 de julio de 1759” en Lemos Martínez, Ignacio, *Tres secciones de hora... con puntos de veinte y quatro*. México, 1764, 204 hojas. BNM, MS 23.

Sáenz de Escobar, Joseph, *Geometría práctica y mecánica dividida en tres tratados, el primero de medidas de tierras, el segundo de medidas de minas, el tercero de medidas de aguas*. MS, pr. S. XVIII, Biblioteca Nacional de México (MS- 1528).

FUENTES SECUNDARIAS:

- Bartolache, José Ignacio, *Mercurio Volante*, introducción de Roberto Moreno, México, UNAM, 1983, 202p.
- Bell, E.T., *Historia de las Matemáticas*, México, FCE, 1999, 656p.
- Bourbaki, Nicolás, *Elementos de historia de la matemática*, Madrid, Alianza Editorial, 1972, 342p.
- Boyer, Carl B. y Merzbach, Uta C., *A history of mathematics*, New York, Willey, 1989, 762p.
- Bravo Ugarte, José, “Los jesuitas mexicanos del siglo XVIII y sus actividades en el campo de la ciencia”, en *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, México, SMHCyT, 1964, Tomo II, pp. 69-82.
- Clavijero, Francisco Xavier, *Physica Particularie*, traducción de Bernabé B. Navarro, Morelia, UMSNH, 1995, 140 p.
- Collette, Jean- Paul, *Historia de las matemáticas*, Tomo II, México, Siglo XXI, 2002, 606p.
- Courant, Richard y Robbins, Herbert, “¿Qué es la matemática?”. En Miguel Aparicio Lara (coord.), *Antología de Matemáticas*, México, UNAM, 1990, 197p.
- Descartes, Rene, *Meditaciones Metafísicas*, traducción Juan Gil Fernández Argentina, Aguilar, 1979, 125p.
- Díaz de Gamarra, Juan Benito, *Academias de Geometría*, México, Imprenta de D. Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1782.
- Díaz de Gamarra, Juan Benito, *Elementos de Filosofía Moderna*, Vol. II, Compilación de Carmen Rovira Gaspar y Carolina Ponce, México, UNAM/ UAEM, 1998, 253p.
- Dubrei, Paul, “Historia de los números misteriosos”, en Miguel Lara Aparicio (Coord.), *Antología de Matemáticas*, México, UNAM, 1990, pp. 66-68.
- Espinosa Sánchez, Juan Manuel, *La comunidad científica ilustrada en la Real y Pontificia Universidad de México*, tesis inédita, México, UAMI, 1997, 196p.
- Florescano, Enrique y Menegus, Margarita, “La época de las Reformas Borbónicas y el crecimiento económico (1750- 1808)”, en *Historia general de México*, Versión 2000. México, COLMEX, 2000, pp. 365- 430.
- Gortari, Eli de, *La ciencia en la historia de México*, México, Grijalbo, 1980, 446p.

- Gutiérrez Escudero, Antonio, (Coord.), *Ciencia, economía y política en Hispanoamérica colonial*, Sevilla, CSIC, 2001, 266p.
- Holton, Gerald, *La imaginación científica*, México, FCE/ CNC y T, 1985, 272p.
- Kline, Morris, *Matemáticas. La pérdida de la certidumbre*, España, Siglo XXI, 1985, 444p
- Koyré, Alexandre, *Estudio de la historia del pensamiento científico*, México, Siglo XXI, 1997, 394p.
- Lakatos Imre, *Pruebas y refutaciones: la lógica del descubrimiento matemático*, Madrid, Alianza Editorial, 1982, 202p.
- Lakatos, Imre, *Matemática, ciencia y epistemología*, Madrid, Alianza Editorial, 1981, 360p
- Lara Aparicio, Miguel (coord.), *Antología de Matemáticas*, México, UNAM, 1990, 197p.
- Mayer, Alicia (coord.), *Carlos de Sigüenza y Góngora. Homenaje 1700- 2000*, 2 tomos, México, UNAM, 2000.
- Miranda, José, *Humboldt y México*, México, UNAM, 1962, 245 p.
- Moreno Corral, Marco Arturo (comp.), *Historia de la astronomía en México*, México, SEP/ FCE/ CONACyT, 255p.
- Moreno Corral, Marco Arturo y Berrón Mena, Tannia, “Sigüenza y Góngora un científico de transición”, *Quipu*, Vol. 13, Núm. 2, mayo- agosto de 2000, pp. 161- 176.
- Moreno Corral, Marco Arturo, *Copérnico y el Heliocentrismo en México*. México, UG/ SMHCyT, 2002, 174p.
- Moreno Montes de Oca, Rafael. “El método experimental y matemático en Sigüenza y Góngora”, en *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, México, SMHCyT, 1964, pp. 117- 131.
- Moreno, Roberto, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México*, México, UNAM, 1977, 407p.
- Navarro B. Bernabé, *Cultura Mexicana Moderna en el Siglo XVIII*, México, UNAM, 1964, 230p.
- Newton, Isaac, *Principios matemáticos de filosofía natural*, 2 tomos, Madrid, Alianza, 1987.
- Papp, Desiderio y Babini, José, *Panorama general de la Historia de la Ciencia*, Buenos Aires, Esparsa- Calpe, 1955, 347p.

- Prieto Rodríguez, Sotero, *Historia de las matemáticas*, Toluca, Instituto Mexiquense de la Cultura, 1991, 145p.
- Ramírez, Santiago, *Datas para la historia del Colegio de Minería*, México, Imprenta del Gobierno Federal en el Ex arzobispado, 1890, 496p.
- Ramos Lara, María de la Paz, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana, en México en el siglo XVII*, México, SMHCyT / UAP, 1990, 157p.
- Ramos Lara, María de la Paz, *José Antonio Alzate y la ciencia mexicana*, México, UMSNH/ MHCT/ SEP, 2000.
- Rivera, Agustín, *La filosofía en la Nueva España...*, México, Lagos, 1885.
- Rodríguez Garza, Francisco Javier, *Ilustración Española, Reformas Borbónicas y liberalismo temprano en México*, México, UAM, 1992, 261p.
- Rodríguez Sala, María Luisa, "Científicos y técnicos en la Nueva España del siglo XVI, sus roles socio- profesionales como raíces de una ciencia nacional", *Quipu*, Vol. 10, Núm. 3, Septiembre- diciembre de 1993, pp. 319- 334.
- Rovira Gaspar, Carmen y Ponce Carolina (comps.), *Elementos de filosofía moderna que incluye conjuntamente la física tanto general como particular*, México, UNAM/ UAEM, 1998, 253p.
- Saladino García, Alberto, "Las matemáticas en la prensa ilustrada latinoamericana", *Quipu*, Vol. 10, No. 2, México, SMHCyT, mayo- agosto de 1993, pp. 223-224.
- SALVAT, *Historia de México*, México, SALVAT, 1978, Tomo 7, 1658p.
- Sellés, Manuel, Peset, José Luis y Lafuente, Antonio, (comp.) *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Madrid, Alianza, 1989, 402p.
- Sigüenza y Góngora, Carlos de, *Libra astronómica y filosófica*, edición de Bernabé Navarro, México, UNAM, 1959, 181p.
- Solís, Calos y Sellés, Manuel, *Solo en casa. Guía para el estudio de la historia de la ciencia*, Madrid, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 1997, 234p.
- Solís, Carlos y Sellés, Manuel, *Historia de la ciencia*, España, Espasa, 2005, 1191p.
- Tanck de Estrada, Dorothy, *Alumnos e intelectuales en México colonial: 1750- 1821*, México, 1988.
- Trabulse, Elías, *Ciencia y religión en el siglo XVII*, México, COLMEX, 1974, 286p.
- _____ *El círculo roto*, México, SEP/FCE, 1982, 247p.

-
- _____. *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Siglo XVI*, México, FCE/ CONACyT, 1983, Tomo 1, 461p.
- _____. *Historia de la ciencia en México. Estudios y Textos. Siglo XVII*. México, FCE /CONACyT, 1984, Tomo 2, 298p.
- _____. *La ciencia perdida. Fray Diego Rodríguez, un sabio del siglo XVII*, México, FCE, 1986, 142p.
- _____. *Los manuscritos perdidos de Carlos de Sigüenza y Góngora*, México, COLMEX, 1988, 144p.
- _____. “Tres momentos de la heterodoxia científica en el México colonial”, *Quipu*, Vol. 4, Núm. 1, enero- abril de 1988. pp. 7-17.
- _____. *Ciencia Mexicana*, México, Edición Textos dispersos, 1993, 157p.
- _____. *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, México, COLMEX/ FCE, 1994, 181p.
- _____. *Los orígenes de la ciencia moderna en México: 1630- 1680*, México, FCE, 1994, 293p.
- Villoro, Luis. “La naturaleza americana en Clavijero”, en *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, México, SMHCyT, 1964, pp. 83- 91.
- Whitehouse, David, “¿Cómo el azar es el Pi?”, en *Línea de la ciencia en las noticias de BBC*, Reino Unido, Martes 23 de julio de 2002.
- Zoraida Vázquez, Josefina, *et al*, *Ensayos sobre historia de la educación en México*, México, COLMEX, 1999, 189p.

ANEXOS.

ANEXO 1.

SUPLEMENTO

A LA GAZETA DE MADRID DEL VIÉRNES 21 DE MAYO DE 1784.

Un sugeto que desea el bien de todos los que gustosamente dedican sus tareas al estudio de aquellas Facultades, que son de la primera necesidad al hombre, y que se interesa, como uno de ellos, en que reine la verdad en sus principios fundamentales, ha reconocido que la Geometría, cuyas nobles excelencias sabe estimarlas únicamente el que conoce el valor de ellas, adolece enferma en los mas de los Teoremas que tiene establecidos desde los primeros siglos, en que empezó á ser maestra del hombre en la Caldea, en Egipto y en Grecia, y miran a la mensuracion del Círculo y sus partes, y á la de la Esfera y sus partes; cuya enfermedad nace del disgusto con que se halla de no poder dar la competente solució, que muestre el valor justo del area del Círculo, con la misma facilidad y seguridad que da resuelto el de la de un Quadrado.

Solo faltaba, á la verdad, esta joya á la Geometría, para manifestar los primores que encierra en sí el Círculo, y demostrar, á la luz clara del medio dia, la brillantez hermosa de la armonia concordancia, que entre sí hacen las partes con el todo, y el todo con las partes.

Hallado, pues, este tan desiado conocimiento, se anuncia a los gustosamente amantes de las Matemáticas, que el Círculo en su circunferencia tiene la llavemaestra que abre las puertas, y facilita paso franco á todas aquellas insuperables dificultades, que hasta aquí se han ofrecido, para convertir el Círculo en un perfecto Quadrado. Es tan breve y cómoda esta operacion, que con la misma facilidad, con que se averigua la area justa del Quadrado, se puede saber la del Círculo, la de la Esfera, la de la Elipse, y la de cada una de sus partes; y aun entre Quadrado y Círculo, pretende el Autor dar la referencia á éste: pues con solo saber el valor de la circunferencia, con total independencian del diametro, está todo sabido, de areas cuadradas, y solideces cúbicas de toda figura curvilínea, que carece de las excepciones que acompañan á los demas Solidos rectilíneos, entre cuyas partes cúbicas de solidez de la masa, y las cuadradas de la superficie, no se halla aquella bella concordancia

que se encuentra en las de los Sólidos esféricos, La de mostracion geométrica, es la que basta verla, tiene mas dificultades para dividirla.

El Autor de estas noticias ofrece dar público una Disertacion sobre este punto, y en ella dará geométricamente demostradas, y aritmeticamente probadas, las resoluciones de los siguientes Problemas, ya sumamente fáciles, quando eran ántes inaccesibles; y se apunta por si desde luego quieren entretenerse los aficionados, y esto sin tomar en boca para nada el diámetro, como no necesario: de que se podrá inferir, quales serán los nuevos quilates de perfeccion que adquiere la Geometría, y quan cierto estará el Autor de la noticia, quando con tanta satisfaccion la anuncia, para consuelo de todos aquellos que continuamente laborean con el compas en la mano, en el uso del Círculo.

PROBLEMA PRIMERO.

1. Se dá un Círculo, y aun se da desde ahora, para exercicio curioso de los aficionados, cuya circunferencia se tomará en qualquiera cantidad de partes enteras, y sea v.g. 121 pies, pulgadas, varas, toesas, leguas, &c. Pídesse ¿quánto vale la area de un Círculo en partes quadradas de aquella medida que se aplica al valor de la circunferencia, en la inteligencia de que el diámetro no debe intervenir nada?.
2. Se avisa, que la demostracion (si alguno la quisiese dar) basta que sea en figura plana, pero numérica, pues no hay necesidad de álgebra, y arreglada á la escala, ó pitipie que se construya, y en que se vean, con division clara, las partes de la media elegida, tomadas en unidad, ó en 2 en 2: de 4 en 4, de 5 en 5, de 10 en 10&c., de modo que por medio de un compas se halle, que las dimensiones de la figura hacen juego justo con las partes de la escala.

SEGUNDO.

3. Se dará otro Círculo, sin asignacion de la circunferencia ni diámetro, y en su area se darán, v.g. 24 pies quadrados justos para el area de un Sector que debe formarse en su centro, en el modo regular. Pídesse ¿quántos grados, minutos, y segundos vale el arco del Círculo el ángulo construido con las piernas de l Sector, ó radios tirados á la circunferencia, cuya base es la porción de arco comprendida entre ambos radios, suponiendo el Círculo de

360 grados? Y ¿cuántos pies quebrados restan luego para el completo de toda area de Círculo? Y ¿cuántos pies vale la circunferencia?

4. Con este motivo se puede examinar, si es todo ó no lo que pidió Kepler en su famosos problema, yá va para dos siglos, y aun ninguno le ha levantado: *Data area partis semicirculi, datoque puncto diametri, invenire arcum f aungulum ad illud punctum; cujus angulis cruribus f quo data area comprehenditur, f c.* (Sele dará resuelto)

TERCERO.

5. Se dará otros Círculo, y si se asigna desde ahora para el valor de su circunferencia 80 pies: y en su area se dan 84 pies quebrados para el area de un Segmento. Pídese ¿cuántos grados, minutos, &c. Contiene el arco de Círculo sostenido por la cuerda de ese Segmento? Este problema es algo arduo, pero en breve será tan facil su solucion, como asegurarse que 4 y 8 unidos son 12.

QUARTO.

6. Se darán, ó se dan ya, otros Círculos con estas condiciones.

El Uno ha de estar dentro de un Triángulo, sin que ninguno de sus lados llegue á tocar la circunferencia ó periferia exterior del Círculo; y éste ha de tener dentro de sí otro Triángulo pequeño, sin que tampoco lo toque ninguno de sus ángulos al Círculo por la parte interior; esto es, que no han de ser circunscritos é inscritos.

El otro ha de tener dentro de un Paralelogramo rectángulo, y dentro del Círculo ha de haber otro Paralelogramo rectángulo pequeño; todo del mismo modo que se habla de los Triángulos. Pídese ¿qué tanta es la area de todas estas figuras, cada una de por sí, con sus lados y circunferencias, en el supuesto de que las de los dos Triángulos sumadas han de valer tanto como la del Círculo quebrada: y lo mismo las de los Paralelogramos?

NOTA.

Sin duda alguna cree el Autor de este anuncio, que habrá que dar repaso á las Tablas logarítmicas de Senos y Tangentes, porque probablemente el Canon trigonométrico es sus principios, del siglo pasado, se construyó en concepto equivocado; pues las resoluciones analíticas del ángulo en los triángulos, al auxilio de dichas Tablas, parece adolecen de

achaque, como se intenta probar en la misma Disertacion: y mas adelante, que tambien la Geografía está errada de polo á polo.

Un cierto escrito de nuestra España, á quien el Autor de esta noticia esta agradecido, y en animo de darle gracias, como es debido, por el favor que le ha hecho, pone en una de sus obras al fol... el siguiente texto.

“Tambien pensaron hasta en la quadratura del Círculo; y Tiné se glorió de haber hallado y demostrado este problema admirable... pero no por esto desesperaron algunos sabios de descubrir lo que se habia ocultado á los antiguos: este fenomeno extraño se reduce á conocer geométricamente la area del Círculo, despues de haber conocido la longitud de a circunferencia; y esto es lo que hasta aquí se ha escapado de las diligencias mas exquisitas y sutiles. Parece tambien *una audacia excesiva del entendimiento humano el aspirar á semejante conocimiento... f c.*” Inquirir la verdad por caminos espinosos, no es audacia del entendimiento humano, es valentía de él. Y aunque *audaces fortuna juvat*, tambien *la diligencia es madre de la buena dicha*, Consuelese la Geometría que ya está en casa lo que ansiosa buscaba.

La Disertacion se dedicará (si concede el permiso) á una de las Reales Sociedades del Reyno: *Irurac bat, eta bat irarentzat.*

ANEXO 2.

GACETA DE MÉXICO 24 MAYO DE 1785.*

Artículo del Sujeto de California: Cuadratura del círculo.

El año pasado de 84 en una de las Gazetas de Madrid del mes de Mayo, ofreció un Sujeto dar al publico en reglas aritméticas las cantidades de todas las cuerdas, arcos, lados, áreas, y ex consequenti la decantada cuadratura del círculo pequeño incluso en otro grande.

No habiéndose cumplido esta promesa, otro residente hacia la California se obligo a desempeñar las referidas propuestas, y á ir remitiendo por partes sus demostraciones y fundamento de todas ellas.

La figura correspondiente a ella se habrirá a láminas, junto con las demás que exija el asunto, respecto a no ser posible erogar el costo de una lámina para cada figura.

El fundamento de todo lo dicho es la diagonal, la cual se halla así:

En el cuadrante abc tenga el radio y el semidiámetro bc 90 partes, a la hipotenusa cd , como ec. 103 partes á 180, así 90.

$$\begin{array}{r}
 90 \\
 \hline
 0 \\
 072 \\
 05959 \\
 16200, 157 \text{ partes, } 16 \text{ min. } 53\text{seg.} \\
 \\
 10333 \\
 100 \\
 \hline
 1
 \end{array}$$

Esta regla simple le dará la hipotenusa con suma exactitud, no solo en el cuadrante, sino en el semicírculo: en este desde a para b , y en aque desde a para d ; pero esto sera quando se sepa halla con la misma exáctitud la cantidad de qualquiera cuerda; lo que no se necesita

* Valdés, Manuel Antonio, *Gazeta de México...*, no. México

para hallar la diagonal, si no una cantidad de la misma diagonal que se apróxima á la verdad, v.g. 127 partes, 17 min. que es la cantidad que dá el compas y la trigonometria; por que sí dada la cuerda se da la hipotenusa, dada la hipotenusa se da la cuerda; y dada la cuerda y la hipotenusa se dará el semidiámetro 90. Con que se dirá así: Como el diámetro 180 á 127 17, así las mismas 127 17, al semidiámetro 90 partes: de modo que quando esta analogía (quitando o analizando a la cantidad de la diagonal todavia dudosa) diere 90 partes justas, estará tambien junta la diagonal, por que esta es cuerda y justamente hipotenusa; y es imposible que produzca al semidiámetro justo y cabal sin que ella sea exâctissima, como sucederá en el caso propuesto á todas las demas cuerdas é hipotenusas.

La cantidad dicha de la diâgonal 127 partes, 17min. se aporta de la verdad en unos cuantos segundos, con que dexando la suma exâctitud para los libros magistrales, supondremos en estas demostraciones la cantidad de diagonal 127 partes 17 min. y daremos todas las demostraciones en reglas aritméticas infinitamente exâctas, con que se podrán enmendar los defectos de los Logaritmos, y de toda la Geometria.

ANEXO 3.

ARTÍCULO DE JOSÉ MARÍA MANCILLA SOBRE LA CUADRATURA DEL CÍRCULO.*

Lagos enero 19 de 1818.

Sr. Editor el periódico intitulado Noticioso general de la ciudad de México.

Muy señor mio: el problema de la cuadratura del círculo ha agitado a los mayores ingenios desde Archímedes hasta estos últimos tiempos que se han afanado en su discusión; pero infructuosamente. De manera que el resolver este problema creen no solamente difícilísimo; sino casi imposible algunos matemáticos de nombre, que miran a esta verdad como ya inaccesible al entendimiento humano, y los que tratan de investigarla como unos geómetras superficiales despues de los vanos é inútiles esfuerzos de los que lo han intentado.

Sin embargo la resolucion al referido problema es de mera especulacion, y consiste en conocer la relacion ó diferencias de la circunferencia al diámetro; porque conocida esta ya se puede rectificar la curva que termina el círculo, que es la misma circunferencia llamada comúnmente periféria, y ya no habrá dificultad para dar un círculo igual a una superficie cuadrada en la suposicion en que generalmente convienen todos los matemáticos, de que el círculo es un triángulo, cuya base es la periféria y su altura el rayo. Archímedes en mi juicio (desando a un lado a otros que posteriormente se han aproximado o pretenden haberse aproximado mas a esta verdad) fué el que por un trabajo digno de este excelente matemático y por el artificio en sentir de algunos, mas que humano de los polígonos inscritos y circuncritos al círculo la halló, y solo le faltó determinarla. Quiso hacerlo por números o por cálculo numérico y por este método creo que es metafísicamente imposible la exáctitud. Sí, es imposible sujetar al cálculo numérico cantidades heterogéneas como las lineas constan tanto de cantidades heterogéneas como homogéneas, el numerar unas justamente con otras no es posible en buena metafisica. Y de aquí entiendo que depende que no se han hallado ni hallarán jamás por el cálculo numérico con exactitud las raices cuadradas de los números sordos, ó que no son cuadrados perfectos.

* Baustita de Arispe, Juan, *Noticioso General*, No. 348, México, 25 de marzo 1818, pp. 2-4.

Pero así como no es imposible estas en líneas, y en efecto se determinan por este camino, aunque no se pueda señalar el número de parte en que una raíz excede á otra, me explico con exemplo. Si de la diagonal de un cuadrado se hace raíz de otro ó se forma un cuadrado multiplicándola por ella misma, este segundo cuadrado es sin controversia doble de él lado. El cuadrado pues del lado es uno, es el exceso que hace la diagonal al lado. Pongo otro exmplo, la cuerda de ciento veinte grados en un círculo, y es la que apoya ó sostiene el arco de los mismos grados, y también es el lado del triángulo equilátero inscrito en un círculo, en la raíz de un cuadrado que se tiene al cuadrado del diámetro como tres a cuatro. El cuadrado del rayo se tiene al de la cuerda de ciento veinte grados como uno á tres. Luego se puede determinar en líneas la diferencia que hay de la raíz del número tres a la del número uno, que es el exceso que hace la cuerda de ciento veinte grados al rayo; aunque es imposible señalar el número de partes en que lo excede, por ser heterogéneas o de diversa especie a las que componen al rayo. Digo que así igualmente podrá señalarse en línea el exceso que hace la periferia al diámetro, el que hace el diámetro á la cuarta parte de la periferia, ó lo que es lo mismo los cuatro diámetros a toda la periferia; pero no solamente podrá señalarse de este modo tal diferencias, sino que yo estoy en la firme persuasión de que lo he hallado ⁽¹⁾ y para rectificar la curva circular y resolver el problema de la cuadratura lo mismo es haberla encontrado por líneas, que por un cálculo numérico en la suposición arriba dicha.

Algunas verdades radicales primero deben definirse que demostrarse. Tales juzgo las raíces circulares, que son el rayo y la mitad de la periferia ó el diámetro, y la cuarta parte de la misma periferia y después por los efectos puede probarse ó demostrarse la bondad de la definición. El diámetro en una línea recta que por donde quiera que se tire en el círculo lo divide en dos mitades y la que partiendo de un punto a la periferia, y tocando a otro pasa por el centro ó punto de en medio á diferencia de las demás cuerdas que se terminan en dos puntos de la periferia sin pasar por el centro. De que se sigue que el diámetro es la cuerda mayor de un círculo.

Pero esta definición explica solamente al diámetro por sus efectos visibles y no por su relación a las partes de que se compone, y a la periferia. A la que explicare así llamo yo su legítima y verdadera definición. Ella dará noción no solamente del diámetro, sino también

¹ Plácemes mil por un feliz y deseado hallazgo...

de la periféria; en virtud de ella se podrá determinar a lo menos en líneas y es lo que basta, el exceso ó diferencia del diámetro a la cuarta parte de la misma periféria o de cuatro diámetros a toda ella, y consiguientemente el de ella misma a un diámetro a dos diámetros y a tres diámetros, y finalmente se rectificara esta curva dándose una línea recta que matematicamente le sea igual, secando la principal dificultad para la resolución del gran problema.

Yo, pues me ofrezco a dar esta definición, a descubrir el campo llano y sencillo para llegar a este conocimiento y también el hallazgo de cuatro líneas continuas proporcionales que están a un mismo tiempo en proporción geométrica y aritmética, lo que parece imposible y que envuelve contradicción; pero que efectivamente se dan y que son como las claves de este descubrimiento. Me ofrezco así mismo a analizar la circunferencia en sus partes homogéneas y heterogéneas, a descomponer la superficie de un círculo en las diversas que lo componen y a reducirlas a círculo ya a cuadro, a dar en un círculo los segmentos iguales a su tercera, cuarta, quinta, sexta partes, etc. a considerar la elipse no como un resultado de una sección cónica, sino compuesta de los sectores de diversos círculos, y su perímetro o periféria de parte de los de estos; a decir mis observaciones sobre la curva llamada cicloide y por último a convertir en reales tesis las hipótesis ciertas, que se deben suponer a la invención de la cuadratura. Pasaré después a los sólidos y señalaré en un círculo la línea raíz de un cubo igual a la esfera, de que el mismo círculo es el máximo. Y para demostrar esta ecuación, daré primero dos medidas proporcionales entre las líneas que convergen: problema cuya resolución no ha dexado de atormentar y costar mucho trabajo a los antiguos y modernos matemáticos.

Sr. Editor esto es mucho prometer, y en caso es que el efecto corresponda a la promesa y que no salgamos después de que todo fue vana ilusión, alegres imaginaciones y que nada hubo de lo dicho como ha sucedido a muchos. ⁽²⁾ Mas aun cuando no sea así, vd. No me tenga como un matemático, sino por un principiante aficionado: ni en mí es arrojo siendo todavía tan balbuciente en las matemáticas imaginar el que puedo descubrir esta ocultísima verdad, ni mucho menos es quererme poner en paralelo con los grandes hombres, tales como los Descartes, los Neutones y los Leibnitz que ó despreciaron esta indagación, ó a quienes sus mismos vastos ingenios que con sublimes cálculos los elevaron hasta los cielos,

² Cuidado, pues, no se cuente de vd la misma historia.

tal vez sirvieron de embarazo y descaminaron de la verdad. Debiéndose en mi modo de pensar buscarse esta a lo menos en la materia presente arrastrandose por el suelo, como es propio de los ingenios mediocres, é infimos cual es el mio, al que con toda propiedad puedo aplicar aquel verso horaciano, aunque dicho a otro intento. muy distinto: *Serpit hami tutus minium, nimiunque securus.*

Conozco que he estado demasiadamente molesto y cansado, y que habra Faltado a vd. Para perder la paciencia y romper el papel al leer este mi farrago (³) en el que no sé si me he dado a entender; pero los deseos no de mi propia gloria que menosprecio, sino de ser en alguna manera útil a mis semejantes, si puedo en esta parte, me han movido a hacer a vd. esta fastidiosa propuesta, por si acaso lo tuviere por algun merito para darle a la publica luz y noticia, a cuyo favor le vivira siempre reconocido el cura de la villa de Lagos, quien la hace y suscribe y es su muy atento seguro servidos y capellan Q. B. S.M. = José Maria Mansilla.

³ No señor, hay buenas dosis de cachaza; el haber dado lugar en este número á su papel es buena prueba de ello. = E.

ANEXO 4.**ARTÍCULO DE UN ZACATECANO SOBRE LA CUADRATURA DEL CÍRCULO.***

Zacatecas y noviembre 5 de 1819.

Sr. Editor. Estando el presbítero D. Mariano Esparza firmemente resuelto (no sé porque motivo) a no seguir la impugnacion de la cuadratura del círculo propuesta por el ingenioso sr. cura de Lagos, he determinado continuar yo, haciendo ver que no hay tal hallazgo, y para esta continuacion elijo el mismo camino que ha llevado hasta aquí el clérigo zacatecano.

He leído pues, en el número 585 suplemento al Noticioso, que el sr. Dr. Mansilla cada día está mas creído, é invenciblemente persuadido de ser el inventor de esta verdad inaccesible. Yo alabo sus literarios esfuerzos, y confieso que merece mil encomios su destresa con le compás; pero al mismo tiempo me lastima ver alados con el compás mismo los buenos y evidentes principios matemáticos. Es grande el tino de sr. Dr. Con le compás; mas nunca los entendimientos matemáticos se han querido esclavizar ignominiosamente a sus puntas por muy delgadas que sean.

Pero baste ya de preludios, y para proceder con brevedad ataquemos sus datos y principios del número en que estamos. Y para caminar con tanta claridad que todo el mundo me entienda dirijo el ataque únicamente al Aquiles de la invencion lagüeña, que es esta proposicion: “Si se toman las dos tercias del diámetro diagonal de la línea de 90 grados y una tercia de ella misma, y se agrega, resultará segun los principios que he establecido, un segundo diámetro, y a la cuarta parte de la periferia que resulta con este diámetro será igual la tal linea de 90 grados del primer círculo.” El presbítero Esparza tiene suficientemente demostrada la falsedad de esta proposicion. ¿Pues que me falta a mi que hacer? Poner con claridad lo que dijo el padre Esparza.

Este presbítero cuando se le preguntaba, que juicio hacia del Tosca, Bails, etc. para impugnar al sábio Mansilla, reponia que él no habia menester a nungun matemático para esta maniobra por que para ella le bastaban los papeles mismos del Dr. Mansilla. Lean vds. decia, aquella proposicion contenida en el número 482, en la que el Dr. Mansilla dice asi:

* Baustita de Arispe, Juan, *Noticioso General*, no. 617, México, 13 de diciembre de 1819, pp. 2-3.

“es cierto que el grande é ingeniosísimo Archimedes... halló la verdad cuando dijimos que la verdadera periferia... es mayor que tres diámetros y $10/71$ de otro. Hubiéndole ya oído decir esto, me fuí a casa, y empecé a extender en decimales este quebrado $10/71$; no quise llevar muy adelante, como pudiera, esta reducción, y así necesariamente inferí que $10/71$ es una cantidad mayor que la que se expresan estas decimales 0,14084. Advertí también que para falsificar esta proposición del número 585, que propone por verdadera el sr. Mansilla, no era menester ni aun echar mano de las cinco decimales o 0,14084, que propongo; pues el presbítero Esparza no quiso calerse sino de las tres primeras, suponiendo como él mismo dice pecando por carta de manos, que la razón del diámetro a la periferia era como 1 a 3,140.

Ahora, pues, supongamos también que si la cuerda de 90 grados en 17, el diámetro será nada más que 24 (lo que es falso porque a una cuerda de 90 grados igual a 17 corresponde un diámetro igual a 24,04), tomemos un tercio de 17, será $5 \frac{2}{9}$, ó con decimales sacadas hasta las centésimas será 5,66: tomamos también dos tercios de 24, serán 16: añadiendo 16 a 5,66, resulta esta cantidad: 21,66. Esta dice el sr. Dr. señalará un diámetro con el cual la cuarta parte de la periferia será igual a 17.

Veamos si es cierto: búsquese el cuarto término de esta proporción $1 : 3,140 : : 21,66$: se hallará que es este 68,01240, pártase por 4 este número y será su cuarta parte esta 17,00310. Después de tantos perdones y rebajas resulta una periferia cuya parte es mayor que 17.

La autoridad y representación del sr. Dr. Mansilla en el orbe literario es mucha, y por consiguiente temo que de sus papeles resulte mucho perjuicio y confusión en las matemáticas: pero Zacatecas siempre se empeñará en que no se perturben, ni se permitan; y esto no es porque son de Tosca no de Montucla, ni del Bails, etc. sino porque son evidentes sus principios, inconcusos, indestructibles y de eterna verdad.

Nota: Cuando digo que el diámetro que corresponde a la cuerda de 90 grados si esta es 17 aquel será 24,04, se entiende llevado al cálculo no más hasta las centésima, pues se puede llevar mucho más adelante, hasta donde se quiera.

B. L. M. de vd. su atento servidor. = *El Zacatecano*.

ANEXO 5.

INDICE.*

De lo que contiene este tomo III.

Elementos de Secciones cónicas, Introduccion,	Pag. 1.
De la Parábola,	32.
De la Elipse,	50.
De la Hipérbola,	82.
Formación de las secciones cónicas en el cono, y consideraciones sobre algunos modos de trazarlas,	125.
De algunas otras curvas algebraicas,	134.
De las Parábolas e Hipérbolas de varios grados, y particularmente de la Parábola cúbica	134.
De la Conchoide,	143.
De la Cisoide,	145.
De los Lugares geométricos,	146.
De los Lugares pertenecientes á la parábola,	147.
De los Lugares pertenecientes á la elipse ó al círculo,	161.
De Los Lugares pertenecientes a la hipérbola referida a sus diámetros,	170.
De los Lugares pertenecientes á la hipérbola comparada con sus a syntotas,	176.
De la construccion geométrica de las equaciones del tercero y cuarto grados,	183.
Construccion de las equaciones del tercero y cuarto grado por medio del círculo, y de una parábola dada,	184.
Satisfácese un reparo muy substancial acerca de esta construccion,	199.
Resolucion de algunas cuestiones indeterminadas,	209.
Resolucion de algunas cuestiones determinadas,	222.
<i>Elementos del Cálculo infinitesimal.</i> Introduccion,	227.
Del Cálculo diferencial,	244.
De las Diferenciales logarítmicas,	252.

* Bail, Benito, *Elementos matemáticos*, Madrid, 1774, pp. XLII-XLIII.

De la Diferenciación de las cantidades exponenciales,	256.
De las Diferenciales de los senos, cosenos, etc.,	258.
De algunas curvas mecánicas,	261.
De la Quadratriz de Dinostrates,	262.
De la Espiral de Arquímedes,	264.
De la Espiral parabólica,	265.
De la Espiral hiperbólica,	266.
De la Cicloide,	267.
<i>Aplicacion del cálculo diferencial á la doctrina de las lineas curvas,</i>	269.
De las subtangentes, tangentes, etc. de las lineas curvas,	269.
De las asyntotas rectilíneas de las lineas curvas,	289.
De los Límites de las cantidades, y de las cuestiones de máximos y mínimos,	290.
De las Diferencias segundas, y terceras, etc.	310.
De la fraccion:, y de los puntos múltiplos de las curvas,	313.
De las Evolutas,	329.
De los Puntos de Inflexión,	342.
<i>Del Cálculo integral,</i>	347.
Cómo se completan las integrales que dá el cálculo,	363.
De la integracion de las Diferenciales binomias, que admiten una integral algebraica,	368.
Uso de las series para integrar,	374.
Algunos usos del método de integrar por aproximacion,	391.
Integracion de las diferenciales que llevan senos, etc.,	398.
Usos del Cálculo integral para quadrar las curvas,	403.
De la rectificacion de las curvas,	422.
Usos del Cálculo integral para medir la solidez de los cuerpos,	433.
Usos del Cálculo integral para hallar las superficies curvas de los sólidos,	456.
Métodos para reducir en algunos casos la integracion de una diferencial propuesta á la otra diferencial conocida, y para conocer quando es posible esta reduccion,	462.
Integracion de las Fracciones radicales,	468.
De algunas transformaciones que pueden facilitar las integraciones,	478.
De la integración de las cantidades que llevan dos o mas variables,	481.

De las Equaciones diferenciales,	486.
Trigonometría Esférica,	505.
Propiedades de los triángulos esféricos,	510.
Medios para conocer cuándo los lados ó ángulos que se buscan en los triángulos esféricos rectángulos han de ser mayores ó menores de 90° ,	516.
Resolucion de los triángulos esféricos rectángulos,	518.
Resolucion de los triángulos esféricos oblicuángulos,	523.
De la resolucion gráfica ó geométrica de los triángulos esféricos cualesquiera,	535.
Demostránse algunas propiedades mas de los triángulos esféricos,	550.
De las Analogías diferenciales,	556.